



SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS NO ENSINO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA: ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS DA MEDIAÇÃO DOCENTE E SEUS REFLEXOS NAS PRÁTICAS EPISTÉMICAS DOS ALUNOS

REVISÃO INTEGRATIVA

PEDRO, Isaías dos Santos Manuel¹, AMÉRICO, Júnior João², FAUSTINO, Elsidio Maria Pedro³, MANUEL, Agostinho Xavier⁴

PEDRO, Isaías dos Santos Manuel *et al.* **Simulações computacionais no Ensino de tópicos de Física Moderna: Análise das características da mediação docente e seus reflexos nas práticas epistêmicas dos alunos.**

Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano. 10, Ed. 10, Vol. 01, pp. 05-33. Outubro de 2025. ISSN:2448-0959. Link de acesso: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/educacao/simulacoes-computacionais>,

DOI:

10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/educacao/simulacoes-computacionais

RESUMO

A pesquisa partiu de um questionamento sobre como caracterizar o estado da arte sobre o ensino de tópicos Física Moderna mediado por simulações computacionais focado no fomento das práticas epistêmicas dos alunos. A relevância do estudo situa-se na identificação de brechas no ensino-aprendizagem de temas de Física Moderna mediado por simulações computacionais em qualquer ciclo de ensino tendo como foco a mediação do professor e seus reflexos nas práticas epistêmicas dos alunos; daí que o estudo objetivou caracterizar o estado da arte sobre o uso de simulações computacionais no ensino de tópicos de Física Moderna focado nas categorias da mediação docente que fomentam as práticas epistêmicas dos alunos, seus domínios e interação entre tais domínios. Para o efeito, criou-se uma equação de busca e sua réplica em inglês a partir da combinação das palavras-chave e/ou correspondentes através de operadores booleanos e caracteres curinga, seguindo a introdução de ambas no Google Acadêmico. Em seguida, baixou-se as publicações disponíveis oferecidas pela plataforma para ambas equações, resultando em 39 em português e 40 em inglês. Depois, avançou-se para o



processo de triagem através de critérios identificados, o que permitiu formar um corpus bibliográfico de 24 publicações, as quais foram analisadas a partir das informações preliminares, categorias da mediação docente e seus domínios, o que permitiu caracterizar o estado da arte e as lacunas existentes em termos da mediação docente.

Palavras-chave: Simulações computacionais, Física Moderna, Mediação docente, Práticas Epistêmicas dos alunos.

1. INTRODUÇÃO

Face aos desafios do presente e do futuro, com vista à solução de diversos problemas de ciências e tecnologia, ao longo dos anos o ensino da Física conheceu várias reformas (Ferreira e Saraiva, 2023; Matias, 2011; Mintzes, Wandersee e Novak, 2000), podendo destacar as que tiveram lugar nos Estados Unidos da América e outros países ocidentais como resposta silenciosa ao lançamento da Sputnik 1 pela então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (Ferreira e Saraiva, 2023; Matias, 2011; Mintzes, Wandersee e Novak, 2000). O refinar das valências oferecidas pelas sucessivas reformas em relação aos currículos e práticas de ensino dos professores de ciências, evidenciou dois aspetos essenciais que são: a necessidade de envolvimento dos alunos na construção de suas próprias aprendizagens através da prática mediadora do professor (Ravaioli, 2020; Saraiva *et al.*, 2012; 2021) e o recurso aos diferentes artefactos mediadores manipuláveis (Armando, 2019; Costa, Lopes & Martins, 2021; Mavambu, 2019; Odden e Malthe-Sørensen, 2021; Wilkerson-Jerde, Gravel, Macrander, 2015) compatíveis ao contexto de ensino-aprendizagem.

[...] Existem quatro princípios orientadores para promover o envolvimento produtivo dos alunos, que são: problematização de um assunto, responsabilizar os alunos nas boas práticas em sala de aula, fornecer recursos necessários e fontes de informação relevantes e dar autoridade aos alunos para resolver os problemas (Engle e Conant, 2002 apud Nunes, Nascimento & Catarino, 2020, p. 366).

Uma das consequências positivas do envolvimento produtivo dos alunos na construção de suas próprias aprendizagens através da ação mediadora do professor prende-se com o desenvolvimento neles de capacidades que os



permite mobilizar um conjunto de procedimentos similares aos utilizados pela comunidade científica em suas atividades de produção, validação e divulgação do conhecimento científico (Cirkony, 2018; Ravaiolli, 2020; Silva, Neves & Santo, 2024); perspectiva designada por práticas epistémicas dos alunos ou práticas científicas dos alunos (Rosa, 2019; Saraiva, Lopes e Cravino, 2018; Silva e Silva, 2022; Silva, Neves & Santo, 2024; Vasconcelos, 2019).

No entanto, alguns conceitos, fenómenos e processos físicos oferecem um certo grau de abstração e/ou complexidade, que, para um bom processo de ensino-aprendizagem requer o recurso a artefactos mediadores manipuláveis (Ejigu, 2014; Oliveira, 2020; Soja *et al.*, 2022; Zanatta, 2023), tais como, as simulações computacionais (Oliveira, Lima e Arruda, 2021; Silva e Silva, 2022) devido a possibilidade que estas oferecem de modelizar fenómenos e/ou processos físicos com alto grau de precisão (Armando, 2019; Ribau, 2020; Ruwiyah *et al.*, 2021), incluindo a ilustração de aspetos invisíveis (Armando, 2019; Ruwiyah *et al.*, 2021; Odden e Malthé-Sørenssen, 2021), bem como a apresentação de diferentes linguagens representacionais (Cirkony, 2018; Oliveira, Lima e Arruda, 2021; Saraiva, Lopes e Cravino, 2018; Silva e Silva, 2022) e a apresentação de resultados fiáveis devido ao facto de as simulações serem bastante ideais, estando isentas de erros de cálculo e do instrumento.

Em Física, um campo com elevado grau de abstração e que envolve processos de alta complexidade e de difícil perceção pelos alunos prende-se com as áreas da Física Moderna (Costa, Lopes & Martins, 2021; Moro, 2021; Silva, Neves e Santos, 2024; Soja *et al.*, 2022), pois, analisa fenómenos que envolvem pequenas massas, altas velocidades e altas energias e que não fazem parte do dia-a-dia dos alunos; aspetos que associados às difíceis condições de experimentação em laboratórios de instituições menos evoluídas tornam-se pouco desafiadores e pouco interessantes por parte de professores e alunos (Almeida, 2020; Soja *et al.*, 2022).

Nesta concatenação, alguns estudos apontam o recurso às simulações computacionais no ensino de temas de Física Moderna como artefacto mediador



útil na vertente de motivação dos alunos e construção dos seus raciocínios (Moro, 2021; Silva, 2014; Silva, 2023) e que podem contribuir positivamente no desenvolvimento de suas práticas epistêmicas (Ejigu, 2014; Sandoval, 2005; Santos, 2016; Silva *et al.*, 2024; Utpadel, 2022), pelo que depende essencialmente das ações mediadoras dos professores (Nunes, Nascimento e Catarino, 2020; Santos, 2017; Saraiva *et al.*, 2012; Vasconcelos, 2021).

Assim sendo, formulou-se a seguinte questão norteadora:

Como caracteriza-se o estado da arte sobre uso de simulações computacionais no ensino de temas de Física Moderna com enfoque nas práticas epistêmicas dos alunos?

Ao longo da pesquisa procurou-se responder com base aos resultados as seguintes questões:

- O que avançam os estudos existentes sobre revisão da literatura relativamente ao ensino da Física Moderna mediado por simulações computacionais focado nas práticas epistêmicas dos alunos?
- Quais os tópicos de Física Moderna e níveis de escolaridade mais e/ou menos debatidos segundo os estudos existentes?
- Com que perspectivas as simulações computacionais no ensino de tópicos de Física Moderna com foco nas práticas epistêmicas dos alunos são empregues?
- Quais as categorias da mediação docente são mais e/ou menos evidentes nos estudos segundo os domínios executivo e interativo da mediação docente?
- Como os estudos abordam sobre o relacionamento entre as categorias da mediação docente afetas ao domínio executivo e interativo?

A realização desse estudo justifica-se pela existência de algumas lacunas identificadas na literatura científica, tais como, inexistência de estudos sobre revisão da literatura abrangidos no radas das equações de pesquisa utilizadas, o baixo número de publicações encontrados, bem como a primazia nas



categorias da mediação docente que promovem as práticas epistêmicas dos alunos pertencentes ao domínio interativo em contraposição ao domínio executivo identificados nos estudos.

Com o presente estudo objetivou-se caracterizar o estado da arte sobre o uso de simulações computacionais no ensino de tópicos de Física Moderna focado nas categorias da mediação docente que fomentam as práticas epistêmicas dos alunos e seus domínios, procurando de modo específico identificar estudos de revisão da literatura anteriores, os temas mais e menos debatidos, níveis de escolaridade com maior e/ou menor incidência nos estudos de outros autores, perspectivas de uso das simulações computacionais na vertente de sua utilização, características da mediação docente nos domínios executivo e interativo mais presentes nos estudos e a forma com os autores as lidam.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Apesar da existência de um elevado número de publicações sobre simulações computacionais no ensino das ciências físicas, poucos desses trabalhos apresentam uma definição concisa relativamente ao conceito. Assim sendo, para melhor conceituá-las, nós apoiamos na definição apresentada por Guillermo (2005) que define simulações computacionais como sendo “representações ou modelagens de objetos específicos, reais ou imaginados, de sistemas ou fenómenos” (Guillermo *et al.*, 2015 citado por Zanatta, 2023, p. 88).

No entanto, não obstante a referenciação sobre um elevado número de publicações relacionadas ao ensino das ciências físicas mediado por simulações computacionais, segundo as buscas feitas, esse número se reduz exponencialmente no campo da Física Moderna, particularmente no que tange às práticas epistêmicas dos alunos como reflexos das ações mediadoras dos docentes. Assim sendo, não encontrando na literatura científica estudos de revisão sobre o emprego desses artefactos no campo da Física Moderna, as discussões ao longo dessa secção basearam-se essencialmente em estudos experimentados tanto na vertente da Física Clássica como moderna.



Com base nos referidos estudos, identificou-se diferentes perspectivas de uso das simulações computacionais no ensino das ciências físicas, sendo três as mais comuns, isto é, segundo a perspectiva de laboratório virtual (Oliveira, 2020; Oliveira, Lima e Arruda, 2021; Macedô, 2009; Odden, Malthé-Sørenssen, 2021; Ribau, 2020), de exploração de aspetos pouco viáveis de serem analisados a partir do laboratório convencional ou mesmo inviáveis (Cirkony, 2018; Maman, 2021; Mathayas, 2020; Nxumalo, 2019; Silva e Silva, 2022; Soja *et al.*, 2022; Vasconcelos, 2019) e segundo a vertente lúdica (Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019; Silva, 2014; Vasconcelos, 2019; Walker e Finlayson, 2023); aspetos que devem ser claramente justificados nos trabalhos investigativos.

Relativamente ao uso das simulações computacionais segundo a perspectiva de laboratório virtual, a partir dos estudos feitos por outros autores identificam-se duas vertentes de uso, sendo uma visada à supressão da insuficiência de equipamentos laboratoriais de muitas escolas (Caldas e Siqueira, 2019; Ejigu, 2014; Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019; Santos, 2016; Soja *et al.*, 2022) dos laboratórios convencionais no processo de ensino-aprendizagem (Cirkony, 2018; Odden e Zwickl, (s.d.); Ribau, 2020), sendo as mais conhecidas – o elevado tempo que essas necessitam para se alcançar o objetivo devido às sucessivas repetições que requerem para a diminuição do erro (Cirkony, 2018; Odden e Zwickl, (s.d.); Ribau, 2020), a abstração do mundo real em relação ao virtual (Odden e Zwickl, (s.d.); Ribau, 2020), a influência de outras variáveis desprezíveis no estudo (Cirkony, (2018); Ribau, 2020).

Quanto à perspectiva de exploração de aspetos poucos viáveis ou mesmo inviáveis de serem analisados a partir do laboratório convencional, os estudos destacam as valências das simulações computacionais em relação aos seguintes aspetos que essas podem proporcionar (Martins *et al.*, 2020; Souza, 2023; Silva e Silva, 2022):

- Permitir antever e/ou prever acontecimentos passados e futuros através da possibilidade que apresentam de recuar ou avançar o tempo a partir de condições definidas;



- Possibilitar modelar fenômenos e/ou processos físicos imperceptíveis pelos órgãos de sentido humano que têm lugar no tempo e no espaço;
- Gerar múltiplas representações visuais que facilitam a compreensão do estudo;
- Permitir realizar experiências com elevado grau de complexidade e de risco a partir da sala de aula ou outro ambiente, servindo igualmente de treinamento para desafios em contexto real;
- Contribuir para a tomada de decisões pertinentes relacionadas a um estudo de viabilidade relacionado à projeção de criação ou construção de determinado sistema de alta complexidade e/ou risco.

No que diz respeito à perspectiva lúdica, alguns estudos fazem referência ao uso de simulações computacionais no ensino-aprendizagem da Física como uma perspectiva emotiva capaz de contribuir na aprendizagem do aluno a partir do jogo (Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019; Silva, 2014; Vasconcelos, 2019; Walker e Finlayson, 2023).

Importa realçar que as simulações computacionais por si só não exercem influências consideráveis sobre as práticas epistêmicas dos alunos, pois, dependem essencialmente das ações mediadoras dos professores que têm lugar antes, ao longo das aulas e depois delas (Lopes *et al.*, 2010a; Lopes *et al.*, 2012); daí a divisão das ações da mediação docente em dois domínios fundamentais:

1. Domínio executivo: baseando nas ideias de Lopes *et al.*, (2010b) que afirmam que a mediação docente não se restringe ao ato letivo, antes porém, começa com a preparação da mesma e tem componente de seguimento «follow-up», tendo em conta a divisão das funções do ensino em executivas e interativas segundo Arends (2008); designou-se domínio executivo da mediação docente às ações atinentes à planificação, avaliação de resultados fora da sala de aula e feedback aos alunos sobre os resultados das avaliações.



2. Domínio interativo: servindo-se dos fundamentos precedentes, designou-se domínio interativo da mediação docente às ações e linguagens utilizadas pelos professores para o envolvimento dos alunos na construção de suas aprendizagens ao longo de uma aula ou sequências delas (Lopes *et al.*, 2010b).

De acordo a literatura científica, existem algumas categorias da mediação docente essenciais para o fomento das práticas epistêmicas dos alunos no ensino-aprendizagem das ciências físicas mediado por simulações computacionais (Araújo *et al.*, 2019; Branco, 2018), tais como, selecionar as simulações computacionais, elaborar tarefa-desafio, manter a tarefa-desafio ao longo da aula através de várias sub-tarefas, ceder a autonomia condicionada aos alunos, questionar reflexivamente, prestar auxílio aos alunos, dentre outras ações (Araújo *et al.*, 2019; Cravino, 2017; Lopes *et al.*, 2012).

No que concerne à escolha das simulações computacionais, existem essencialmente quatro critérios para o efeito (Santos, 2016; Maman, 2021; Souza, 2023), podendo destacar em ordem de importância, a possibilidade de modificar o comportamento da simulação a partir da alteração dum ou vários parâmetros (Rosa, 2019; Silva, Neves & Santo, 2024; Zanatta, 2023) durante seu manuseio pelos alunos, compatibilidade das simulações de acordo os recursos disponíveis (Maman, 2021; Silva e Silva, 2022; Souza, 2023), língua de trabalho (Maman, 2021; Silva e Silva, 2022; Souza, 2023) e facilidade de manuseio por professores e alunos (Maman, 2021; Santos, 2016); sendo igualmente admissível a experiência e limitação dos professores e alunos em termos de familiarização com determinados simuladores computacionais.

Tabela 1. Práticas da mediação docente que promovem as PE's dos alunos

Domínio	Categorias	Definição
Executivo	Selecionar artefacto mediador	Selecionar criteriosamente os artefactos mediadores de acordo a natureza do estudo, tarefas, objetivos e conhecimento do contexto local (realidade dos alunos e da escola).



	Elaborar a tarefa-desafio	Elaborar um problema real, desafiador e interessante cuja resolução pelo aluno requer o manuseio de simulações computacionais.
	Desenhar a perspectiva de envolvimento dos alunos na aprendizagem.	Prever a perspectiva de como envolver os alunos na construção de suas aprendizagens usando simulações computacionais.
	Identificar condições prévias necessárias para a resolução da tarefa-desafio	Identificar as principais condições para resolução da tarefa através do artefacto mediador de forma antecipada.
	Estabelecer as regras de trabalho	Conceber regras a serem seguidas pelos alunos durante a resolução da tarefa.
	Definir o trabalho realmente solicitado ao aluno e o modo de apresentação dos resultados por estes.	Descrever de forma clara o que se pretende que o aluno apresente em cada etapa e o modo de apresentação.
	Avaliar e dar feedback aos alunos.	Dar seguimento ao trabalho do aluno e comunicar sobre seus resultados.
Interativo	Apresentar tarefa-desafio	Induzir os alunos a identificarem-se com o problema.
	Manter a tarefa-desafio	Decompor a tarefa-desafio em outras sub-tarefas a serem resolvidas em distintas etapas.
	Ceder a autonomia condicionada aos alunos	Deixar os alunos tomar iniciativas de resolução da tarefa, devendo apenas regular seus posicionamentos em situações desviantes.
	Questionar reflexivamente	Chamar à razão aos alunos através de questões baseadas no conteúdo ou num procedimento necessário ou por eles utilizado de forma incorreta.
	Prestar auxílio	Auxiliar os alunos em situações de dúvida, falta de consenso e/ou dificuldades.
	Criar equipas de trabalho	Organizar os alunos em pequenos grupos de trabalho
	Promover a interação intergrupal e/ou intragrupal	Ações do professor que promovem discussões entre elementos de mesmo grupos ou diferentes.
	Vigiar o engajamento dos alunos	Acompanhar o envolvimento dos alunos através de suas produções escritas.
	Solicitar aspetos adicionais	Solicitar acréscimo de informações após a conclusão bem-sucedida de uma sub-tarefa.



	Valorizar o trabalho dos alunos	Informar previamente o tipo de seguimento a ser dado com as produções dos alunos fora da sala de aula.
	Encorajar os alunos na resolução da tarefa	Motivar os alunos de diversos modos sobre a importância da conclusão da tarefa.
	Intervir em momentos de dúvidas, indecisões ou falta de consenso	Intervir com informações ou chamada à razão quando se constata dúvidas, indecisões ou falta de consenso entre alunos.
	Valorizar o trabalho dos alunos	Mostrar interesse nos resultados produzidos pelos alunos em sala de aula através de ações de seguimento (avaliação e feedback).

Fonte: adaptado de Saraiva, Lopes & Cravino (2018).

Todavia, para que se logre práticas epistémicas dos alunos como reflexo das ações da mediação docente, é preciso um trabalho de profundidade do professor, pois, requer ações e decisões bem pensadas e com continuidade (Lopes *et al.*, 2012); daí que a mediação do professor conducente ao fomento das práticas epistémicas dos alunos no ensino mediado por simulações computacionais requer:

- a) Intencionalidade
- b) Planificação
- c) Ação
- d) Reflexão da ação
- e) Aperfeiçoamento da ação
- f) Ação melhorada

Contudo, para que o ciclo destacado acima tenha lugar destaca-se o papel da avaliação e feedback aos alunos (Lopes *et al.*, 2012); aspetos que devem ser antecedidos da definição clara do «trabalho realmente solicitado ao aluno e o modo de apresentação dos resultados por estes» (Lopes *et al.*, 2012); daí que as ações mediadoras dos docentes requerem pelo menos mais de uma ocasião de forma cíclica, o que justifica um ciclo de espiras da mediação docente no caso de ações que ocorrem com continuidade em um período determinado com poucas intromissões de outras formas de trabalho para uma mesma disciplina;



daí a necessidade de períodos não únicos, mas não muito prolongados (Lopes *et al.*, 2010a; Lopes *et al.*, 2012).

3. METODOLOGIA

Com vista a caracterizar o estado da arte sobre o uso de simulações computacionais no ensino de tópicos de Física Moderna, tendo como foco as práticas epistêmicas dos alunos como reflexo das ações mediadoras dos docentes, enveredou-se num processo de revisão integrativa da literatura. Para o efeito, definiu-se as palavras-chave da pesquisa, seguindo a combinação das mesmas através de operadores booleanos e caracteres curinga, o que permitiu a estruturação da seguinte equação de pesquisa e sua respetiva réplica em inglês:

- “Simulações computacionais” AND (ensino de física moderna OR temas de física moderna OR tópicos de física moderna) AND (mediação docente OR mediação do professor OR mediação pedagógica) AND (práticas epistêmicas dos alunos OR práticas científicas dos alunos).
- “Computer simulations” AND (teaching modern physics OR modern physics topics) AND (teaching mediation OR pedagogical mediation) AND (students’ epistemic practices OR students’ scientific practices).

Em seguida, introduziu-se ambas as equações no Google Académico, apresentando como resultados preliminares um total de 43 publicações em português e 48 em inglês, tendo sido possível baixar 39 publicações em português e 40 em inglês.

Tendo em conta o exíguo número de publicações obtidas através das equações de pesquisa utilizadas, atendendo as principais áreas que compõem a Física Moderna, ensaiou-se igualmente outras equações de pesquisa e suas réplicas em inglês, substituindo os termos «Física Moderna» por «Mecânica Quântica, Física Atômica, Física de Partículas e Relatividade»; pelo que se obteve resultados já alcançados a partir das duas equações previamente elaboradas; daí a não apresentação das demais.



Nesta conformidade, atendendo o número de publicações obtidas, seguiu-se com o processo de triagem através da leitura dos resumos e conclusões de todos os trabalhos; ação sob tutela do autor principal, utilizando como critérios de exclusão os aspectos abaixo:

- Publicações que não abordam sobre a Física Moderna ou suas aplicações práticas em contexto em contexto de ciência e/ou tecnologia;
- Estudos sobre uso de simulações computacionais no ensino a distância e/ou híbrido, incluindo aqueles referentes ao período da pandemia da COVID-19;
- Resumos de trabalhos de conclusão de curso, como licenciatura, mestrado e doutoramento ou especializações;
- Publicações de Física Moderna não focadas nas PE's dos alunos e uso de simulações computacionais;
- Publicações repetidas.

Deste modo, das 79 publicações obtidas foram excluídas 55, sendo 27 em português e 28 em inglês, o que permitiu seguir com a leitura integral das restantes 24 publicações, sendo 11 em português e 13 em inglês, utilizando como critério único de inclusão «referenciação sobre uso de simulações computacionais no ensino de tópicos de Física Moderna» em contexto ciência, tecnologia, engenharia e matemática (STEM).

Tabela 2. Exclusão de publicações do corpus por critério

Nº	Critérios	Excluídas		Total
		Portug	Ingl.	
01	Apresentadas pelo Google Académico	43	48	91
02	Baixadas	39	40	79
Publicações excluídas por critérios de exclusão				
03	Publicações fora do contexto da Física Moderna	16	14	30
04	Publicações sobre ensino a distância	1	2	3



05	Resumos de trabalhos de conclusão de curso	2	3	5
06	Publicações de Física Moderna não focadas nas PE's dos alunos e uso de simulações computacionais	9	3	12
07	Publicações repetidas	0	5	5

Fonte: Autores (2025).

No que tange ao processo de revisão final (processo feito pelo autor principal e verificado por dois co-autores, seguido de uma discussão entre ambos), foram utilizados dois critérios, sendo um referente aos aspetos preliminares das publicações e outro referente às informações das secções de que se compõem, conforme as descrições abaixo:

- Quanto aos aspetos preliminares: foram analisados duas componentes, sendo a área da Física Moderna em voga e o nível de escolaridade focado;
- Quanto às informações das secções do trabalho: foram analisados os seguintes aspetos com maior incidência:
- Perspetivas de uso das simulações computacionais no processo de ensino-aprendizagem de tópicos de Física Moderna;
- Categorias da mediação docente que promovem as práticas epistémicas dos alunos.

Tabela 3. Corpus bibliográfico analisados

Descrição das publicações			Tipo de publicação
Autores	Título	Ano	
Ronnie Petter Pereira Zanatta	Cogitamus na sala de aula: desvios, traduções e híbridos na mediação tecnológica da Física Moderna no Ensino Fundamental	2023	Tese doutoral
Joseane da Silva	Um estudo de caso sobre a utilização do simulador virtual PhET colorado no ensino de ciências	2014	Monografia de licenciatura
Jailson Alves dos Santos	Objetos Educacionais Digitais: critérios de avaliação para uso no ensino e na aprendizagem de Química	2016	Tese doutoral
Ana Cecília Soja, Paluma Dionizia Gomes Costa			



Silva, Sara Jéssica Soja, Thierry Oliveira Candido, Anny Victoria de Carvalho Sigarini, Maria Eduarda Rocha de Moraes & Thaynara Beatriz Selasco de Matos	Reflexões sobre o projeto de extensão ciência na fronteira: expandindo os limites do conhecimento	2022	Artigo de periódico
Maria da Costa, Etiane Ortiz, Irinéa de Lourdes Batista	Simulações computacionais de experimentos históricos de Física Moderna	2021	Anais de Encontro
Diego Utpadel	Jogo de tabuleiro de física quântica como ferramenta de ensino	2022	Monografia de licenciatura
Jonatas Rodrigues Silva, Jefferson Adriano Neves & Marco Aurélio do Espírito Santo	Aplicação de uma sequência didática sobre efeito fotovoltaico no ensino médio	2024	Artigo de periódico
Luiz Felipe Moura da Rosa	Explorando a inserção de tópicos de física quântica em uma escola estadual: um estudo sob a luz da perspectiva sociocultural	2019	Dissertação de Mestrado
Felipe Prado Corrêa Pereira	A ótica dos corpos em movimento na visão do realismo estrutural: questões não consensuais de natureza da ciência na formação de professores	2021	Dissertação de Mestrado
Giovanni Ravaiolli	Epistemological activators and students' epistemologies in learning modern stem topics	2020	Tese doutoral
Lucas Limas de Vasconcelos	Use of block-based coding in scientific modeling	2019	Tese doutoral
Constance Cirkony	Students learning science: Representation construction in a digital environment	2018	Tese doutoral
Tor Ole B. Odden & Benjamin Zwickl	How Physics Students Develop Disciplinary Computational Literacy	(s.d.)	Artigo
Mengesha Ayene Ejigu	Conceptual understanding of quantum mechanics: An Investigation into Physics Students' Depictions of the Basic Concepts of Quantum Mechanics	2014	Tese doutoral
Tor Ole B Odden and Anders Malthé-Sørenssen	Using computational essays to scaffold professional physics practice	2021	Artigo de periódico
Meredith Rae Kunz	Is learning relative? Exploring student learning in a special relativity digital game case study	2024	Tese doutoral



R Lacerda Caldas & A B de Oliveira Siqueira	Potentially meaningful teaching unit on Cosmology in the vision of the teacher of fundamental and average education	2019	Artigo periódico	de
Isabel Ribau	Practical Work by Laboratory Stations: An Innovation in Experimental Work	2020	Artigo periódico	de
Sjoerd Zwart	Engineering Epistemology: Between Theory and Practice	2022	Artigo periódico	de
Bethany Walker & Chris E Finlayson	Quantum chemistry simulations in an undergraduate project: tellurophenes as narrow bandgap semiconductor materials	2023	Artigo periódico	de
Odd Petter Sand, Tor Ole B. Odden, Christine Lindstrøm and Marcos D. Caballero	How computation can facilitate sensemaking about physics: A case study	2018	Artigo periódico	de
Michelle H. Wilkerson-Jerde, Brian E. Gravel, Christopher A. Macrander	Exploring shifts in middle school learners' modeling activity while generating drawings, animations, and computational simulations of molecular diffusion	2015	Artigo periódico	de
Diego Duarte Armando	O mediático papel das TIC's na criação de modelos físicos dinâmicos para análise de processos em Física Moderna e Astronomia	2019	Anais encontro	de
Paulo Mansony Mavambu	Simulações em processos relativísticos e não relativísticos: relato de uma experiência no ensino de tópicos de Física Moderna	2019	Anais encontro	de

Fonte: Os autores (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. RESULTADOS

A presente secção tem por objetivo descrever os resultados da pesquisa partindo de uma descrição genérica das informações oferecidas pelo Google Académico através das equações de pesquisa, avançando em seguida para os detalhes dos resultados referentes aos dados obtidos a partir dos indicadores de análise utilizados nesse estudo de revisão integrativa da literatura, os quais foram organizados em ordem às questões norteadoras do estudo, sendo apresentados seguindo os indicadores delineados abaixo:



- Tópicos de Física Moderna mais e/ou menos presentes nos trabalhos investigados;
- Níveis de escolaridade mais focados nos estudos;
- Perspetivas dominantes de utilização das simulações computacionais;
- Categorias da mediação docente promotoras das práticas epistémicas dos alunos

Assim sendo, relativamente às descrições genéricas dos resultados oferecidos pelo Google Académico ressaltam-se dois aspetos essenciais, sendo um referente ao baixo número de trabalhos de investigação dirigidos ao ensino de tópicos de Física Moderna com a mediação de simulações computacionais segundo à visão de fomento das práticas epistémicas dos alunos; enquanto o segundo aspeto refere-se à ausência de estudos de revisão da literatura focado na perspetiva em voga dentro dos radares das equações de pesquisa utilizados; o que indicia o enorme desafio dos professores e investigadores nesse campo, conforme os dizeres de Mavambu (2019) ao salientar que,

O desenvolvimento das práticas epistémicas dos alunos em temas de Astronomia e Física Moderna através de simulações computacionais é um assunto bastante desafiador, pois, além das dificuldades dos próprios professores e alunos em relação à contextualização das manifestações dos fenómenos em contexto real, entra a matemática de enorme complexidade, os poucos recursos e a pouca familiaridade desses para os dois lados da interface pedagógica (Armando, 2019, p. 31).

Nesta conformidade, percebe-se que os desafios de fomento das práticas epistémicas dos alunos no ensino-aprendizagem dos tópicos e perspetiva em causa incidem em duas vertentes na mediação docente, sendo uma versada ao domínio executivo e outra relacionada ao domínio interativo, aspetos que se completam mutuamente (Lopes *et al.*, 2010a; Lopes *et al.*, 2012).

No que concerne à análise das publicações que constituem o corpus desse artigo, seguindo a ordem das questões norteadoras da pesquisa e os indicadores delineados acima, apresentam-se os seguintes resultados:



- Quanto aos tópicos de Física Moderna mais e/ou menos presentes nos estudos:

Em relação a esse quesito, destacam-se temas mistos entre Mecânica Quântica e/ou Física Atômica e/ou Nuclear (Armando, 2019; Caldas e Siqueira, 2019; Cirkony, 2018; Mavambu, 2019; Odden e Zwickl, (s.d.); Ribau, 2020) e a Mecânica Quântica (Ejigu, 2014; Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019, Soja *et al.*, 2016; Vasconcelos, 2019; Walker e Finlayson, 2023) ocupando cada um peso total de 29,16% de estudos; sendo imediatamente seguida pela Física Atômica e/ou Nuclear com 25 % (Costa *et al.*, 2021; Santos, 2016; Silva, 2014; Silva, Neves & Santos, 2024; Utpadel, 2022; Zanatta, 2023), a teoria da relatividade (Kunz, 2024; Pereira, 2021) com 8,33% e a visão quântica da Mecânica Estatística (Wilkerson-Jerde *et al.*, 2015) com apenas 4,16%; percentagem igualmente ocupada pela Optoelectrónica (Silva, Neves & Santos, 2024).

- No que concerne aos níveis de escolaridade a que os estudos se fazem referência:

No que concerne ao item acima notou-se que pelo menos 75% dos casos foram dirigidos ao ensino fundamental, enquanto 16,66% focaram-se no ensino superior (Costa, Ortiz e Baptista, 2023; Ejigu, 2014; Santos, 2016; Soja *et al.*, 2016) e 8,33% não especificam o nível de escolaridade a que seus estudos fazem referência (Armando, 2019; Mavambu, 2019).

- Perspetivas dominantes de utilização das simulações computacionais:

Quanto às perspetivas de uso das simulações computacionais em seus trabalhos, a maior parte dos autores destaca a vertente de exploração de aspetos pouco viáveis ou mesmo inviáveis de serem analisados através dos laboratórios convencionais (Caldas e Siqueira, 2014; Costa, *et al.*, 2021; Ejigu, 2014; Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019; Santos, 2016; Soja *et al.*, 2016; Vasconcelos, 2019; Walker e Finlayson, 2023; Wilkerson-Jerde *et al.*, 2015); enquanto outros autores focam-se na vertente de laboratório de modos a suprir as insuficiências de equipamentos de muitas escolas, assim como contrapor as desvantagens do laboratório convencional de ensino relativamente ao elevado tempo de realização de um estudo condicionado pela



necessidade de sucessivas repetições visadas à diminuição do erro (Cirkony, 2018; Odden e Zwickl, (s.d.); Ribau, 2020); enquanto outros autores utilizam simulações computacionais segundo a vertente lúdica (Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019; Silva, 2014; Vasconcelos, 2019; Walker e Finlayson, 2023), procurando envolver o aluno na construção de suas aprendizagens através de jogos diversificados ou outros desafios previamente incorporados na simulação.

Não identificou-se as perspectivas com autores como Armando (2019), Pereira (2021), Silva, Neves & Santos (2024) e Zanatta (2023) utilizaram as simulações computacionais em seus trabalhos.

- Quanto às categorias da mediação docente que promovem as práticas epistêmicas dos alunos:

Partindo das considerações de que a mediação docente conducente às práticas epistêmicas dos alunos comporta de forma combinada em mais de uma ocasião os domínios executivo e interativo (Arends, 2008; Lopes *et al.*, 2010b), nossa análise relativa à mediação docente focou-se na identificação das categorias da mediação docente por domínio a que se enquadram, bem como na combinação dos dois domínios através das espirais da mediação docente; o que permitiu apurar os seguintes resultados por cada domínio:

a) Domínio executivo

As principais categorias da mediação docente atinentes a esse domínio identificadas nas publicações são:

- Selecionar artefacto mediador (Cirkony, 2018; Odden, Malthé-Sørenssen, 2021; Silva, 2014; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023);
- Elaborar tarefa-desafio (Cirkony, 2018; Odden, Malthé-Sørenssen, 2021; Rosa, 2019; Silva, 2014; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023);



- Desenhar a perspectiva de envolvimento dos alunos na aprendizagem (Rosa, 2019; (Sand *et al.*, 2018; Silva, 2014; Silva, Neves & Santos, 2024; Wilkerson-Jerde *et al.*, 2015; Sand *et al.*, 2018; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023);
- Estabelecer as regras de trabalho (Sand *et al.*, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Wilkerson-Jerde, 2015; Zanatta, 2023).

No entanto, não foram identificadas duas categorias da mediação docente nas análises das publicações, sendo estas «definir o trabalho realmente solicitado ao aluno e o modo de apresentação dos resultados por estes, bem como avaliar e dar feedback sobre o trabalho dos alunos».

b) Domínio interativo

Relativamente a esse domínio, por meio da revisão da literatura foram identificadas as seguintes categorias da mediação docente e autores dos trabalhos mais evidentes:

- Apresentar a tarefa-desafio (Cirkony, 2018; Ejigu, 2014; Kunz, 2024; Sand *et al.*, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Wilkerson-Jerde, 2015; Zanatta, 2023).
- Manter a tarefa-desafio (Cirkony, 2018; Ejigu, 2014; Kunz, 2024; Sand *et al.*, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023).
- Ceder a autonomia condicionada (Cirkony, 2018; Ejigu, 2014; Kunz, 2024; Sand *et al.*, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Wilkerson-Jerde *et al.*, 2015; Zanatta, 2023).
- Promover a interação intergrupal e/ou intragrupal (Cirkony, 2018; Ejigu, 2014; Sand *et al.*, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023).
- Solicitar aspetos adicionais (Cirkony, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023).
- Valorizar o trabalho dos alunos (Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023)
- Encorajar os alunos na resolução da tarefa (Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023).



- Intervir em momentos de dúvidas, indecisões ou falta de consenso (Cirkony, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019).
- c) Combinação entre domínio executivo e interativo através das espirais da mediação docente

Apesar das ações interventivas de determinados docentes terem lugar em mais de uma ocasião (Ravaiolli, 2020; Zanatta, 2023), atendendo o facto de que tal combinação requer intencionalidade, planificação, ação, reflexão da ação, aperfeiçoamento da ação e ação melhorada; a falta de «definição clara do trabalho realmente solicitado ao aluno e a forma de apresentação dos resultados por estes», bem como a ausência da categoria «avaliar e dar feedback sobre o trabalho dos alunos»; interferem significativamente sobre a planificação, reflexão da ação, aperfeiçoamento da ação e ação melhorada.

4.2. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta secção foi concebida no sentido de analisar os resultados da pesquisa a partir de um diálogo entre autores referenciados e autores deste artigo em torno das visões científicas relacionadas ao ensino de tópicos de Física Moderna com a mediação de simulações computacionais, tendo como referência as categorias da mediação docente que promovem as práticas epistémicas dos alunos.

No entanto, partiu-se de um comentário relacionado ao baixo número de publicações relacionadas ao assunto em voga, assim como a falta de estudos de revisão da literatura; situação que além de demonstrar os desafios que a vertente em causa comporta (Armando, 2019; Mavambu, 2019), demonstra o vazio que a literatura científica possui nessa vertente, o que torna atual e interessante os estudos direcionados nessa vertente.

- No que tange aos tópicos de Física Moderna mais e/ou menos debatidos:

Sobressaem os pertencentes à Mecânica Quântica e Física Atômica e/ou Nuclear; sendo justificada pelos autores a existência real dos entes estudados, as reduzidas dimensões, as energias envolventes, suas manifestações em contextos práticos e/ou



suas aplicações (Ejigu, 2014; Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019, Soja *et al.*, 2016; Vasconcelos, 2019; Walker e Finlayson, 2023); aspeto que apesar de verdadeiros, não justifica a exclusão de outras áreas da Física Moderna; requerendo apenas definir corretamente os critérios de escolha do simulador, o trabalho realmente solicitado ao aluno e a forma de apresentação dos resultados por estes.

- Quanto aos níveis de escolaridade:

A constatação de um grande número de publicações focadas ao ensino fundamental e/ou secundário leva a desconsiderar a complexidade da matemática envolvida na Física Moderna como o empecilho para o trabalho com simulações computacionais segundo a vertente da mediação docente versada ao fomento das práticas epistémicas dos alunos (Armando, 2019; Mavambu, 2019), pois, a existência de disciplinas como Física Moderna Geral, Relatividade, Mecânica Quântica, Física da Matéria Condensada, Física Atômica e/ou Nuclear e outras disciplinas em muitos currículos de licenciatura constitui uma valência para o efeito, o que requer apenas desafio e superação contínuo dos professores.

- Relativamente às perspectivas de utilização das simulações computacionais.

Não obstante suas valências em termos de realização de práticas de laboratório de forma segura e económica na vertente temporal e financeira (Cirkony, 2018; Odden e Zwickl, (s.d.); Ribau, 2020; Zwart, 2022), nossa visão considera essa perspectiva como bastante redutora, pelo que corroboramos com os autores que primam pelo uso de simulações computacionais na vertente de exploração de aspetos pouco viáveis e/ou mesmo inviáveis de serem analisados a partir do laboratório convencional (Caldas e Siqueira, 2019; Costa, *et al.* 2021; Ejigu, 2014; Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019; Santos, 2016; Soja *et al.*, 2022; Vasconcelos, 2019; Walker e Finlayson, 2023; Wilkerson-Jerde *et al.*, 2015), pois, incluindo os países mais avançados as utilizam. A supressão da insuficiência de equipamentos laboratoriais das escolas e o problema de economia de tempo de práticas de laboratório de forma segura e económica na vertente temporal e financeira (Cirkony, 2018; Odden e Zwickl, (s.d.); Ribau, 2020) aparece como uma situação específica do contexto de ensino.



- No que concerne às categorias da mediação docente que promovem as práticas epistémicas dos alunos:

Os estudos apresentam com maior clareza as categorias atinentes ao domínio interativo (Cirkony, 2018; Ejigu, 2014; Sand *et al.*, 2018; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Zanatta, 2023), sendo notório em certos estudos de forma implícita ou explícita algumas categorias atinentes ao domínio executivo, sobressaindo as seguintes «selecionar artefacto mediador, elaborar tarefa-desafio, desenhar a perspectiva de envolvimento dos alunos na aprendizagem e estabelecer as regras de trabalho» (Cirkony, 2018; Odden, Malthé-Sørensen, 2021; Silva, 2014; Rosa, 2019; Silva, 2014; Silva, Neves & Santos, 2024; Vasconcelos, 2019; Wilkerson-Jerde *et al.*, 2015; Zanatta, 2023).

No entanto, os estudos mostram um vazio em relação à combinação entre os dois domínios a partir de uma perspectiva das aspirais da mediação docente, sendo as categorias «definir o trabalho realmente solicitado ao aluno e o modo de apresentação dos resultados por estes, bem como avaliar e dar feedback sobre o trabalho dos alunos» as duas principais ausentes que exercem influências sobre a referida perspectiva através da cadeia «intencionalidade, planificação, ação, reflexão da ação, aperfeiçoamento da ação, ação melhorada».

No entanto, incluindo os estudos que envolvem a mediação docente em pelo menos mais de uma ocasião (Ravaiolli, 2020; Rosa, 2019; Silva, Neves & Santos, 2024; Zanatta, 2023) não observam as características identificadas que permitem o fomento de um elevado número de práticas epistémicas dos alunos.

5. CONCLUSÕES

Tendo em conta que o presente estudo visou caracterizar o estado da arte sobre o uso de simulações computacionais no ensino de tópicos de Física Moderna focado no fomento das práticas epistémicas dos alunos como reflexo das ações mediadoras dos docentes; fixando de modo peculiar na identificação de estudos de revisão anteriores, temas de Física Moderna mais e/ou menos debatidos, níveis de escolaridade a que



os estudos fazem referência, perspectivas de uso das simulações computacionais e domínios e categorias da mediação docente e suas articulações; através dos resultados e suas discussões nota-se que trata-se de um assunto desafiador em diferentes perspectivas.

Assim sendo, no que diz respeito ao número de publicações e estudos de revisão da literatura os resultados atestam sobre a necessidade de alargamento dos mesmos tanto ao nível de artigos de revisão da literatura, como na vertente de trabalhos empíricos em função a inexistência de estudos de revisão enquadrados no radar das equações de pesquisa, bem como o baixo número de publicações oferecidas pelo Google Académico.

Quanto aos níveis de escolaridade, não obstante a imprescindível necessidade de mais estudos dirigidos ao ensino fundamental e/ou secundário, requer-se uma especial atenção ao ensino superior devido a maior abrangência de tópicos de Física Moderna, o baixo número de publicações relacionadas, bem como a maior preparação dos alunos em termos de domínio matemático e outros.

Concernente às perspectivas de uso das simulações computacionais no ensino de tópicos de Física Moderna, pese embora a não uniformidade das perspectivas de uso segundo os autores, sua importância transcende a vertente de laboratório virtual, visto que os entes estudados em Física Moderna comportam uma grande subjetividade, além de envolver pequenas massas e grandes energias. No entanto, segundo o domínio da mediação docente conducente às práticas epistémicas dos alunos, descarta-se de uso de tais ferramentas em contexto lúdico, pois, a natureza predefinida dos jogos não permite transformá-lo em tarefa-desafio, definir o trabalho realmente solicitado ao aluno e a forma deste apresentar seus resultados, assim como avaliar e dar feedback aos alunos.

Contudo, pese embora a identificação de categorias da mediação docente pertencentes aos domínios executivo e interativo, os estudos mostram alguma inconsistência em termos de relação dessas em mais de uma ocasião segundo as espirais da mediação docente, pois, faltando uma clara definição do trabalho



realmente solicitado ao aluno e a forma como este deve apresentar os resultados alcançados, bem como uma perspectiva de avaliação e feedback, não é possível alcançar materializar de forma íntegra as espiras segundo a ordem com que elas sucedem-se ao combinar os dois domínios da mediação docente.

No entanto, um desafio para futuras pesquisas passa por um estudo empírico relacionando os dois domínios da mediação docente em pelo menos mais de uma ocasião, obedecendo as espiras da mediação docente, objetivando o fomento das práticas epistêmicas dos alunos em tópicos de Física Moderna ao nível do ensino fundamental e/ou superior.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, W. N. (2020). *Processos de mediação docente e o desenvolvimento cognitivo dos estudantes em um clube de ciências: pontos de conexão entre a abordagem teórica de Reuven Feuerstein e o ensino de ciências por investigação*. Belém: Universidade Federal do Pará.

Araújo, F. M., Lopes, J. B., Soares, A. A., & Cravino, J. (2019). Eficácia da mediação do professor no ensino da estrutura corpuscular da matéria. *Comunicações*, 26(2), 259-276. doi:<http://dx.doi.org/10.15600/2238-121X/comunicacoes.v26n2p259-276>.

Arends, R. I. (2008). *Aprender a ensinar*. São Paulo: McGraw Hill.

Armando, D. D. (2019). *O mediático papel das TIC's na criação de modelos físicos dinâmicos para análise de processos em Física Moderna e Astronomia*. II Conferência Nacional sobre ensino de ciências e tecnologia na era digital (pp. 16-35). Matanzas: Centro de estudos e investigação em educação e tecnologias.

Branco, M. J. (2018). *Desenvolvimento das práticas de mediação dos professores em contexto de ensino de Ciências Físicas: o papel de ferramentas de ajuda*. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro.

Caldas, R. L., & Siqueira, A. B. (2019). Potentially meaningful teaching unit on Cosmology in the vision of the teacher of fundamental and average education. *Journal of Physics: conference series*, pp. 1-17.

Cirkony, C. (2018). *Students learning science: Representation construction in a digital environment*. Deakin: Deakin University.

Costa, C., Lopes, J. B., & Martins, F. M. (2021). Qual o papel dos artefactos digitais no ensino-aprendizagem de matemática? *Matemática com vida*, pp. 22-44. Obtido de <https://www.researchgate.net/publication/357225930>.



Costa, M. d., Ortiz, E., & Baptista, I. d. (2021). *Simulações computacionais de experimentos históricos de Física Moderna*. I Encontro sobre História e Filosofia no ensino de ciências (pp. 29-32). Passo Fundo, Rio Grande do Sul : Universidade de Passo Fundo.

Cravino, J. P. (2017). Planning teacher mediation in science and technology lessons. Em J. B. Lopes, J. P. Cravino, E. d. Cruz, & A. Barbot, *Teaching Science: contributions of research for planning, practice and professional development* (pp. 45-59). Nova Science Publishers.

Ejigu, M. A. (2014). *Conceptual understanding of quantum mechanics: an investigation into Physics Students' Depictions of the Basic Concepts of Quantum Mechanics*. South Africa: University of South Africa.

Ferreira, R. C. (2023). *Uma análise da simulação phet colorado como ferramenta para o ensino de física: um estudo de caso comparativo com a realidade*. Universidade federal de Pernambuco.

Kunz, M. R. (2024). *Is learning relative? Exploring student learning in a special relativity digital game case study*. Lynchburg: University Liberty.

Lopes, J., Silva, Cravino, J., & Silva, A. (2010) (a). *A model for effective teaching in science and technology (Metilost)*. New York: Nova science Publishers, Inc. (ISBN: 978-1-60876-958-2).

Lopes, J., Silva, A., Cravino, J., Viegas, C., Cunha, E., Saraiva, E., Branco, M., Pinto, A., Silva, A., & Santos, A. (2010) (b). *Investigação sobre mediação de professores de ciências físicas em sala de aula*. Vila Real: Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. (ISBN: 978-989.704-001-6).

Lopes, J. B., Cravino, J. P., Silva, A. A., & Viegas, C. (2012). The role of teacher mediation using computer simulations in physical sciences to improve students' epistemic competences – a theoretical framework. Em R. Pintó, V. López, & C. Simarro, computer based learning in science: Conference Proceedings 2012 - Learning Science in the Society of Computers (pp. 2-10). *Centre for Research in Science and Mathematics*.

Macêdo, J. A. (2009). *Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo: Elaboração de Um Roteiro de Atividades para Professores do Ensino Médio*. Pontifícia Universidade Federal de Minas Gerais.

Maman, A. S. (2021). *Uso de recursos experimentais e computacionais para o desenvolvimento do pensamento metacognitivo no ensino de física*. Lajeado, Rio Grande do Sul: Universidade do Vale do Taquari.

Martins, D. M., Mozzer, N. B., Oliveira, T. M., & Caetano, M. S. (2020). O papel dos modelos computacionais e das analogias na aprendizagem do processo de interação



fármaco-enzima no ensino fundamentado em modelagem. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, pp. 23-854.

Mathayas, N. (2020). *Exploring middle school students' sensemaking of a gesture-augmented computer simulation depicting thermal conduction*. University of Illinois.

Matias, J.D.D.E.L. (2011). *A resolução de problemas no ensino da "Energia": um estudo com alunos do 7.º ano de escolaridade* (Master's thesis, Universidade de Lisboa (Portugal)).

Mavambu, P. M. (2019). *Simulações em processos relativísticos e não relativísticos: relato de uma experiência no ensino de tópicos de Física Moderna*. II Conferência Nacional sobre ensino de ciências e tecnologia na era digital (pp. 35-49). Matanzas: Centro de estudos e investigação em educação e tecnologias.

Mintzes, J.J., Wnadersee, J.H., Novak, J.D. (2000). *Ensinando ciências para a compreensão*. Lisboa: Plátano – Edições Técnicas.

Moro, F. T. (2021). *Mentoring e o ensino de ciências: formação continuada nos anos finais do ensino fundamental com foco em atividades experimentais*. Lajeado, Rio Grande do Sul : Universidade do Vale do Taquari.

Nunes, P. S., Nascimento, M. M., & Catarino, P. M. (2020). Uso da Narração Multimodal no estudo das características da mediação do professor que influenciam o envolvimento produtivo dos alunos. *Revista Thema*, 17(2), 364-379. doi:<http://dx.doi.org/10.15536/thema.V17.2020.364-379.1290>

Nxumalo, N. L. (2019). *Understanding teachers' use of computer-based simulations in teaching electrolysis*. University Of Pretoria.

Odden, T. O., & Malthe-Sørensen, A. (2021). Using computational essays to scaffold professional physics practice. *European Journal of Physics*, pp. 1-23.

Odden, T. O., & Zwickl, B. (s.d.). *How physics students develop disciplinary computational literacy*. 1-31.

Oliveira, F. D. (2020). *Laboratório virtual como ferramenta estratégica na aplicação da sequência didática interativa no ensino de biologia com enfoque na obesidade*. Universidade Federal de Pernambuco.

Oliveira, F. d., Lima, K. E., & Arruda, S. G. (2021). O uso do laboratório virtual como estratégia para a abordagem investigativa no ensino de biologia: The Use of Virtual Laboratory as a Strategy for the Investigative Approach in Biology Teaching. *Tear: Revista de Educação Ciência e Tecnologia*, 10(2).

Pereira, F. P. (2021). *A ótica dos corpos em movimento sob a visão do realismo estrutural: questões não consensuais de natureza da ciência na formação de professores*. São Paulo: Universidade de São Paulo.



Ravaiolli, G. (2020). *Epistemological activators and students' epistemologies*. in. Bolonha: Universidade de Bolonha.

Ribau, I. (2020). Practical Work by Laboratory Stations: An Innovation in Experimental Work. *Universal Journal of Educational Research*, pp. 17-26.

Rosa, L. F. (2019). *Explorando a inserção de tópicos de física quântica em uma escola estadual: um estudo sob a luz da perspectiva sociocultural*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Ruwiyah, S., Rahman, N. F.A., Rahim., A. R. A., Yusof, M. Y., & Umar, S. H. (2021). Cultivating science process skills among physics students using PhET simulations in teaching. *Journal of Physics: Conference Series*, 2126(2021), 1-9. doi:10. 1088/1742-6596/2126/1/012007

Sand, O. P., Odden, T. O., Lindstrøm, C., & Caballero, M. D. (2018). *How computation can facilitate sensemaking about physics: A case study*.

Sandoval, W. A. (2005). Understanding Students' Practical Epistemologies and Their Influence on Learning Through Inquiry. *Science Education*, 89(4), 634-656.. doi:10.1002/sce.20065

Santos, C. A. (2017). The role of teacher decisions in the classroom to develop students' epistemic activities. Em J. B. Lopes, J. P. Cravino, E. d. Cruz, & A. Barbot, *Teaching science: contributions of research for planning, practice and professional development* (pp. 119-134). Nova Science Publishers.

Santos, J. A. d. (2016). *Objetos educacionais digitais: critérios de avaliação para uso no ensino e na aprendizagem da Química*. Universidade Federal da Bahia.

Saraiva, E., Cunha, A. E., Santos, C. A., Lopes, J. B., & Cravino, J. P. (2012). Papel da mediação do professor na promoção do trabalho epistêmico dos alunos durante o uso de simulações computacionais. *Física*, 51-58.

Saraiva, E., Lopes, J. B., & Cravino, J. P. (2018). As representações visuais na construção do conhecimento científico em sala de aula. *Indagatio Didactica*, 10 (4), 147-163.

Silva, J. R., Neves, J. A., & Santo, M. A. (2024). Aplicação de uma sequência didática sobre efeito fotovoltaico no ensino médio. *Revista Ciências & Ideias*, pp. 1-19.

Silva, E. P., & Silva, F. C. (2022). Da simulação computacional ao uso das representações visuais: desenvolvendo práticas epistêmicas em aulas de Química. *Educação*, pp. 1-24. doi:10.5902/19846444444488.

Silva, J. d. (2014). *Um estudo de caso sobre a utilização do simulador virtual PhET colorado no ensino das ciências*. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.



Soja, A. C., Silva, P. D. G. C., Soja, S. J., Candido, T. O., Sigarini, A. V. d. C., Moraes, M. E. R. d., & Matos, T. B. S. d. (2022). Reflexões sobre o projeto de extensão ciência na fonteira: expandindo os limites do conhecimento. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. *Revista de extensão do Instituto Federal Catarinense*. 10(18), 209-222.

Souza, F. d. (2023). *As simulações educacionais no ensino de física: aplicando uma UEPS sobre a primeira lei da termodinâmica utilizando a abordagem POE*. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe.

Utpadel, D. (2022). *Jogo de tabuleiro de Física Quântica como ferramenta de ensino*. Jaraguá do Sul: Instituto Federal de Santa Catarina.

Vasconcelos, I. N. (2021). *Engajamento dos alunos e sua relação com o desenvolvimento de práticas epistêmicas em aulas de ciências*. Universidade de São Paulo.

Vasconcelos, L. L. (2019). *Use of block-based coding in scientific modeling*. University Federal do Ceará.

Walker, B., & Finlayson, C. E. (2023). Quantum chemistry simulations in an undergraduate project: tellurophenes as narrow bandgap semiconductor materials. *European Journal of Physics*, pp. 1-13.

Wilkerson-Jerde, M. H., Gravel, B. E., & Macrander, C. A. (2015). Exploring Shifts in Middle School Learners' Modeling Activity While Generating Drawings, Animations, and Computational Simulations of Molecular Diffusion. *Journal of Science Education and Technology*, pp. 1-34.

Zanatta, R. P.P. (2023). *Cogitamus na sala de aula: desvios, traduções e híbridos na sala de aula*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Zwart, Sjoerd. Engineering Epistemology: Between Theory and Practice. *Engineering Studies*, v. 14, n. 2, p. 79-86, 2022. DOI: 10.1080/19378629.2022.2124025.

NOTA

Os autores utilizaram a Inteligência Artificial DEEP L today - #1 AI translation platform e Language Tool (versão não identificada na plataforma) para tradução de textos de inglês para português e correção de ortografia e gramática. No entanto, todas as buscas pelos conteúdos e classificação da qualidade dos artigos foram realizadas de maneira autoral.



Material recebido: 03 de abril de 2025.

Material aprovado pelos pares: 04 de junho de 2025.

Material editado aprovado pelos autores: 25 de setembro de 2025.

¹ Mestrado em Energias Renováveis, Licenciado em Ciências de Educação, Especialidade de Ensino de Física. ORCID: 0000-0002-6116-8013.

² Licenciado em Ciências de Educação, Especialidade de Ensino de Química. ORCID: 0009-0000-0126-6335.

³ Licenciado em Ciências de Educação, Especialidade de Ensino de Química, Mestre em Didática do Ensino Superior. ORCID: 0009-0008-7350-1515.

⁴ Licenciado em Ciências de Educação, Especialidade de Ensino de Física. ORCID: 0009-0009-2888-4980.