

Revisão Sistemática das produções sobre Natureza da Ciência e Física Moderna e Contemporânea no ENPEC

Systematic Review of Productions on Nature of Science and Modern and Contemporary Physics at ENPEC

Revisión sistemática de las producciones sobre la Naturaleza de la Ciencia y la Física Moderna y Contemporánea en la ENPEC

Micael Santos¹
Daniel Oliveira²
Maxwell Siqueira³

Resumo: O presente trabalho tem como objetivo investigar as produções de trabalhos que abordam a Física Moderna e Contemporânea por meio da Natureza da Ciência ao longo da história do Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC). Para isso, foi realizada uma revisão sistemática da literatura nos anais do ENPEC. A análise evidenciou desafios pedagógicos recorrentes, como o uso de materiais didáticos descontextualizados e visões distorcidas da ciência. Nesse contexto, destaca-se a importância de integrar a História e Filosofia da Ciência (HFC) para promover uma compreensão mais crítica da NdC. Tal abordagem fortalece as conexões entre os conceitos científicos e seus contextos históricos, culturais e sociais. Conclui-se que é necessário investir em materiais didáticos mais significativos, em estratégias pedagógicas inclusivas e em uma formação docente que incentive a visão da ciência como processo dinâmico, humano e historicamente situado.

Palavras-chave: Revisão Sistemática. Natureza da Ciência. Física Moderna e Contemporânea. Ensino de Física.

Abstract: The aim of this study is to investigate the production of works that address Modern and Contemporary Physics through the Nature of Science throughout the history of the National Meeting for Research in Science Teaching (ENPEC). To this end, a systematic review of the literature in the annals of ENPEC was carried out. The analysis revealed recurring pedagogical challenges, such as the use of decontextualized teaching materials and distorted views of science. In this context, the importance of integrating the History and Philosophy of Science (HPS) to promote a more critical understanding of NC is highlighted. This approach strengthens the connections between scientific concepts and their historical, cultural and social contexts. We conclude that it is necessary to invest in more meaningful teaching materials, inclusive pedagogical strategies and teacher training that encourages a view of science as a dynamic, human and historically situated process.

Keywords: Systematic Review. Nature of Science. Modern and Contemporary Physics. Physics Teaching.

¹ Discente do curso de Licenciatura em Física. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). <https://orcid.org/0009-0000-8931-9226>. E-mail: mcsantos.lfi@uesc.br

² Mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática (PPGECM). Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). <https://orcid.org/0000-0003-3833-5968>. E-mail: daniarsouza456@gmail.com

³ Doutor em Educação. Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC). <https://orcid.org/0000-0002-2165-4244>. E-mail: mrsiqueira@uesc.br



Resumen: El objetivo de este estudio es investigar la producción de obras que abordan la Física Moderna y Contemporánea a través de la Naturaleza de la Ciencia a lo largo de la historia de la Reunión Nacional de Investigación en Enseñanza de las Ciencias (ENPEC). Para ello, se realizó una revisión sistemática de la literatura en los anales del ENPEC. El análisis reveló desafíos pedagógicos recurrentes, como el uso de materiales didácticos descontextualizados y visiones distorsionadas de la ciencia. En este contexto, se destaca la importancia de integrar la Historia y la Filosofía de la Ciencia (HPS) para promover una comprensión más crítica de la CN. Este enfoque refuerza las conexiones entre los conceptos científicos y sus contextos históricos, culturales y sociales. Concluimos que es necesario invertir en materiales didácticos más significativos, estrategias pedagógicas integradoras y una formación del profesorado que fomente una visión de la ciencia como un proceso dinámico, humano e históricamente situado.

Palabras-clave: Revisión sistemática. Naturaleza de la Ciencia. Física Moderna y Contemporánea. Enseñanza de la Física.

Submetido 29/03/2025

Aceito 01/07/2025

Publicado 04/08/2025

Introdução

A inclusão da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação básica vem ganhando destaque nas pesquisas em ensino de Física, sobretudo diante das transformações científicas e tecnológicas que caracterizam o mundo atual. Esses avanços não podem ser plenamente compreendidos pelos estudantes quando se adota um ensino desatualizado; torna-se, portanto, imprescindível abordar os conceitos estabelecidos pela FMC (Leonel; Souza, 2009). Embora a física clássica — predominante nos currículos tradicionais — seja fundamental para a formação científica inicial, seus conceitos e teorias já não bastam diante das revoluções científicas que redefiniram o entendimento da natureza ao longo do século XX.

Ao trabalhar teorias modernas e contemporâneas na educação básica, estimula-se a curiosidade, o questionamento e uma visão mais abrangente dos fenômenos naturais, aproximando os alunos da fronteira do conhecimento científico. Além disso, tal abordagem contribui para que compreendam e se posicionem frente às questões associadas às tecnologias e aos conhecimentos científicos que permeiam o cotidiano (Terrazzan, 1992; Ostermann; Moreira, 2000; Brockington, 2005; Siqueira, 2012; Batista; Siqueira, 2017; Thiara et al., 2022; Oliveira; Siqueira, 2023; Batista, 2024).

Para ensinar FMC de forma significativa, é necessário repensar a abordagem do conhecimento científico, ultrapassando a mera exposição de conceitos e promovendo uma compreensão crítica do papel da ciência no cotidiano, bem como do caráter social da própria produção científica (Rotta et al., 2022). Essa perspectiva permite que os estudantes questionem modelos e valores subjacentes ao desenvolvimento científico e tecnológico (Santos, 2007). Nessa direção, compreender o processo de construção do conhecimento torna-se indispensável no ensino de Ciências (Allchin, 2011).

A Natureza da Ciência (NdC) oferece, assim, um referencial essencial para o ensino de FMC, pois possibilita analisar como a ciência desenvolve, testa e revisa seu saber. Tal visão apresenta a ciência como um processo dinâmico — marcado por tentativas, erros, revisões e influências históricas —, rompendo com a noção de um conhecimento científico fixo e imutável. Desse modo, a NdC viabiliza uma reflexão crítica sobre o fazer científico, seus métodos, limites e implicações sociais, contribuindo para superar concepções ingênuas ou

distorcidas do trabalho científico (Gil-Pérez et al., 2001; Lederman, 1992, 2007; Adúriz-Bravo et al., 2023).

Diante da necessidade de integrar FMC e NdC, coloca-se o desafio de avaliar como esses temas vêm sendo tratados nas pesquisas em ensino de Ciências. Nesse sentido, a revisão sistemática constitui um método rigoroso para identificar, mapear e analisar tais produções, visto que ela nos permite apresentar uma visão abrangente das tendências, as contribuições e as possíveis lacunas na literatura sobre FMC e NdC (Ramos; Faria; Faria, 2014). Para isso, optou-se por investigar os trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (ENPEC), evento que envolve grande parte da comunidade de pesquisadores do Ensino de Ciências do Brasil e de alguns países da América do Sul, tendo grande capilaridade entre os programas de pós-graduação na área de Ensino de Ciências. Portanto, este estudo tem por objetivo investigar os trabalhos que abordam a Física Moderna e Contemporânea por meio da Natureza da Ciência ao longo da história do ENPEC.

A Natureza da Ciência como base para a Educação Científica

Os processos e meios pelos quais a comunidade científica desenvolve suas pesquisas e amplia seus conhecimentos são considerados aspectos da Natureza da Ciência (Gil-Pérez, 2001; Osborne, 2003; Allchin, 2011; Abd-El-Khalick, 2012). Esses autores argumentam que esse processo de construção não é neutro ou isolado; durante sua elaboração, a comunidade científica enfrenta diversos processos que diferem do que é descrito nos artigos científicos publicados.

Nos últimos anos, pesquisas focaram em investigar e sistematizar visões consensuais sobre a Natureza da Ciência (McComas, Almazroa & Clough, 1998; Gil-Pérez et al., 2001; Lederman, 2007; Matthews, 2014). Essas pesquisas identificaram concepções distorcidas da NdC entre estudantes e professores. Segundo essas revisões, dentre as diversas características apresentadas por estudantes e docentes, pode-se destacar: concepção empírico-indutivista e ateórica, rígida, algorítmica, exata da prática científica; relativismo extremo; visão dogmática e fechada da ciência, individualista e elitista da ciência e socialmente neutra da ciência. (Gil-Pérez, 2001).

Nesse sentido, um dos caminhos que a literatura tem indicado para abordar a NdC em sala de aula é por meio do uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) (Matthews, 1995;

Silva, 2006; Teixeira, Greca & Freire Jr, 2012; Moura, 2014). Na direção de contribuir para uma visão mais adequada da Ciência, Peduzzi (1998) destaca as potencialidades de desenvolver propostas de ensino-aprendizagem a partir do uso da HFC, indicando os seguintes pontos: (i) ampliar o repertório dos estudantes, valorizando o contexto e os momentos históricos do desenvolvimento científico; (ii) desfazer a ideia de um método científico único e infalível, promovendo um ensino capaz de desenvolver o entendimento dos cientistas e suas práticas; (iii) mostrar que o conhecimento científico é um processo em constante transformação, evidenciando que as teorias não são definitivas, mas estão sujeitas a revisões e mudanças ao longo do tempo; (iv) tornar as aulas de Ciências mais instigantes e reflexivas, estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico dos alunos; e (v) fomentar o surgimento de novas abordagens para ensinar tanto os conteúdos científicos quanto os aspectos relacionados à Ciência e suas implicações.

Destacando a interdisciplinaridade, Cachapuz (2023) reconhece a importância da HFC como um dos elementos do campo epistêmico da Educação em Ciências. Em consonância com esses apontamentos, Forato, Pietrocola e Martins (2011) destacam que o uso da HFC como estratégia de ensino-aprendizagem não só promove o ensino histórico-filosófico, mas também contribui para o desenvolvimento crítico do cidadão no século XXI. Essas propostas permitem discussões sobre tópicos da Natureza da Ciência, enfatizando o processo de desenvolvimento científico e o papel dos cientistas.

Metodologia

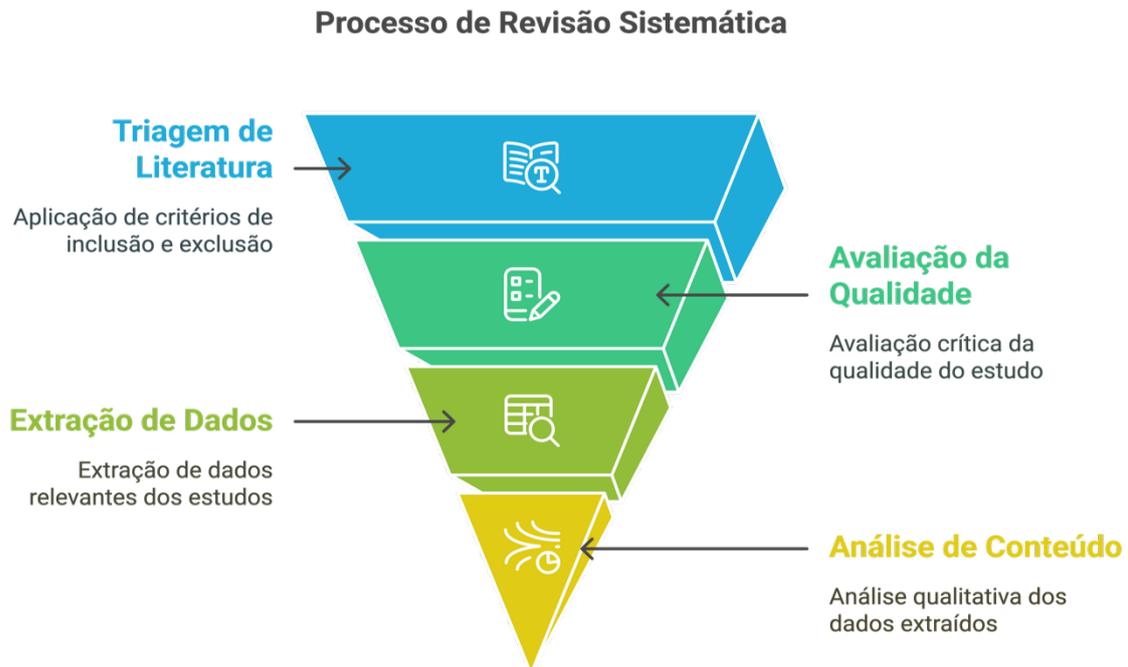
A pesquisa define com clareza os referenciais teóricos utilizados e os métodos adotados para selecionar e analisar os estudos que compõem o corpus da investigação. Para isso, adotamos um processo estruturado que assegura a sistematização e a coerência do percurso metodológico. Esta investigação desenvolve-se em consonância com as contribuições de Cohen, Manion e Morrison (2001), que fundamentam a abordagem qualitativa ao enfatizarem a compreensão da subjetividade das experiências humanas, o foco nas ações e intenções dos participantes e a valorização de procedimentos indutivos na análise e interpretação dos dados. Nessa mesma perspectiva, Bodgan e Biklen (1994) destacam a importância da investigação descritiva e do enfoque nos processos, ressaltando a construção indutiva dos dados e das abstrações que emergem ao longo da pesquisa.

Complementarmente, adota-se a revisão sistemática de literatura como estratégia metodológica para sustentar a análise teórica e empírica do estudo. Essa abordagem se caracteriza por sua natureza rigorosa e transparente, voltada à identificação, à seleção, à avaliação e à síntese de evidências disponíveis sobre uma questão de pesquisa previamente definida. Em contraste com a revisão narrativa tradicional, frequentemente permeada por subjetividades e vieses, a revisão sistemática segue protocolos explícitos e reproduzíveis, garantindo maior confiabilidade e consistência na análise dos estudos selecionados (Donato; Donato, 2019). Dessa forma, a combinação entre os princípios da pesquisa qualitativa e os procedimentos da revisão sistemática permite uma abordagem metodológica robusta, que respeita a complexidade dos fenômenos estudados e assegura a validade científica do processo investigativo.

No campo das Ciências da Educação, essa metodologia tem ganhado destaque por sua capacidade de promover inovação investigativa, por meio de critérios objetivos de inclusão e exclusão e pela utilização de softwares especializados para organização e análise dos dados (Ramos; Faria; Faria, 2014). A presente pesquisa adota os pressupostos metodológicos indicados por Gough, Thomas e Oliver (2012), bem como os princípios propostos por Donato e Donato (2019), com foco na elaboração de um protocolo de revisão que assegure clareza quanto à formulação da pergunta de pesquisa, estratégias de busca, bases de dados utilizadas, triagem de estudos e síntese dos resultados. Assim, busca-se garantir não apenas a validade científica, mas também a replicabilidade do processo.

A Figura 01 sintetiza o processo por meio de um esquema visual, ilustrando cada fase da revisão sistemática. A imagem apresentada ilustra esse processo em formato de funil, destacando quatro etapas fundamentais: **Triagem de Literatura, Avaliação da Qualidade, Extração de Dados e Análise de Conteúdo.**

Figura 1 - Processo da Revisão Sistemática



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

A primeira etapa da revisão sistemática consiste na (i) triagem da literatura, um processo essencial para garantir que apenas estudos relevantes sejam considerados na investigação. Neste momento, são implementados os critérios de inclusão e exclusão previamente definidos, com base nos objetivos da pesquisa e nas diretrizes metodológicas de revisão. Foram incluídos apenas artigos completos que tratassem explicitamente da NdC em diálogo com a FMC, com foco no ensino de Física. Trabalhos que abordavam outras áreas, que tratavam de maneira superficial ou ausente os aspectos de NdC, bem como resumos de comunicações, foram descartados.

Os trabalhos analisados foram identificados a partir de uma busca abrangente em todas as quatorze edições do ENPEC, sem restrição a eixos temáticos ou áreas específicas, visando garantir o mapeamento mais amplo possível e minimizando possíveis perdas durante a busca. Uma dificuldade encontrada durante nossa pesquisa derivou-se do fato que os repositórios das quatorze edições do ENPEC serem diferentes entre si - principalmente levando em conta as limitações técnicas dos sites das primeiras edições. As ferramentas de busca de todos os anais

são igualmente limitadas, não possibilitando o uso de operadores Booleanos e localização de palavras exatas (com exceção do site da edição V).

Majoritariamente, foram utilizadas as barras de pesquisa dos sites dos anais, juntamente com o atalho da ferramenta de busca do navegador (Ctrl + F), aplicando uma combinação de termos estratégicos para localizar os trabalhos mais relevantes. A equação de pesquisa foi definida com base nos objetivos da investigação, que visava identificar produções que articulassem explicitamente a NdC e a FMC no contexto do ensino de Física na educação básica. Assim, os termos utilizados incluíram: “Natureza da Ciência” (e variações como Epistemologia ou História e Filosofia da Ciência), “Física Moderna e Contemporânea”, “Ensino de Física” e “Educação Básica” (ou Ensino Médio).

Após a triagem inicial, a (ii) avaliação da qualidade dos estudos selecionados se torna um passo fundamental. Esse processo envolve uma análise crítica da robustez metodológica dos artigos, buscando garantir que apenas estudos envolvendo a temática da investigação compõem o corpus de pesquisa. Diferentes instrumentos podem ser usados nesta etapa, tais como checklists e escalas de avaliação, que verificam aspectos como a precisão dos objetivos, a adequação da metodologia, a confiabilidade dos resultados e a relevância para a questão de pesquisa.

Tal avaliação envolveu a leitura integral dos trabalhos, observando a clareza na exposição dos objetivos, a pertinência da metodologia adotada, a coerência entre análise e resultados e, especialmente, a abordagem explícita dos aspectos de NdC e FMC. Essa etapa permitiu selecionar, de maneira mais rigorosa, os estudos que efetivamente contribuiriam para os objetivos da investigação, resultando na identificação de 11 artigos que atendiam plenamente aos critérios estabelecidos.

A (iii) extração de dados corresponde à sistematização das informações dos estudos selecionados, durante a construção de uma base de evidências consistente e organizada. A remoção deve ser conduzida com rigor, minimizando a possibilidade de visões de interpretação e garantindo a fidelidade das informações coletadas. Nessa etapa, foram construídas fichas de leitura contendo dados como ano de publicação, autores, objetivos do estudo, abordagem da NdC, área da FMC abordada, tipo de estudo (teórico ou empírico) e estratégias didáticas empregadas.

Por fim, foi realizada a (iv) análise de conteúdo, fundamentada na metodologia proposta por Bardin (1977), que se baseia nos seguintes passos: A pré-análise, que consistiu na leitura flutuante dos trabalhos selecionados nos anais do ENPEC, foi a etapa responsável pela familiarização com os conhecimentos e pela identificação de padrões preliminares contidos nas pesquisas encontradas/foi a etapa designada para a familiarização com os conhecimentos e para a identificação de padrões preliminares contidos nas pesquisas encontradas. Nessa fase, analisa-se os trabalhos que articulavam a Física Moderna e Contemporânea (FMC) com a Natureza da Ciência (NdC), publicados entre os anos de 1997 e 2023, analisando assim da primeira edição do ENPEC até sua última edição. Também foram definidas as categorias *a priori* com base na literatura especializada (Martins, 2015; Oreskes, 2019), conforme descrito anteriormente.

Já na fase de exploração do material, os textos foram organizados e sistematizados em planilhas e submetidos à codificação manual, sendo as unidades de análise construídas por trechos dos artigos (títulos, objetivos, fundamentações teóricas, metodologias e conclusões) que apresentavam conteúdos relacionados aos aspectos da NdC e às áreas da FMC. Esse processo foi classificado conforme as categorias previamente definidas, permitindo mapear a presença e a forma de mobilização dos aspectos da NdC nos diferentes contextos didáticos abordados.

Na etapa de tratamento dos resultados, inferência e interpretação, foram organizados os dados codificados por frequência e recorrência das categorias, analisando-se tendências, lacunas e abordagens recorrentes. Essa etapa permitiu estabelecer relações entre os aspectos mais valorizados da NdC, as áreas da FMC mais abordadas e o uso (ou ausência) de referenciais epistemológicos explícitos. A interpretação dos dados foi conduzida com base no referencial teórico adotado, possibilitando uma leitura crítica das produções apresentadas no ENPEC e subsidiando as conclusões desta pesquisa.

A análise permitiu identificar padrões nas abordagens dos artigos, recorrências conceituais, lacunas nas temáticas tratadas e tendências de pesquisa ao longo do tempo. A opção por uma abordagem qualitativa possibilitou não apenas sintetizar os dados, mas também interpretá-los em profundidade, contribuindo para a compreensão dos sentidos atribuídos à NdC e à FMC nas produções analisadas.

Esse processo envolve a avaliação da qualidade dos estudos, a extração de informações e a síntese dos resultados encontrados (Ramos; Faria; Faria, 2014; Donato, Donato, 2019). Dessa forma, essa abordagem permite a identificação de padrões, lacunas e tendências nas pesquisas existentes, proporcionando uma visão abrangente e fundamentada do estado atual do conhecimento, permitindo indicar novos rumos para futuras pesquisas e identificando quais métodos foram utilizados em uma área (Barco Rojas et al., 2022).

A análise foi conduzida com base nas seguintes questões que orientaram a investigação e contribuíram para a definição das categorias *a priori*: quais os aspectos de NdC mais valorizados entre as publicações? Quais áreas da FMC são mais frequentes? Há referenciais epistemológicos nas publicações? Para responder à presente questão, foram adotadas categorias *a priori* que contemplam diferentes dimensões do fazer científico, sendo elas: (i) a ciência como um processo realizado por sujeitos humanos e historicamente situado; (ii) o conhecimento como provisório, sujeito a mudanças e reconfigurações, podendo ser reformulado à medida que surgem novos dados ou instrumentos mais precisos; (iii) a experimentação e a observação como parte do processo da prática científica, não tratadas como um fetiche — embora medir, comparar e testar sejam fundamentais, reconhece-se que os experimentos não falam por si mesmos e demandam interpretação; e (iv) a presença de controvérsias e do processo de convencimento da comunidade científica — longe de seguir uma trajetória linear, a ciência avança por meio de debates, refutações e acordos temporários. Nesse sentido, valorizam-se trabalhos que abordam disputas por hegemonia entre diferentes correntes de pensamento científico. Essas categorias orientaram a análise das publicações, permitindo identificar quais concepções da Natureza da Ciência (NdC) estão mais presentes e de que forma são mobilizadas nos contextos didáticos (Martins, 2015; Oreskes, 2019).

Resultados

Os trabalhos encontrados configuram-se em seis propostas de intervenção, três análises de livros didáticos e dois relatos de experiência, dispostos na Tabela 1.

Tabela 1 – Corpus de análise: trabalhos do ENPEC que abordam NdC e FMC no ensino de Física

Título	Autores	Ano	Edição do ENPEC
O ensino de física moderna na escola média: os modelos e o realismo científico na sala de aula	Brockington, G. & Pietrocola, M.	2005	V
Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: o universo teve um começo ou sempre existiu?	Bagdonas, A. & Silva, C.	2009	VII
A apropriação do termo “quântico”: utilizando a Natureza da Ciência para desmistificar a visão pseudocientífica da mecânica quântica	Costa, T., Reis, J., & Guerra, A.	2011	VIII
Controvérsia histórica: Uma possibilidade para problematização a respeito de aspectos de natureza da ciência	Gurgel, I., Bagdonas, A., Velasquez, F., Fabrício, V., & Noronha, A.	2013	IX
O Ensino sobre a Natureza da Ciência através de Tópicos de Cosmologia: Análise de uma Proposta Didática Utilizando Jogos	Oliveira, F. & Guerra, A.	2013	IX
Recepção de um material didático sobre a natureza da ciência, em uma abordagem plural	Arthury, L. & Terrazzan, E.	2015	X
A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação	Arthury, L. & Terrazzan, E.	2017	XI
Imagens deformadas sobre a natureza da ciência no conteúdo de Relatividade Especial nos livros didáticos do PNLD-2018	Nunes, R. & Queirós, W.	2019	XII
A Natureza da Ciência a partir do artigo de Einstein de 1905 acerca da quantização do campo de radiação.	Soares, J. & Martins, A.	2019	XII
Concepções sobre a Natureza da Ciência na Abordagem do Efeito Fotoelétrico nos Livros Didáticos do PNLD 2018: um olhar a partir da teoria da transposição didática	Thiara, A., Batista, L., Batista, C., & Siqueira, M.	2023	XIV
A Teoria Cosmológica do Big Bang e a Natureza da Ciência nos Livros Didáticos de Física	Batista, L., Thiara, A., Batista, C., & Siqueira, M.	2023	XIV

Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Na análise inicial, observa-se que o primeiro trabalho relacionado ao tema só aparece em 2005, o que evidencia uma lacuna nas quatro primeiras edições do evento. Esse cenário pode ser compreendido à luz do contexto histórico e das discussões teóricas da época. Até o início dos anos 2000, os debates sobre a inserção da FMC na educação básica estavam

centrados em justificativas para sua inclusão nos currículos (Carvalho; Vannucchi, 1996; Ostermann; Moreira, 2000). Somente a partir dessa década, com o respaldo de documentos como os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2002), é que as discussões ganharam força, abrindo espaço para investigações mais sistemáticas sobre abordagens pedagógicas e epistemológicas voltadas à FMC.

Por outro lado, percebe-se um discreto crescimento das publicações nas últimas edições do evento, com exceção da edição de 2021. Isto pode indicar um maior interesse da comunidade acadêmica em explorar o tema e investigar estratégias para a sua implementação, o que reflete tanto a consolidação do entendimento sobre a importância da FMC na educação básica quanto o avanço nas discussões metodológicas sobre como abordá-la de maneira efetiva no ensino de Física.

A mecânica quântica foi o tema de FMC mais explorado, aparecendo em quatro estudos. Em seguida, destacam-se Cosmologia/Astrofísica e Relatividade, cada um abordado em três investigações. Já a Física de Partículas Elementares foi tratada em apenas um. Em vários desses estudos, são abordados mais de um aspecto de NdC, que serão discutidos a seguir.

A controvérsia histórica destacou-se como o primeiro aspecto analisado nesta discussão sobre a NdC, apresentando-se como elemento central nas propostas de Bagdonas e Silva (2009) e Oliveira e Guerra (2013) e como elemento secundário no trabalho de Soares e Martins (2019).

Bagdonas e Silva (2009) propõem a utilização do episódio da controvérsia histórica entre a teoria do Big Bang e a teoria do Estado Estacionário, visando apresentar, em sala de aula, os caminhos e as implicações epistemológicas que envolvem a atual aceitação desta primeira na comunidade científica.

Oliveira e Guerra (2013) utilizam o recurso da controvérsia histórica ao redor dos estudos dos raios catódicos no final do século XIX, disputada por físicos como Thomson, defensor da ideia descontínua da matéria de que os raios catódicos eram partículas materiais ("corpúsculos"), e Lenard e Hertz, físicos alemães, que defendiam que os raios eram ondas propagadas no éter, uma visão mais contínua da matéria. Soares e Martins (2019) versam sobre a divergência entre as teorias ondulatória e corpuscular da luz, que foi ressignificada

após a aceitação do trabalho de Einstein, minimizando críticas à visão corpuscular e ilustrando a transformação e integração das teorias científicas ao longo do tempo.

O processo de modelagem e os modelos científicos aparecem como elementos de destaque em diferentes estudos analisados, revelando sua importância para compreender a construção do conhecimento científico. Embora tenha a controvérsia histórica como elemento central em sua proposta didática, Bagdonas e Silva (2009) também abordam a construção de modelos científicos e simplificações como elemento importante a ser destacado no episódio do Estado Estacionário e Teoria do Big Bang. Os autores destacaram como a modelagem foi essencial para idealizar e sintetizar os estudos astronômicos.

Oliveira e Guerra (2013) também exploraram o processo de modelagem ao abordar a disputa sobre os raios catódicos. O trabalho aponta como diferentes interpretações teóricas – corpuscular e ondulatória – foram sustentadas por modelos científicos concorrentes. Esses modelos não apenas refletiam dados experimentais, mas também incorporaram as visões de mundo e os pressupostos epistemológicos de seus proponentes, evidenciando o caráter construtivo e contextual da modelagem científica.

Brockington e Pietrocola (2005) apresentaram uma proposta didática explicitamente centrada no processo de modelagem, com foco na dualidade onda-partícula. Em uma atividade prática, os autores destacaram como a Ciência utiliza modelos para interpretar fenômenos, em especial os contra-intuitivos fenômenos da Mecânica Quântica. Essa abordagem evidencia o papel dos modelos como ferramentas de mediação entre teoria e realidade, permitindo tanto a compreensão quanto a comunicação de conceitos complexos.

O papel colaborativo na ciência foi abordado de forma implícita e explícita em alguns dos trabalhos analisados, evidenciando a relevância da interação entre cientistas e a interdependência de esforços individuais e coletivos para o avanço do conhecimento. Oliveira e Guerra (2013) destacaram como o debate entre físicos ingleses e alemães refletia as divergências científicas e as disputas filosóficas e nacionalistas. Essa dinâmica colaborativa e competitiva contribuiu para o refinamento das teorias, mostrando que o progresso científico é frequentemente impulsionado pelo confronto de ideias em um contexto coletivo.

Soares e Martins (2019) salientaram que a teoria de Einstein se baseava em trabalhos anteriores e na integração de conhecimentos produzidos por outros cientistas. Apesar de Einstein ser frequentemente retratado como um “gênio” isolado, o trabalho enfatiza que sua

contribuição foi construída sobre um corpo de trabalho colaborativo. Gurgel et al. (2013) abordaram o aspecto colaborativo em sua sequência didática ao problematizar a visão tradicional do cientista como um indivíduo isolado, destacando que o progresso em Cosmologia Relativística resultou de interações entre cientistas, debates em conferências, trocas de ideias e críticas mútuas.

A ciência como um fenômeno não-neutro e imerso em um contexto histórico-social foi um elemento de destaque em várias das análises realizadas, evidenciando como fatores sociais, culturais e políticos influenciam não apenas os processos de produção do conhecimento, mas também as teorias e práticas científicas. Oliveira e Guerra (2013) abordaram a questão ao discutir a controvérsia sobre os raios catódicos, destacando como as disputas entre cientistas ingleses e alemães no final do século XIX foram moldadas por dimensões nacionalistas, revelando que o conhecimento científico não é produzido de maneira isolada, mas é profundamente impactado pelo contexto histórico e cultural dos cientistas.

Gurgel et al. (2013) também problematizam a ideia de cientistas alheios a influências externas ao destacar que o conhecimento científico está imerso em um contexto social, político e cultural. O objetivo da sequência didática era mostrar que a ciência não é uma prática livre de influências externas, mas é moldada por debates ideológicos e interesses da sociedade, que podem ser tanto conscientes quanto inconscientes. A análise dos debates sobre a cosmologia relativística entre 1914 e 1939, por exemplo, revelou como as escolhas teóricas e as inovações científicas foram influenciadas por contextos históricos e sociopolíticos específicos.

As obras de Bagdonas e Silva (2009), Oliveira e Guerra (2013) e Soares e Martins (2019) articulam o caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico ao destacar como teorias amplamente aceitas são revisáveis e podem ser modificadas ou substituídas com o tempo, à medida que novos dados e evidências surgem. A evolução das explicações sobre a origem do universo, a natureza dos raios catódicos e a compreensão da luz indica como a ciência está em constante processo de adaptação, com teorias sendo refinadas ou desafiadas por novas descobertas, evidenciando que o conhecimento científico é sempre provisório e sujeito à revisão.

Oliveira e Guerra (2013), ao explorarem os estudos sobre os raios catódicos, enfatizaram como as observações experimentais influenciaram a validação e a rejeição de

hipóteses concorrentes. As experiências realizadas no final do século XIX forneceram evidências que reforçaram visões distintas sobre a natureza da matéria, ora favorecendo a concepção corpuscular, ora sustentando a perspectiva ondulatória. O trabalho destaca que os resultados experimentais não apenas resolveram questões, mas também geraram novas perguntas.

Por outro lado, Soares e Martins (2019) propuseram uma reflexão sobre a ausência de atividades empíricas, pelo fato de o trabalho de Einstein ser uma teoria heurística, ou seja, sem presença de atividades empíricas diretas na formulação da teoria. Ainda assim, os autores destacaram como a observação de fenômenos já conhecidos, como a radiação de corpo negro e a fluorescência, foi reinterpretada à luz de novos modelos teóricos, mostrando que a observação na ciência não se limita à coleta de dados, mas inclui a ressignificação de evidências à medida que teorias evoluem.

Ao analisar os livros didáticos do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2018, Nunes e Queirós (2019), Thiara et al. (2023) e Batista et al. (2023) evidenciam a ausência de aspectos NdC, o que resulta na presença de visões distorcidas sobre o trabalho científico. Os autores investigaram como os temas Relatividade Especial, Efeito Fotoelétrico e Teoria do Big Bang são abordados nos livros, baseando-se no referencial teórico de Gil-Pérez et al. (2001). Nunes e Queirós (2019), ao analisarem a Relatividade Especial, apontam que os livros didáticos apresentam uma visão a-problemática e a-histórica, tratando a experiência de Michelson e Morley de forma superficial, sem explorar as dificuldades e os desafios envolvidos, além de omitir a colaboração de outros cientistas, promovendo uma visão elitista e individualista da ciência. Thiara et al. (2023) identificaram, ao tratar do Efeito Fotoelétrico, uma falta de discussão sobre o caráter dinâmico e provisório do conhecimento científico, ao apresentar a teoria de Einstein de maneira descontextualizada e sem problematizar as controvérsias e revisões que surgiram ao longo do tempo. Batista et al. (2023), ao analisarem a Teoria do Big Bang, ressaltaram como a abordagem dos livros ignora a natureza revisável das teorias científicas e os debates históricos em torno da teoria, refletindo uma visão de ciência como algo estático e imutável. Essas ausências e distorções contribuem para uma visão socialmente neutra da ciência e apresenta a ciência de maneira desconectada de seu contexto histórico e social, promovendo imagens simplificadas e distorcidas da prática científica.

Os aspectos de NdC levantados nestas publicações contemplam tanto a dimensão epistemológica quanto sociológica e histórica da Ciência (Martins, 2015). A dimensão epistemológica é alcançada nos trabalhos em aspectos NdC que envolvem a origem, a produção, a validação e a natureza do conhecimento científico. Ao abordarem modelagem, papel das observações e controvérsias históricas, os estudos analisados destacam como as teorias científicas são formuladas, debatidas e, eventualmente, revisadas à luz de novas evidências, reforçando a visão da ciência como um processo dinâmico e provisório.

A dimensão sociológica e histórica da ciência também é explorada nos trabalhos que discutem o papel colaborativo na produção do conhecimento e que contemplam a Ciência como parte de uma cultura mais ampla. A interação entre cientistas, as disputas intelectuais e até mesmo os fatores políticos e ideológicos são elementos que influenciam o avanço da ciência, desmistificando a visão do cientista como um gênio isolado e reforçando a ideia de que o progresso científico resulta de esforços coletivos. Os trabalhos destacam o fato de que a Ciência não se desenvolve de maneira linear ou desvinculada de seu tempo, mas sim em constante interação com fatores externos que moldam as direções da pesquisa científica.

A análise das obras não permite constatar uma predominância de referenciais epistemológicos, pois apenas três delas os utilizam de forma clara. Costa, Reis e Guerra (2011) baseiam-se em Karl Popper e Thomas Kuhn para apontarem o caráter pseudocientífico presente em obras literárias que tratam o termo “quântico”, destacando a ausência de falseabilidade e paradigmas aceitos como critérios centrais. Arthur e Terrazzan (2015; 2017) integram as epistemologias de Popper, Lakatos e Feyerabend para abordar a evolução das teorias gravitacionais em um material didático, empregando conceitos como teste de hipóteses, força heurística, escolha entre teorias rivais e racionalidade limitada. Os elementos das teorias de Popper e Lakatos orientam os momentos dedicados ao teste e à escolha teórica, enquanto a ideia de dadaísmo da teoria de Feyerabend explora os limites da racionalidade científica. Essas abordagens oferecem caminhos para discutir a NdC, seja pela crítica ao pseudocientífico ou pela evolução teórica na ciência.

Considerações finais

A presente investigação teve como objetivo investigar as produções que articulam Física Moderna e Contemporânea (FMC) e Natureza da Ciência (NdC) ao longo da história

do ENPEC. A revisão sistemática confirma um crescimento gradual dessas discussões ainda tímido, mas revelador de um movimento que busca inserir os conteúdos de FMC de modo historicamente contextualizado, epistemologicamente fundamentado e socialmente situado.

À luz das quatro categorias que nortearam nossa análise - a saber: ciência como empreendimento humano e histórico, conhecimento provisório e passível de revisão, experimentação e observação entendidas como práticas interpretativas e controversias e negociações que conduzem aos consensos científicos - percebemos avanços e lacunas.

No eixo ciência como processo humano, a maioria dos trabalhos destaca biografias ou contextos sociopolíticos, mas ainda carece de análises que discutam como esses aspectos influenciam escolhas metodológicas e conclusões. Já no eixo conhecimento provisório, poucos estudos exploram explicitamente revisões conceituais, prevalecendo a apresentação de teorias como resultados prontos, o que sugere a necessidade de enfatizar a reversibilidade do saber científico. Quanto à experimentação e à observação interpretadas, observamos um esforço para valorizar a prática investigativa em sala de aula, embora, às vezes, ainda se trate o experimento como simples comprovação e não como parte de um diálogo contínuo entre teoria e evidência. Por fim, a categoria controversias e consenso aparece sobretudo em sequências didáticas sobre cosmologia e mecânica quântica, mas é pouco explorada em temas de Física de Partículas justamente a área menos representada entre os artigos analisados.

Essas tendências reforçam duas lacunas principais. A primeira é a escassez de trabalhos que integrem Física de Partículas Elementares à NdC, evidenciando a oportunidade de ampliar materiais e estratégias didáticas nesse campo. A segunda é a limitada presença de referenciais epistemológicos explícitos como Popper, Kuhn, Lakatos ou Feyerabend, sugerindo, dessa forma, a urgência de aprofundar o suporte teórico das propostas pedagógicas. Como caminhos promissores, os resultados indicam a elaboração de módulos que unam episódios históricos à discussão dos quatro eixos da NdC, aqui destacados o desenvolvimento de recursos didáticos que mostrem passo a passo a reversibilidade do conhecimento e o papel interpretativo da experimentação e o incentivo a atividades que exponham controversias reais sobretudo em Física de Partículas, permitindo que os estudantes vivenciem o processo de negociação de consensos científicos.

Recomendamos ainda programas de formação docente que proponham uma abordagem crítica da NdC, reforçando que a ciência é simultaneamente humana, histórica,

provisória e atravessada por debates. Dar visibilidade sistemática a essas dimensões não só enriquece o ensino de Física, mas contribui para uma educação científica que compreenda o conhecimento como construção dinâmica ancorada na realidade sociocultural dos sujeitos que o produzem.

Agradecimentos e apoios

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia, a UESC e ao CNPq pelo apoio financeiro.

Referências

ABD-EL-KHALICK, Fouad. Examining the sources for our understandings about science: Enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education. **International Journal of Science Education**, Washington, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.

ADÚRIZ-BRAVO, A.; ALZATE QUINTERO, G. C.; PUJALTE, A. P.; ALZATE, Óscar E. T. Concepções de ensino sobre a natureza da ciência: obstáculos epistemológicos que aparecem entre os professores de ciências. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, Itapetininga, p. e023004, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/872>. Acesso em: 23 jan. 2025.

ALLCHIN, Douglas. Evaluating knowledge of the nature of (whole) Science. **Science Education**, Washington, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ARTHURY, L.; TERRAZZAN, E. Recepção de um material didático sobre a natureza da ciência, em uma abordagem plural. **X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – X ENPEC**, Águas de Lindóia, 2015.

ARTHURY, L.; TERRAZZAN, E. A Natureza da Ciência na escola por meio de um material didático sobre a Gravitação. **XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XI ENPEC**, Florianópolis, 2017.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

BAGDONAS, A.; SILVA, C. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: o universo teve um começo ou sempre existiu. **VII Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências – VII ENPEC**, Florianópolis, 2009.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.



BARCO ROJAS, C. A.; YAEGASHI, S. F. R.; OLIVEIRA, T.; OSORIO ACEVEDO, L. E. Aprendizagem baseada em problemas para o ensino de matemática: uma revisão sistemática. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, Itapetininga, v. 3, p. e022011, 2022. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/819>. Acesso em: 21 fev. 2025.

BATISTA, C.A.S; SIQUEIRA, M. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.34, n.3, p. 880-902, dez. 2017.

BATISTA, L. et al. A Teoria Cosmológica do Big Bang e a Natureza da Ciência nos Livros Didáticos de Física. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XIV ENPEC**, Caldas Novas, 2023.

BOGDAN, R; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto editora, 1994.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão quais as regras de transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigação em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.10, p. 387-404, 2005.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. O ensino de física moderna na escola média: os modelos e o realismo científico na sala de aula. **V Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências – V ENPEC**, Bauru, 2005.

CACHAPUZ, A. Educação em ciências: pensar o todo. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, Itapetininga, p. e023006, 2023. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/933>. Acesso em: 23 jan. 2025.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; VANNUCCHI, Andréa. O CURRÍCULO DE FÍSICA: INOVAÇÕES E TENDÊNCIAS NOS ANOS NOVENTA. **Investigações em ensino de ciências**, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 3-19, 1996.

COSTA, T. T.; REIS, J. C.; GUERRA, A. A apropriação do termo “quântico”: utilizando a Natureza da Ciência para desmistificar a visão pseudocientífica da mecânica quântica. **VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências – VIII ENPEC**, Rio de Janeiro, 2011.

COHEN, L; MANION, L; MORRISON, K. The nature of enquiry: Setting the field. In: **Research methods in education**. London: Routledge, 2017.

DONATO, H; DONATO, M. Etapas na condução de uma revisão sistemática. **Acta Med Port**, Lisboa, v. 32, n. 3, pág. 227-235, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.20344/amp.11923>



FORATO, T.C.M., MARTINS, A. R.; PIETROCOLA, M. História e Natureza da Ciência no Ensino Médio: Construindo Parâmetros para Orientar Materiais e Estratégias Educacionais. **Sci & Educ**, Washington, 21, 657–682 (2012). <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9419-3>.

GIL-PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 7, p. 125-153, 2001.

GOUGH, D.; OLIVER, S.; THOMAS, J. **Learning from research: systematic reviews for informing policy decisions**. London: Nesta, 2013.

GURGEL, I. et al. O Ensino sobre a Natureza da Ciência através de Tópicos de Cosmologia: Análise de uma Proposta Didática Utilizando Jogos. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**, Águas de Lindóia, 2013.

RAMOS, A.; FARIA, P. M.; FARIA, A. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 17–36, jan./abr. 2014. DOI: <https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.14.041.DS01>.

LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica. **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências – VII ENPEC**. Florianópolis, 2009.

LEDERMAN, Norman G. Students' and teachers' conceptions of the nature of science: A review of the research. **Journal of research in science teaching**, London, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.

LEDERMAN, M.; VALDEZ, H. Immune restoration with antiretroviral therapies: implications for clinical management. **Jama**, Chicago, v. 284, n. 2, p. 223-228, 2000.

LEDERMAN, Daniel. **Natural resources: neither curse nor destiny**. Stanford University Press, 2007.

MATTHEWS, Michael R. Thomas Kuhn e educação científica: aprendendo com o passado e a importância da história e da filosofia da ciência. **Science Education**, Sydney v. 33, n. 3, p. 609-678, 2024.

MATTHEWS, Michael R. O impacto de Thomas Kuhn na educação científica: Que lições podem ser aprendidas? **Science Education**, Sydney, v. 88, n. 1, p. 90-118, 2004.

MATTHEWS, M. R. Changing the focus: from nature of science to features of science. In: M. S. Khine (Ed.) **Advances in nature of science research**. Dordrecht: Springer. 2012.

MARTINS, A. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MCCOMAS, W.; ALMAZROA, H; CLOUGH, M. The nature of science in science education: An introduction. **Science Education**, Washington, v. 7, p. 511-532, 1998.

MILNITSKY, R. **Epistemologia e currículo: reflexões sobre a ciência contemporânea em busca de um novo olhar para a Física de Partículas Elementares**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.

MOURA, B. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da ciência**, Rio de Janeiro v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

NUNES, R.; QUEIRÓS, W. Imagens deformadas sobre a natureza da ciência no conteúdo de Relatividade Especial nos livros didáticos do PNLD-2018. **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC**, Natal, 2019.

OLIVEIRA, Daniel Souza; SIQUEIRA, Maxwell. A Física de Partículas em Livros Didáticos aprovados no PNLD 2018 e 2021: Uma análise a partir da Transposição Didática. **Experiências em Ensino de Ciências**, Curitiba v. 18, n. 4, p. 412-424, 2023.

ORESQUES, N. **Why Trust Science?** NJ: Princeton University Press, 2019.

OSBORNE, J. What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of research in science teaching**, London, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

OLIVEIRA, F.; GUERRA, A. Controvérsia Histórica: uma possibilidade para problematização a respeito de aspectos de Natureza da Ciência. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC**, Águas de Lindóia, 2013.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, MA Física contemporânea na escola secundária: uma experiência na aula envolvendo a formação de professores. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v.18, n.3, p. 391-404, 2000.

PEDUZZI, L. Sobre a solução de problemas no ensino de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.14, n.3, p. 229-253, 1997.

PEDUZZI, L. Um texto de mecânica em nível universitário básico: conteúdo programático e receptividade à seu uso em sala de aula. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 21-45, 1998.

PEDUZZI, L. O. Q; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRRN, 2012.

PEREIRA, A.P; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.14, n.3, p. 393-420, 2009. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/349> . Acesso em: 17 fev. 2022.

RAMOS, A.; FARIA, P. M.; FARIA, Á. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em ciências da educação. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 14, n. 41, p. 17-36, 2014.

ROTTA, J. C. G.; NASCIMENTO, T. S.; GÓIS, V. N.; AMOR, A. K. de O. A humanização do ensino de ciências: estado da arte no contexto nacional. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, Itapetininga, v. 3, p. e022009, 2022. Disponível em: <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/810>. Acesso em: 23 jan. 2025.

SANTOS, W. L. P. Educação científica na perspectiva de letramento como prática social: funções, princípios e desafios. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 36, p. 474-492, set./dez. 2007.

SIQUEIRA, M. **Professores de Física em contexto de inovação curricular: saberes docentes e superação de obstáculos didáticos no ensino de Física Moderna e Contemporânea**. Tese (Doutorado em Educação). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA, Y.; MONTANHA, L.; SIQUEIRA, M. Aceleradores e detectores de partículas no ensino médio: uma sequência de ensino-aprendizagem. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v.37, n.2, p. 1-31, nov. 2020.

SILVA, C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para a aplicação no ensino**. Editora Livraria da Física, 2006.

SOARES, J.; MARTINS, A. A Natureza da Ciência a partir do artigo de Einstein de 1905 acerca da quantização do campo de radiação. **XII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XII ENPEC**, Natal, 2019.

TERRAZZAN, EA. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TEIXEIRA, E; GRECA, I; FREIRE, O. The history and philosophy of science in physics teaching: A research synthesis of didactic interventions. **Science & Education**, Washington v. 21, p. 771-796, 2012.

THIARA, AC et al. Transposição Didática: a radiação do corpo negro nos livros didáticos do PNLD 2018. **Latin American Journal of Physics**, Puebla, v.16, n.1, mar. 2022.

THIARA, A. C. et al. Concepções sobre a Natureza da Ciência na Abordagem do Efeito Fotoelétrico nos Livros Didáticos do PNLD 2018: um olhar a partir da teoria da transposição didática. **XIV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – XIV ENPEC**, Caldas Novas, 2023.