

O ENSINO INVESTIGATIVO DA LEI INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO

INQUIRY-BASED TEACHING OF ELECTROMAGNETIC INDUCTION IN HIGH SCHOOL

ENSEÑANZA INVESTIGATIVA DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA

 <https://doi.org/10.56238/arev8n3-078>

Data de submissão: 17/02/2026

Data de publicação: 17/03/2026

Tiago Martins Moura

Doutorando em Ensino

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: tiagomartins@uern.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-6530-9530>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5973953696152510>

Cristiane de Carvalho Ferreira Lima Moura

Doutora em Ensino de Ciências e Matemática

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: cristianecarvalho@ufersa.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-0988-3623>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3795214129484005>

Maria Goretti Silva

Mestra em Educação

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: goretti@ufersa.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-1634-9771>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5377779592860241>

Natália Rocha Celedonio

Doutoranda em Ensino

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: nataliarocha@ufersa.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0009-0001-1212-5949>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3321690740706983>

Lidiane Martins Moura Ferreira

Doutora em Fitotecnia

Instituição: Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: lidiane.martins@ufersa.edu.br

Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-1125-524X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0074391587319803>

RESUMO

A permanência de práticas tradicionais no ensino de Física, frequentemente centradas na transmissão de conteúdos e na aplicação mecânica de fórmulas, ainda dificulta a compreensão conceitual de temas fundamentais como a Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio. Em consonância com as orientações da Base Nacional Comum Curricular, torna-se necessário discutir abordagens pedagógicas que favoreçam a investigação, a contextualização e a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento científico. Nesse contexto, este artigo tem como objetivo discutir objetivamente os fundamentos teóricos e didáticos para o ensino da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio e apresentar uma proposta de ensino investigativo articulada a elementos da História e Filosofia da Ciência, às relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente e ao uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação. Trata-se de um estudo de natureza teórico-bibliográfica e propositiva no qual é sistematizada uma organização didática estruturada a partir de uma situação-problema envolvendo tecnologias como usinas geradoras, transformadores, carregadores por indução e a lanterna de Faraday. A proposta mobiliza conhecimentos prévios dos estudantes, promove a formulação e o confronto de hipóteses e conduz à sistematização conceitual da relação entre variação do fluxo magnético e geração de corrente elétrica, articulando conceitos físicos a aplicações tecnológicas do cotidiano. Como resultado, delineia-se uma organização pedagógica coerente com as orientações curriculares vigentes, capaz de favorecer a compreensão conceitual da Lei de Indução Eletromagnética e o desenvolvimento da argumentação científica. Conclui-se que o ensino investigativo, integrado a estratégias de avaliação formativa, contribui para tornar o estudo da Lei de Indução Eletromagnética mais significativo, contextualizado e formativamente relevante no Ensino Médio.

Palavras-chave: Indução Eletromagnética. Ensino de Física. Ensino Médio. Ensino Investigativo.

ABSTRACT

The persistence of traditional practices in Physics education, often centered on content transmission and the mechanical application of formulas, still hinders the conceptual understanding of fundamental topics such as the Law of Electromagnetic Induction in High School. In accordance with the guidelines of the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC), it becomes necessary to discuss pedagogical approaches that promote investigation, contextualization, and the active participation of students in the construction of scientific knowledge. In this context, this article aims to objectively discuss the theoretical and didactic foundations for teaching the Law of Electromagnetic Induction in High School and to present an inquiry-based teaching proposal articulated with elements of the History and Philosophy of Science, the relationships between Science, Technology, Society and Environment, and the use of Digital Information and Communication Technologies. This study is theoretical-bibliographic and propositional in nature, in which a didactic organization structured around a problem situation involving technologies such as power plants, transformers, induction chargers, and the Faraday flashlight is systematized. The proposal mobilizes students' prior knowledge, promotes the formulation and confrontation of hypotheses, and leads to the conceptual systematization of the relationship between the variation of magnetic flux and the generation of electric current, articulating

physical concepts with everyday technological applications. As a result, a pedagogical organization consistent with current curricular guidelines is outlined, capable of fostering the conceptual understanding of the Law of Electromagnetic Induction and the development of scientific argumentation. It is concluded that inquiry-based teaching, integrated with formative assessment strategies, contributes to making the study of the Law of Electromagnetic Induction more meaningful, contextualized, and educationally relevant in High School.

Keywords: Electromagnetic Induction. Physics Education. High School. Inquiry-Based Teaching.

RESUMEN

La permanencia de prácticas tradicionales en la enseñanza de la Física, frecuentemente centradas en la transmisión de contenidos y en la aplicación mecánica de fórmulas, aún dificulta la comprensión conceptual de temas fundamentales como la Ley de Inducción Electromagnética en la Educación Secundaria. En consonancia con las orientaciones de la Base Nacional Común Curricular de Brasil (BNCC), se vuelve necesario discutir enfoques pedagógicos que favorezcan la investigación, la contextualización y la participación activa de los estudiantes en la construcción del conocimiento científico. En este contexto, este artículo tiene como objetivo discutir de manera objetiva los fundamentos teóricos y didácticos para la enseñanza de la Ley de Inducción Electromagnética en la Educación Secundaria y presentar una propuesta de enseñanza investigativa articulada con elementos de la Historia y Filosofía de la Ciencia, las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente y el uso de Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación. Se trata de un estudio de carácter teórico- bibliográfico y propositivo en el que se sistematiza una organización didáctica estructurada a partir de una situación-problema relacionada con tecnologías como centrales generadoras de energía, transformadores, cargadores por inducción y la linterna de Faraday. La propuesta moviliza los conocimientos previos de los estudiantes, promueve la formulación y confrontación de hipótesis y conduce a la sistematización conceptual de la relación entre la variación del flujo magnético y la generación de corriente eléctrica, articulando conceptos físicos con aplicaciones tecnológicas del cotidiano. Como resultado, se delimita una organización pedagógica coherente con las orientaciones curriculares vigentes, capaz de favorecer la comprensión conceptual de la Ley de Inducción Electromagnética y el desarrollo de la argumentación científica. Se concluye que la enseñanza investigativa, integrada con estrategias de evaluación formativa, contribuye a hacer el estudio de la Ley de Inducción Electromagnética más significativo, contextualizado y formativamente relevante en la Educación Secundaria.

Palabras clave: Inducción Electromagnética. Enseñanza de la Física. Educación Secundaria. Enseñanza Investigativa.

1 INTRODUÇÃO

A presença da eletricidade na vida contemporânea costuma ser percebida pelos estudantes em sua dimensão prática e cotidiana: energia chegando às residências, aparelhos em funcionamento, carregadores sem fio, motores, transformadores e sistemas de iluminação. No entanto, os princípios físicos que tornam esses processos possíveis nem sempre são compreendidos de forma conceitualmente consistente no espaço escolar. Entre esses princípios, a Lei de Indução Eletromagnética ocupa lugar central, ao explicar como a variação de um campo magnético pode gerar força eletromotriz e corrente elétrica, constituindo base teórica para grande parte das tecnologias de geração, transmissão e conversão de energia.

Apesar de sua relevância, o ensino desse conteúdo no Ensino Médio ainda costuma ser atravessado por abordagens marcadas pela exposição direta de definições, fórmulas e exercícios padronizados que frequentemente restringem a compreensão do fenômeno a uma dimensão algorítmica. Essa dificuldade não se resume ao campo específico da Física, ela se insere em um quadro educacional mais amplo, no qual ainda persistem práticas centradas na transmissão mecânica e descontextualizada de conteúdos, com baixa participação discente e limitada valorização dos saberes prévios (Vygotsky, 1987; Durkheim, 1922). A essa crítica, Freire (1968) denominou esse modelo de educação bancária, enquanto Rubem Alves (2010) destacou seus efeitos na redução da curiosidade, da criatividade e do envolvimento dos estudantes com o conhecimento.

No ensino de Física, esse problema se torna ainda mais sensível quando os conteúdos exigem articulação entre fenômenos, modelos explicativos e aplicações tecnológicas. Nesse sentido, pesquisas da área têm defendido metodologias que favoreçam a participação ativa do estudante, a investigação, argumentação e a construção significativa do conhecimento (Nardi, 2001; Moran, 2000). A mudança de perspectiva desloca o ensino de uma lógica centrada na recepção de respostas prontas para outra em que os conceitos ganham sentido a partir de perguntas, hipóteses, evidências e mediação pedagógica.

As orientações legais e curriculares brasileiras caminham na mesma direção. A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforçam a necessidade de uma educação de qualidade, inclusiva e contextualizada, voltada ao desenvolvimento integral dos estudantes (Brasil, 1996; Brasil, 2018). No âmbito das Ciências da Natureza (Física), a BNCC enfatiza a investigação de fenômenos, argumentação baseada em evidências e a compreensão das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), exigindo um ensino de Física comprometido com a interpretação crítica do mundo e com a construção de significados conceituais.

É nesse cenário que o ensino da Lei de Indução Eletromagnética se mostra particularmente relevante. Trata-se de um conteúdo estruturante para compreender o funcionamento de usinas geradoras de eletricidade, transformadores, motores, carregadores por indução e outros dispositivos presentes no cotidiano. Mais do que introduzir uma lei física, seu ensino possibilita discutir relações entre campos magnéticos variáveis, fluxo magnético, corrente induzida e tecnologia, articulando conceitos científicos a situações concretas que auxiliam o estudante a perceber a Física como linguagem explicativa do mundo.

Entretanto, essa relevância contrasta com dificuldades recorrentes em sua abordagem escolar. Não raramente, a Lei de Indução Eletromagnética é apresentada como expressão matemática a ser memorizada, sem se explorarem suficientemente os problemas experimentais e tecnológicos que lhe dão sentido. Com isso, perde-se a oportunidade de trabalhar o conteúdo como campo privilegiado para investigação, problematização e compreensão das articulações entre teoria física e realidade tecnológica.

Diante desse quadro, ganha força a necessidade de abordagens pedagógicas que favoreçam a mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes, o confronto de hipóteses, a mediação conceitual e a contextualização do conteúdo. O ensino investigativo articulado a elementos da História e Filosofia da Ciência (HFC), relações CTSA e uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) mostra-se particularmente fecundo para o tratamento desse tema, ao permitir integrar explicação física, historicidade do conhecimento e leitura crítica de tecnologias contemporâneas.

Nessa perspectiva, este artigo parte da seguinte questão de pesquisa: de que modo uma abordagem investigativa, articulada a elementos da HFC, às relações CTSA e ao uso pedagógico de TDICs, pode favorecer a compreensão conceitual da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio a partir de situações tecnologicamente contextualizadas?

Em consonância com essa questão, o objetivo deste trabalho é apresentar e sistematizar uma proposta investigativa para o ensino da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio, orientada pela problematização de fenômenos e artefatos tecnológicos do cotidiano, pela mobilização de conhecimentos prévios e pela construção conceitual mediada do conteúdo. De modo mais específico, busca-se evidenciar como essa organização pedagógica pode contribuir para a compreensão da relação entre variação do fluxo magnético, força eletromotriz induzida e geração de corrente elétrica em diálogo com aplicações tecnológicas e com as diretrizes curriculares vigentes.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ENSINO DA LEI DE INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA NO ENSINO MÉDIO E SEUS DESAFIOS CONCEITUAIS

A Lei de Indução Eletromagnética ocupa lugar estratégico no ensino de Física no Ensino Médio por articular conceitos fundamentais do eletromagnetismo e por explicar o funcionamento de tecnologias amplamente presentes no cotidiano, conforme já citado. Apesar dessa relevância, sua abordagem escolar nem sempre favorece uma compreensão conceitual consistente. Em muitas situações, o conteúdo é apresentado de forma excessivamente formal, concentrando-se em equações e exercícios padronizados, dificultando a percepção das relações físicas envolvidas entre variação de fluxo magnético, força eletromotriz induzida e corrente elétrica.

Esse quadro insere-se em um problema mais amplo do ensino de Ciências (Física), marcado pela permanência de práticas transmissivas que reduzem o estudante à condição de receptor de informações. No caso da Lei de Indução Eletromagnética, isso se torna ainda mais evidente quando o fenômeno é tratado apenas como aplicação algébrica, desvinculada das situações experimentais e tecnológicas que lhe dão sentido.

As orientações curriculares brasileiras caminham em outra direção. A BNCC propõe um ensino de Ciências (Física) voltado à investigação de fenômenos, à argumentação baseada em evidências e à compreensão crítica das relações CTSA (Brasil, 2018). Nesse contexto, discutir a Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio implica superar a apresentação mecânica de fórmulas e favorecer abordagens que permitam ao estudante compreender por que a variação do campo magnético ou do fluxo magnético pode produzir corrente elétrica e como esse princípio fundamenta tecnologias contemporâneas.

Desse modo, a principal lacuna didática não se limita à dificuldade matemática do conteúdo, mas envolve a necessidade de reorganizá-lo pedagogicamente de maneira que os estudantes consigam atribuir sentido aos conceitos e relacioná-los a fenômenos observáveis. É nesse ponto que se torna necessária uma fundamentação teórica que articule aprendizagem, problematização, mediação pedagógica e contextualização científica.

2.2 PROCESSOS DE CONSTRUÇÃO CONCEITUAL NO ENSINO DE FÍSICA

A elaboração de propostas didáticas para o ensino da Lei de Indução Eletromagnética requer apoio em referenciais que compreendam a aprendizagem como processo ativo de construção de significados. Ausubel (1985) sustenta que a aprendizagem se torna significativa quando novas informações se relacionam, substantivamente e não arbitrário, aos conhecimentos prévios do

estudante. Essa contribuição é especialmente relevante em conteúdos de Física que envolvem abstração e articulação entre diferentes grandezas, como campo magnético, fluxo, força eletromotriz e corrente induzida.

Piaget (1998) contribui para esse debate ao enfatizar os processos de assimilação e acomodação, entendendo o desenvolvimento cognitivo como movimento de desequilíbrio e reequilíbrio. Em termos didáticos, isso significa reconhecer que os estudantes chegam à sala de aula com interpretações já constituídas sobre eletricidade, magnetismo, movimento e geração de energia, interpretações essas que precisam ser tensionadas para que novas explicações científicas sejam elaboradas. Vygotsky (1987), por sua vez, destaca o papel da mediação social e da linguagem, mostrando que a construção do conhecimento ocorre em interação e que a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) constitui espaço privilegiado para o avanço conceitual.

Essas perspectivas convergem ao afirmar que aprender não significa apenas memorizar definições, mas reorganizar explicações e estabelecer relações entre conceitos, experiências e representações. Como assinala Resnick (1983), a aprendizagem em Ciências (Física) ganha densidade quando o estudante é levado a comparar, justificar, argumentar e revisar suas próprias ideias. No ensino da Lei de Indução Eletromagnética, isso se revela particularmente importante, pois muitos alunos tendem a perceber eletricidade e magnetismo como domínios separados sem reconhecer as condições físicas que permitem sua articulação.

Assim, a construção de sentidos e significados nesse campo depende de situações que permitam aos estudantes formular hipóteses, confrontar explicações intuitivas e compreender progressivamente a lógica do fenômeno. Essa base construtivista oferece, portanto, sustentação para abordagens que valorizem a investigação e a mediação intencional do professor.

2.3 ENSINO INVESTIGATIVO ARTICULADO A ELEMENTOS DA HFC, CTSA E TDICS

No plano didático, o ensino investigativo apresenta-se como alternativa consistente às abordagens centradas na exposição e na repetição de exercícios. Gil-Pérez (1993) e Cachapuz et al. (2005) defendem modelos de ensino organizados em torno de situações-problema nos quais os conhecimentos prévios dos estudantes são mobilizados, as hipóteses são formuladas e confrontadas e o conhecimento científico é progressivamente sistematizado. Nessa perspectiva, o conteúdo não aparece como resposta pronta, mas como construção explicativa que emerge de perguntas, discussões, evidências e mediação pedagógica.

No caso da Lei da Indução Eletromagnética, essa abordagem demonstra-se particularmente promissora porque o tema permite articular conceitos físicos a problemas tecnológicos concretos.

Discutir usinas geradoras, transformadores, carregadores por indução ou uma lanterna de Faraday, por exemplo, desloca o conteúdo do plano puramente formal para situações nas quais a Física aparece como instrumento de interpretação do mundo. A situação-problema, nesse contexto, não funciona apenas como recurso motivacional, mas como eixo estruturador da aprendizagem.

A inserção de elementos da HFC também fortalece esse percurso. Ao recuperar as investigações de Oersted, Faraday, Henry, Lenz, Neumann e Maxwell, é possível mostrar que a Lei de Indução Eletromagnética não surgiu como formulação acabada, mas como resultado de observações, problemas experimentais, formulações qualitativas e posteriores sistematizações matemáticas. Essa dimensão histórica contribui para os estudantes compreenderem a ciência como processo de construção, debate e aperfeiçoamento de modelos, e não como conjunto estático de verdades prontas.

Em diálogo com isso, as relações CTSA ampliam o alcance formativo do conteúdo. Ao discutir a geração e o uso da energia elétrica, o papel dos transformadores na transmissão de energia e a presença de dispositivos de indução no cotidiano, o estudante passa a perceber que a Física não se limita ao espaço escolar, mas se articula a práticas sociais, infraestrutura tecnológica e decisões coletivas. Essa conexão favorece uma leitura mais crítica e contextualizada do conhecimento científico.

As TDICs também podem contribuir decisivamente nesse processo. Em conteúdos como a Lei de Indução Eletromagnética, nos quais a visualização do fenômeno nem sempre é simples em situações experimentais diretas, simulações, animações e recursos interativos ajudam a tornar mais perceptíveis relações entre movimento, campo magnético, variação de fluxo e corrente induzida. Quando inseridas com intencionalidade pedagógica, as TDICs deixam de ser recurso acessório e funcionam como instrumentos de análise e construção conceitual.

2.4 AVALIAÇÃO FORMATIVA, TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E INCLUSÃO NO PROCESSO DE ENSINO E APRENDIZAGEM

Uma abordagem investigativa da Lei de Indução Eletromagnética exige coerência também no plano da avaliação. Campos e Nigro (1999) defendem que a avaliação deve integrar-se ao processo de ensino, permitindo acompanhar avanços, dificuldades e reformulações conceituais dos estudantes. Pozo (2009), na mesma direção, propõe estratégias avaliativas contínuas e multidimensionais apoiadas em registros qualitativos, mapas conceituais, produções escritas e atividades contextualizadas. Em conteúdos como esse, tal postura é fundamental porque muitas dificuldades não

aparecem apenas na resolução de cálculos, mas na explicação do fenômeno e na articulação entre seus conceitos.

Além disso, o ensino da Lei de Indução Eletromagnética requer atenção à transposição didática. Não se trata de simplesmente reduzir a complexidade da formulação física original, mas de reorganizar o saber científico em linguagem acessível e pedagogicamente significativa, preservando sua coerência conceitual (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002). Isso significa, por exemplo, apresentar a formalização da lei sem transformar o cálculo diferencial em barreira didática e, ao mesmo tempo, evitar que o conteúdo seja esvaziado de sua potência explicativa.

Nesse sentido, materiais produzidos pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF) e orientações do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2024 mostram ser possível trabalhar conteúdos do eletromagnetismo articulando contextualização, problematização, HFC, CTSA e TDICs de modo a superar o formalismo como fim em si mesmo. O desafio passa a ser, então, construir abordagens que permitam ao estudante compreender a Lei de Indução Eletromagnética como princípio físico dotado de sentido e não apenas como expressão matemática isolada.

Por fim, uma proposta coerente com a BNCC precisa considerar a dimensão inclusiva do ensino. Estratégias como trabalho em grupo, uso de múltiplas linguagens, discussão oral, apoio visual, simulações e momentos de sistematização coletiva favorecem a participação equitativa dos estudantes, desde que o professor planeje intervenções sensíveis aos diferentes ritmos e formas de aprendizagem (Brasil, 2018). Assim, a mediação docente assume papel decisivo não apenas na condução conceitual do conteúdo, mas também na garantia de condições efetivas de participação.

Desse modo, o referencial teórico aqui sistematizado sustenta a defesa de um ensino da Lei de Indução Eletromagnética que ultrapasse a apresentação fragmentada de fórmulas e procedimentos, privilegiando a construção de significados, a problematização de fenômenos, a contextualização tecnológica e a formação científica crítica no Ensino Médio.

3 METODOLOGIA

O presente estudo foi desenvolvido a partir de uma abordagem qualitativa de natureza teórica e caráter propositivo, conforme Gil (2008), voltado à elaboração e sistematização de uma proposta de ensino investigativo para a abordagem da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio. A escolha por essa abordagem decorre do objetivo do trabalho que consiste em discutir fundamentos conceituais e pedagógicos do ensino desse conteúdo e organizar uma proposta didática investigativa capaz de favorecer sua compreensão conceitual no contexto da Educação Básica.

A pesquisa qualitativa demonstra-se adequada a esse tipo de investigação por possibilitar a interpretação de fenômenos educacionais a partir da análise de referenciais teóricos e de orientações curriculares que orientam o ensino de Ciências. Nesse sentido, Bogdan e Biklen (1994) destacam que estudos qualitativos permitem compreender processos e significados construídos no contexto educacional, enquanto Lüdke e André (2013) ressaltam que essa abordagem favorece a análise contextualizada de práticas pedagógicas e das concepções que orientam o processo de ensino e aprendizagem.

No plano metodológico, o estudo consistiu na análise e articulação de referenciais da área de Ensino de Ciências e Ensino de Física que discutem aprendizagem significativa, ensino por investigação, elementos da HFC, relações CTSA e o uso pedagógico de TDICs. Esses referenciais forneceram base para a organização de uma proposta didática orientada pela problematização de fenômenos físicos e pela construção progressiva de explicações científicas.

Também foram considerados documentos curriculares que orientam o ensino de Ciências no Brasil, especialmente a BNCC que estabelece competências e habilidades relacionadas à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e enfatiza a investigação de fenômenos, a argumentação científica e a contextualização do conhecimento (Brasil, 2018).

A partir da articulação desses referenciais, procedeu-se à sistematização de uma organização pedagógica estruturada em torno de uma situação-problema relacionada a aplicações tecnológicas da Lei de Indução Eletromagnética, como usinas geradoras de energia, transformadores, carregadores por indução e a chamada lanterna de Faraday. Essa organização busca mobilizar conhecimentos prévios dos estudantes, favorecer a formulação e o confronto de hipóteses e conduzir à sistematização conceitual da relação entre variação do fluxo magnético e geração de corrente elétrica.

A análise desenvolvida possui caráter interpretativo, uma vez que se fundamenta na discussão e integração de referenciais teóricos e orientações curriculares voltadas ao ensino de Física. Dessa forma, o trabalho não se caracteriza como investigação empírica de campo, mas como um estudo analítico e propositivo, cujo propósito é contribuir para a reflexão sobre estratégias pedagógicas que possam favorecer a compreensão conceitual da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A organização teórica desenvolvida neste estudo permitiu sistematizar uma proposta de ensino investigativo da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio, estruturada a partir de uma situação-problema tecnologicamente contextualizada e sustentada pela articulação entre

conhecimentos prévios, mediação docente, elementos da HFC, relações CTSA e uso pedagógico de TDICs.

4.1 ESTRUTURAÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO INVESTIGATIVO

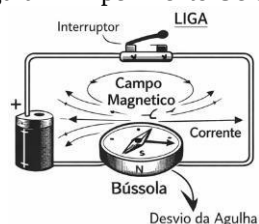
A proposta parte do entendimento de que a Lei de Indução Eletromagnética não deve ser apresentada aos estudantes apenas como expressão matemática acabada. Seu ensino torna-se mais profícuo quando organizado em torno de situações que mobilizem estranhamento, formulem problemas e exijam a construção progressiva de explicações. Nessa direção, o primeiro movimento consiste em identificar concepções iniciais dos estudantes acerca de campo magnético, corrente elétrica, variação temporal e geração de energia. Esse levantamento pode ocorrer por meio de pré-teste diagnóstico, questões abertas ou leitura orientada de um texto introdutório. O objetivo, nessa etapa, não é verificar acertos e erros, mas explicitar modos prévios de interpretar o fenômeno.

A situação-problema proposta toma como ponto de partida tecnologias familiares aos estudantes. Pode-se perguntar, por exemplo, o que há de comum entre usinas geradoras de eletricidade, transformadores, carregadores por indução e uma lanterna de Faraday. Em sala de aula, a apresentação da lanterna mostra-se particularmente produtiva, pois o fato de ela acender sem pilhas ou baterias, apenas com o movimento, instaura um problema real: como o deslocamento de um ímã pode gerar corrente elétrica? De que forma a variação do campo magnético e do fluxo magnético explica o funcionamento desses sistemas?

Em grupos, os estudantes discutem a situação e registram hipóteses. Nessa fase, costumam emergir explicações que associam a geração de eletricidade diretamente ao contato entre ímã e fio, à presença isolada do magnetismo ou à ideia genérica de “energia armazenada” no dispositivo. A mediação docente é decisiva justamente para deslocar essas explicações iniciais em direção a uma compreensão mais rigorosa, evidenciando que não é a simples existência do campo magnético que produz corrente, mas sua variação em relação ao circuito.

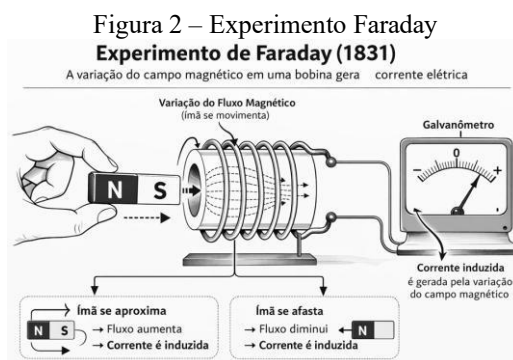
A sistematização conceitual pode ser iniciada com elementos da HFC. Retomar Oersted, em 1820, é importante porque sua demonstração experimental de que correntes elétricas produzem efeitos magnéticos estabeleceu a primeira conexão direta entre eletricidade e magnetismo. A Figura 1 traz didaticamente o resultado do experimento Oersted.

Figura 1- Experimento Oersted.



Fonte: Autores.

Na sequência, o movimento de investigação empreendido por Faraday, em 1831, torna-se central. Ao buscar o fenômeno inverso, ele mostrou que a variação do magnetismo que atravessa um circuito consegue gerar corrente elétrica. A Figura 2, traz didaticamente o resultado do experimento Faraday.



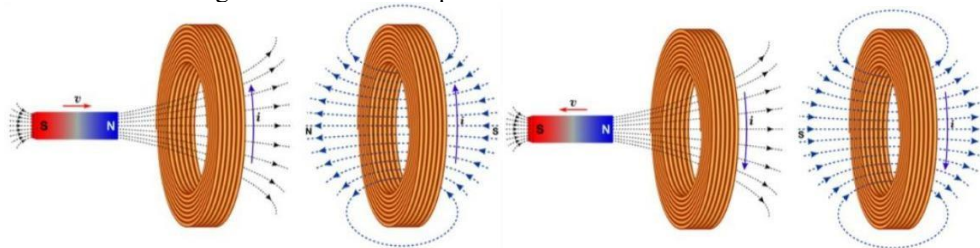
Fonte: Autores.

Esse deslocamento histórico é didaticamente potente porque permite aos estudantes perceberem que a Lei de Indução Eletromagnética não surgiu como fórmula pronta, mas como resposta a um problema experimental (Nussenzvieg, 1997).

Nesse percurso, a noção de fluxo magnético precisa ser construída de maneira conceitual antes de sua formalização. Em linguagem acessível ao Ensino Médio, o fluxo pode ser entendido como uma medida da quantidade de campo magnético que atravessa uma superfície. Isso permite compreender por que alterações no campo, na área da espira ou na orientação entre campo e superfície modificam o fluxo e, portanto, podem induzir força eletromotriz.

A inserção da Lei de Lenz, em 1834, amplia essa compreensão ao introduzir o problema do sentido da corrente induzida. Sua formulação, expressa didaticamente pelo sinal negativo da Lei da Indução Eletromagnética, mostra que a corrente induzida se opõe à variação do fluxo que a produz. Esse aspecto não deve ser tratado apenas como detalhe algébrico, mas como princípio físico associado à conservação da energia. A Figura 3 determina didaticamente o sentido da corrente, segundo a Lei de Lenz, ao representar a aproximação e o afastamento de um ímã em relação a uma bobina.

Figura 3 - Lei de Lenz para determinar o sentido da corrente elétrica



Fonte: Autores.

Henry, também em 1831, contribuiu para consolidar empiricamente o fenômeno e abriu caminho para o caso particular da autoindução. Em termos didáticos, esse conteúdo pode ser introduzido mostrando que a variação da própria corrente em uma bobina consegue produzir variação do fluxo magnético e, conseqüentemente, uma força eletromotriz induzida que se opõe à mudança ocorrida. No nível do Ensino Médio, isso pode ser expresso por:

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad (1)$$

em que:

L representa a indutância da bobina. Essa relação ajuda a evidenciar que a oposição à variação da corrente não é efeito secundário, mas parte constitutiva do fenômeno da indução.

A formalização quantitativa posterior, atribuída a Neumann, em 1845, pode ser apresentada apenas como contextualização histórica e conceitual, uma vez que cálculo diferencial e integral não integram o currículo do Ensino Médio. Assim, a expressão do fluxo magnético fica:

$$\Phi = B \cdot A \cdot \cos \theta \quad (4)$$

e a forma didatizada da Lei de Indução Eletromagnética é:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \quad (5)$$

mostram-se suficientes para o nível de escolarização em questão. Quando o circuito possui N espiras, a relação pode ser ampliada para:

$$\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad (6)$$

favorecendo a compreensão do papel desempenhado pelo número de espiras na intensificação da força eletromotriz induzida. A Figura 2 (Experimento Faraday) pode apoiar esse momento ao representar um solenoide atravessado por campo magnético variável.

A proposta ganha maior coerência quando a f.e.m. induzida é articulada à ideia de tensão efetiva no circuito e relacionada à corrente elétrica induzida. Pela Primeira Lei de Ohm ($U = R.i$), pode-se mostrar que, considerando o módulo da f.e.m., a corrente induzida pode ser expressa por

$$I_{ind} = \frac{\varepsilon}{R} \quad (8)$$

Essa articulação é importante porque aproxima a Lei da Indução de grandezas já conhecidas pelos estudantes, favorecendo a integração entre conteúdos do eletromagnetismo e da eletricidade.

Posteriormente, Maxwell, em 1865, ampliou e sistematizou teoricamente essas descobertas ao incorporar a Lei de Indução Eletromagnética em seu conjunto de equações do eletromagnetismo. Maxwell demonstrou que campos magnéticos variáveis produzem campos elétricos induzidos, estabelecendo uma descrição matemática unificada para os fenômenos elétricos e magnéticos. No plano didático do Ensino Médio, essa contribuição pode ser explorada conceitualmente para evidenciar que a Lei de Indução Eletromagnética integra um sistema mais amplo de relações físicas que fundamenta o funcionamento de diversas tecnologias baseadas no eletromagnetismo.

O percurso didático avança, então, para aplicações tecnológicas do fenômeno. Nos transformadores, uma corrente alternada na bobina primária produz fluxo magnético variável no núcleo, induzindo tensão na bobina secundária. No Ensino Médio, a relação entre as grandezas pode ser apresentada por

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S} \quad (9)$$

mostrando que o número de espiras influencia diretamente a tensão induzida. Essa relação permite discutir transformadores elevadores e redutores, bem como sua importância na transmissão de energia elétrica.

Nos motores elétricos, por sua vez, a Lei de Indução Eletromagnética aparece articulada à conversão entre energia elétrica e mecânica. Mesmo sem aprofundar formalismos mais complexos é possível mostrar que o eletromagnetismo fundamenta dispositivos que produzem movimento, ampliando a compreensão dos estudantes sobre o alcance tecnológico do conteúdo.

Ao final desse percurso, a situação-problema inicial é retomada. Usinas geradoras, transformadores, carregadores por indução e a lanterna de Faraday passam a ser compreendidos como sistemas que compartilham um mesmo princípio físico: a variação do fluxo magnético em um circuito induz força eletromotriz e, em determinadas condições, corrente elétrica. No caso da lanterna de Faraday, o movimento do ímã no interior da bobina altera o fluxo magnético e produz a corrente que alimenta o LED. Com isso, o dispositivo deixa de ser apenas curioso ou surpreendente e torna-se inteligível à luz da lei física estudada.

Para consolidar a aprendizagem, a proposta prevê explorar outras situações do cotidiano e da tecnologia, como geradores elétricos, transformadores, motores e sistemas de transmissão de energia. Essa ampliação reforça as relações CTSA ao conectar o conceito físico a usos sociais concretos e à infraestrutura tecnológica contemporânea.

O uso de TDICs, especialmente simulações interativas como as do PhET, pode aprofundar a compreensão visual e dinâmica do fenômeno. Nessas atividades, os estudantes exploram a variação do fluxo magnético, analisam a indução de correntes elétricas e observam a relação entre movimento, campo magnético e energia. Quando orientadas por questões investigativas, essas simulações favorecem a interpretação conceitual e evitam que a matemática seja reduzida a mero procedimento algorítmico.

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS A PARTIR DO REFERENCIAL TEÓRICO

A proposta pedagógica sistematizada neste estudo converge com os referenciais teóricos assumidos ao longo do artigo, sobretudo ao reconhecer que a compreensão conceitual da Lei de Indução Eletromagnética exige mais do que a exposição direta da lei e de suas fórmulas. A mobilização de conhecimentos prévios, o confronto de hipóteses e a mediação docente aproximam-se das perspectivas construtivistas que entendem a aprendizagem como processo de reorganização de significados e não como simples recepção de informações.

A problematização inicial mostra-se especialmente relevante porque desloca o conteúdo de uma abordagem abstrata para um campo de questões concretas, tecnológicas e investigáveis. Essa opção favorece a atribuição de sentido ao conceito e reduz a distância entre formulação matemática e fenômeno físico. Em vez de começar pela equação da indução, a proposta começa pelo problema da geração de corrente em dispositivos reais, tornando a sistematização posterior mais inteligível e pedagogicamente justificada.

Outro ponto importante diz respeito ao papel da HFC. Ao recuperar as contribuições de Oersted, Faraday, Lenz, Henry, Neumann e Maxwell, o artigo evidencia que a Lei de Indução Eletromagnética não deve ser ensinada como enunciado descontextualizado. A incorporação desse percurso histórico permite mostrar que o conhecimento científico se desenvolve por meio de problemas, experimentos, formulações parciais e reelaborações, contribuindo para uma compreensão menos dogmática da ciência.

A articulação com as relações CTSA amplia o alcance formativo da proposta ao situar a Lei de Indução Eletromagnética em tecnologias do cotidiano e em sistemas mais amplos de geração e circulação de energia. Com isso, o estudante pode perceber que o conteúdo não se restringe ao espaço escolar, mas participa da organização material da vida contemporânea, reforçando sua relevância social e educativa.

As TDICs aparecem, nesse quadro, como recurso complementar importante. Sua contribuição não está em substituir a mediação do professor, mas em tornar mais visíveis processos que, muitas vezes, permanecem abstratos no plano exclusivamente verbal ou algébrico. Assim, as simulações podem atuar como instrumentos de investigação, favorecendo a manipulação de variáveis e a construção de interpretações mais consistentes.

5 CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo discutir fundamentos teóricos e didáticos para o ensino da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio e sistematizar uma proposta de ensino investigativo articulada a elementos da HFC, às relações entre CTSA e ao uso pedagógico de TDICs. A análise desenvolvida evidenciou que a abordagem tradicional desse conteúdo, frequentemente centrada na apresentação direta de fórmulas e na resolução mecânica de exercícios, tende a limitar a compreensão conceitual do fenômeno e a reduzir o potencial formativo do estudo do eletromagnetismo no contexto escolar.

Ao articular referenciais da área de Ensino de Ciências (Física) com orientações curriculares vigentes, especialmente as diretrizes presentes na BNCC, foi possível organizar uma proposta

pedagógica estruturada a partir de situações-problema tecnologicamente contextualizadas, capazes de mobilizar conhecimentos prévios, promover a formulação de hipóteses e favorecer a construção progressiva de explicações científicas. Nesse percurso, a inserção de elementos históricos associados às investigações de Oersted, Faraday, Lenz, Henry e Maxwell mostrou-se didaticamente relevante ao evidenciar o caráter processual da produção do conhecimento científico, contribuindo para os estudantes compreenderem a Lei de Indução Eletromagnética não apenas como formalização matemática, mas como resultado de problemas experimentais e tecnológicos concretos.

A proposta também evidenciou a importância da articulação entre conceitos físicos e aplicações tecnológicas presentes no cotidiano, como usinas geradoras de energia, transformadores, motores elétricos, carregadores por indução e dispositivos como a lanterna de Faraday. Essa aproximação favorece a contextualização do conteúdo e amplia as possibilidades de discussão das relações CTSA, contribuindo para que o ensino de Física assuma maior significado formativo no Ensino Médio.

Outro aspecto relevante refere-se ao uso pedagógico das TDICs. Recursos como simulações interativas possibilitam visualizar relações entre campo magnético, variação de fluxo e corrente induzida, favorecendo a exploração investigativa do fenômeno e contribuindo para tornar mais perceptíveis processos que, muitas vezes, permanecem abstratos no plano exclusivamente algébrico ou verbal.

Cabe ressaltar que o presente trabalho possui caráter analítico e propositivo, não tendo sido desenvolvido como investigação empírica em contexto escolar. Nesse sentido, seus resultados devem ser compreendidos como contribuição teórica e didática voltada à organização de possibilidades pedagógicas para o ensino da Lei de Indução Eletromagnética. Investigações futuras podem aprofundar essa discussão por meio da implementação e análise da proposta em situações reais de ensino, permitindo avaliar seus impactos na aprendizagem conceitual, na argumentação científica e na participação dos estudantes em atividades investigativas.

Dessa forma, considera-se que a organização pedagógica apresentada pode contribuir para ampliar as possibilidades de abordagem da Lei de Indução Eletromagnética no Ensino Médio, favorecendo práticas de ensino mais investigativas, contextualizadas e formativamente significativas no campo do Ensino de Física.

AGRADECIMENTOS

Os(As) autores(as) agradecem à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), instituições às quais os(as) autores(as) estão vinculados(as) como servidores(as), pelo apoio institucional ao desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, registram agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor e a bolsa de Apoio à Difusão do Conhecimento do CNPq - Nível 1C, da segunda e quarta autora.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Rubem. **Conversas com quem gosta de ensinar**. 13. ed. Campinas: Papirus, 2010.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 1985.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- CACHAPUZ, Antonio et al. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAMPOS, M. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DURKHEIM, Émile. **Educação e sociologia**. São Paulo: Melhoramentos, 2007.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1968.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). **Física**. v. 1-3. São Paulo: EDUSP, 1993.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2013.
- MORAN, José Manuel. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.
- NARDI, Roberto (org.). **Pesquisas em ensino de Física**. São Paulo: Escrituras, 2001.
- NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: eletromagnetismo**. 3. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

PIAGET, Jean. **A formação do símbolo na criança**. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

POZO, Juan Ignacio. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RESNICK, Lauren B. Mathematics and science learning: a new conception. In: RESNICK, Lauren B. (org.). *Mathematics and science learning: a new conception*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, 1983. p. 1–20.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.