

As perspectivas da conceitualização do eletromagnetismo

Augusto Kazuyoshi Romasanta Ohtuka¹
Ivanilda Higa²

Resumo: Dado o contexto da prática de Ensino de Física no Brasil, em que as aulas são matematizadas e pouco conceituais, há uma preocupação no desenvolvimento de conhecimentos mais conceituados pelos alunos. Para isso, foi proposta uma abordagem didática com base na História e Filosofia da Ciência, nos conceitos de perfil conceitual de Mortimer e obstáculo epistemológico de Bachelard. O objetivo principal da pesquisa foi analisar como essa abordagem poderia ajudar os alunos a superar obstáculos, desenvolver e transitar entre as diferentes zonas de seu perfil conceitual. Implementada em duas turmas do 3º ano do Ensino Médio, os resultados indicaram que, embora os estudantes sejam capazes de transitar entre as zonas, a consolidação desse processo foi inconsistente devido à persistência dos obstáculos epistemológicos. A abordagem proposta mostrou-se viável, mas a superação dos obstáculos epistemológicos é um processo complexo que exige dos professores uma formação mais aprofundada em epistemologia e em Física.

Palavras-chave: Eletromagnetismo; Ensino de Física; História e Filosofia Da Ciência (HFC); Perfil Conceitual; Obstáculo Epistemológico.

Perspectives on the conceptualization of electromagnetism

Abstract: Given the context of Physics teaching in Brazil, in which classes are highly mathematical and lack conceptual depth, this raises concerns about the development of a more conceptual understanding among students. Therefore, a pedagogical approach was proposed based on the History and Philosophy of Science, the concepts of Mortimer's conceptual profile and Bachelard's epistemological obstacle. The main goal of the research was to analyze how this approach could help students overcome such obstacles, develop and transition between different zones in their conceptual profile. Implemented in two High School senior classes, the results indicated that, although students were able to transit between zones, the consolidation of this process was inconsistent due to the persistence of epistemological obstacles. This proposed approach proved to be viable, but the overcoming of epistemological obstacles is a complex process that requires teachers to have deeper professional development in epistemology and in Physics.

Keywords: Conceptual Profile; Electromagnetism; Epistemological Obstacle; History And Philosophy Of Science (HPS); Physics Teaching;

Las perspectivas de la conceptualización del electromagnetismo

Resumen: Dado el contexto de la enseñanza de la física en Brasil, en el que las clases se centran en las matemáticas y son poco conceptuales, existe una preocupación por el desarrollo de conocimientos más conceptuales por parte de los alumnos. Para ello, se propuso un enfoque didáctico basado en la historia y la filosofía de la ciencia, en los conceptos del perfil conceptual de Mortimer y el obstáculo epistemológico de Bachelard. El objetivo principal de la investigación fue analizar cómo este enfoque podría ayudar a los alumnos a superar obstáculos, desarrollarse y transitar entre las diferentes zonas de su perfil conceptual. Implementado en dos clases de 3.º de secundaria, los resultados indicaron que, aunque los alumnos son capaces de transitar

¹ Doutorando em Educação pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Mestre em Física pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Licenciado em Física pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3400-9241>, e-mail: kazuyoshi@ufpr.br

² Doutora em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Mestre em Ensino de Ciências (Modalidade Física) pela USP. Licenciada em Física pela UFPR. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7277-3198>, e-mail: ivanilda@ufpr.br

entre las zonas, la consolidación de este proceso fue inconsistente debido a la persistencia de los obstáculos epistemológicos. El enfoque propuesto demostró ser viable, pero la superación de los obstáculos epistemológicos es un proceso complejo que exige a los profesores una formación más profunda en epistemología y física.

Palabras-clave: Electromagnetismo; Enseñanza de la Física; Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC); Perfil Conceptual; Obstáculo Epistemológico.

1 INTRODUÇÃO

O Ensino de Física, mesmo sendo uma das áreas que se desenvolve bastante no Brasil (com mais de 10 mil artigos na área, de acordo com o Portal de Periódicos da CAPES), enfrenta desafios que estão no cerne de como a Física tem sido ensinada nas escolas. Os professores de Física, por diversos fatores alheios às suas vontades, acabam recorrendo às aulas tradicionais, como destaca Moreira (2018).

Essas práticas, junto a um déficit de professores formados em Física, a desvalorização da carreira docente no Brasil e currículos que se resumem à lista de conteúdos a serem vencidos (Moreira, 2018), culminam em uma Física que não é ensinada em torno de como a prática científica é feita, dentro de sua didática específica. De acordo com Libâneo (2008)

Nesse sentido, a metodologia de ensino, mais do que o conjunto dos procedimentos e técnicas de ensino, consiste em instrumentos de mediação para ajudar o aluno a pensar com os instrumentos conceituais e os processos de investigação da ciência que se ensina. Por exemplo, a boa pedagogia da física é aquela que consegue traduzir didaticamente o modo próprio de pensar e investigar da Física.

A simples substituição numérica em fórmulas e resoluções matemáticas seduzem o professor que sofre com cargas horárias reduzidas e uma lista de conteúdos a serem trabalhados até o final do ano. O ato de ensinar Física deve transcender as meras operações matemáticas para determinar valores de posição ou velocidade, sendo necessário ao professor (re)aprender o real significado da disciplina e porque ela não deve ser apenas mais um braço da Matemática. Para Libâneo (2008) e Veiga (2014), o ensino deve servir para formar pessoas capazes de pensar criticamente, e também cidadãos capazes de compreender seus contextos e utilizar dos conhecimentos que foram aprendidos para rever e questionar

esses mesmos contextos. Essa abordagem da prática de ensino se traduz numa educação tida como libertadora (Freire, 1967).

Libâneo (2012) corrobora com essa ideia ao defender que somente é possível ensinar uma ciência se o professor se apropria da epistemologia de sua disciplina, numa missão de formar pessoas capazes de questionar, encontrar problemas e propor soluções.

É plausível, então, que uma sequência didática construída com base nas epistemologias da Física possa aproximar os estudantes e os professores do próprio entendimento e desenvolvimento da Ciência. Nota-se aqui o uso de ‘epistemologias’, no plural. Quando se debate sobre ciências, é fundamental compreender que elas se desenvolvem com o tempo, sob influências políticas, sociais e econômicas e até mesmo tecnológicas. Portanto, não existe uma única ‘ciência verdadeira’, mas sim diferentes maneiras de se pensar dada ciência e, conseqüentemente, diferentes modelos de realidade para explicar o mesmo fenômeno. Nesse contexto, a abordagem de História e Filosofia da Ciência (HFC) se apresenta como uma via em potencial para abranger essa discussão em sala de aula ao contextualizar o desenvolvimento das ideias científicas.

Como uma forma de complementar as epistemologias clássicas utilizadas na Física, nominalmente as de Thomas Kuhn (baseada na quebra de paradigmas) e de Karl Popper (fundamentada na falseabilidade da ciência), propõe-se o pensamento epistemológico de Gaston Bachelard, cuja epítome da formação do conhecimento apoia-se nos conceitos de perfil epistemológico e de obstáculo epistemológico.

A ideia de perfil epistemológico diz respeito à construção individual dos conhecimentos acerca de determinado conceito. Cada conceito, sob diferentes perspectivas epistemológicas, traz toda uma elaboração e desenvolvimento de suas ideias, seguindo uma ordem cronológica de amadurecimento conceitual. Cada indivíduo possui um perfil epistemológico próprio para cada conceito que é conhecido, e diz-se desse perfil que se constrói partindo das ideias mais concretas e reais (realismo ingênuo), passando pelo início de uma generalização matemática (positivista e racionalista) e resultando em facetas cada vez mais abstratas (surracionalista) desse conceito (Bachelard, 1996). Como exemplo da construção dos conhecimentos de dado conceito sob diferentes abordagens, Bachelard

apresenta o conceito de massa, cujas primeiras ideias formadas dizem respeito a comparação entre o peso de corpos (aqui aparece o primeiro obstáculo epistemológico, que será explicado nas linhas seguintes), passa pela formulação da inércia e força, até chegar à noção de massa relativística, relação massa-energia e até mesmo massa negativa.

O desenvolvimento dessas diferentes zonas do perfil epistemológico para um indivíduo não é um processo fácil: é prejudicado pelos obstáculos epistemológicos (Bachelard, 1996) que surgem a partir das vivências e conhecimentos prévios de outros assuntos do indivíduo, que foram bem-sucedidos em dar explicações lógicas para fenômenos ou prever acontecimentos, mas falham em novos fenômenos e impedem o desenvolvimento de novas ideias.

Esses obstáculos precisam ser superados, e essa superação exige uma ruptura epistemológica, para que seja possível a construção de novos conhecimentos sobre determinado conceito (Bachelard, 1996). Conforme citado anteriormente, um dos primeiros obstáculos epistemológicos que podem surgir para o conceito de massa é a confusão entre os termos ‘massa’ e ‘peso’, que não têm diferença quando tratados no cotidiano, mas são conceitos completamente diferentes dentro da Física. A superação desse obstáculo pode ocorrer, por exemplo, junto com a formulação de outros conceitos, como a força, para que se possa reclassificar o termo peso como a força de interação gravitacional entre dois objetos maciços.

O entendimento dos obstáculos epistemológicos e como eles podem surgir ajuda também a entender em como a ciência se desenvolve. As primeiras ideias a respeito de calor envolviam a existência de um fluido invisível chamado calórico, ideia essa completamente plausível para a época que foi proposto e adotado (até meados do século XIX), antes da ascensão da Termodinâmica e da Mecânica Estatística como áreas da Física.

Essa noção de perfil epistemológico de Bachelard, portanto, se apresenta como uma sequência de rupturas que o espírito científico deve percorrer para alcançar o Novo Espírito Científico (Bachelard, 1996), limitando assim a ocorrência de conhecimentos que podem ser agregados a um perfil, cujas zonas devem ter a mesma origem ontológica. Não é possível, portanto, a existência de um perfil epistemológico sobre calor que abranja simultaneamente

a teoria do calórico e a noção de calor como processo de transferência de energia, uma vez que é necessário a superação do primeiro obstáculo epistemológico (teoria do calórico) para alcançar uma ciência mais próxima do Novo Espírito Científico. Tendo isso em mente, o químico e professor brasileiro Eduardo Fleury Mortimer propõe a noção de perfil conceitual (Mortimer, 1996).

Com essa nova noção, diferentes abordagens epistemológicas e ontológicas são possíveis dentro de um mesmo perfil, construindo diferentes zonas de como o conhecimento pode ser organizado na mente de cada indivíduo. Essa proposta de Mortimer permite trazer a epistemologia de Bachelard ao âmbito da Educação para servir como um alicerce no desenvolvimento de práticas pedagógicas de Ciências, uma vez Mortimer se opõe à ideia de mudança conceitual (Mortimer, 1996) e, portanto, a identificação de obstáculos epistemológicos é crucial para desenvolver novos conhecimentos que podem ser utilizados em diferentes contextos, sem a substituição dos conhecimentos antigos, apenas uma contextualização e limitação de sua capacidade explicativa.

Nesse sentido, foi elaborada uma sequência didática construída sob o entendimento epistemológico de Bachelard, visando realizar essa identificação e contextualização dos obstáculos epistemológicos que poderiam aparecer no ensino do eletromagnetismo para estudantes do 3º ano do Ensino Médio da rede pública. Para tanto, foi também utilizado o enfoque didático de História e Filosofia da Ciência.

O principal objetivo da elaboração dessa sequência didática é compreender a potencialidade de uma abordagem epistemológica bachelardiana e enfoque pedagógico de HFC na internalização, pelos estudantes, de um maior repertório crítico para compreender diferentes contextos e aplicabilidade de conceitos relacionados ao eletromagnetismo. Com esses novos conhecimentos formados, a análise busca verificar a capacidade dos estudantes de transitar entre as diferentes zonas de perfil conceitual, indicando a superação de obstáculos epistemológicos, mas sem a substituição completa de conhecimentos menos sofisticados.

2 FUNDAMENTAÇÃO

Faz-se necessária, então, a compreensão das divisões propostas por Bachelard na escada de complexidade dos conceitos científicos. O espírito científico se divide em três estados: pré-científico, científico e novo espírito científico (Bachelard, 1978). Cada um desses estados abrange determinadas maneiras de compreender o mundo dentro de um espectro epistemológico (Bachelard, 1978), dividido em etapas.

No **idealismo ingênuo**, temos as ideias como constituintes da realidade, sem matéria e sensações. O **convencionalismo** apresenta uma etapa em que há uma debilitação dos meios experimentais e o culto às teorias e desenvolvimentos matemáticos dos fenômenos como convenções a serem seguidas. No **formalismo**, há uma divisão em que o conhecimento racional é montado como uma série de equações que descrevem qualquer fenômeno experimental.

O **racionalismo aplicado** coloca o racionalismo matemático como guia das ações científicas, através de um programa racional de experimentações. Essa etapa coloca os fenômenos ordenados (aqueles pensados racionalmente) como mais valiosos que os fenômenos naturais, e coloca a ciência num posto de construção racional. O **materialismo técnico** corresponde a uma realidade marcada pelas intervenções humanas e suas técnicas, uma realidade marcada pelo racionalismo humano.

Há então o **positivismo**, que se aproveita das concepções empíricas e naturalista da racionalidade, os dados empíricos são a fonte fundamental do conhecimento e há um desdém às especulações e hipóteses a priori ao fenômeno observado, que se desdobra no **empirismo**, em que todos os conhecimentos são derivados da experiência, e todo o conhecimento possível pode ser explicado somente pela experiência. A etapa final é o **realismo**, divisão que coloca a realidade objetiva como independente da ação e da mente humana, a veracidade de uma explicação só é completa se ela independe do pensamento humano para existir.

A noção de perfil epistemológico, conforme proposta por Bachelard (1997), pode ser compreendida como um espectro das diferentes filosofias ou modos de pensar que coexistem na mente de um indivíduo a respeito de um mesmo conceito científico. Embora se possa recorrer à metáfora de um gráfico de barras para visualizar esse perfil, onde a altura de cada barra representaria a frequência com que uma determinada noção é utilizada, é

fundamental entender que essa representação ilustra um estado dinâmico do espírito científico. Um professor de mecânica quântica, por exemplo, ao lidar com o conceito de massa, tenderá a ativar com maior frequência a zona do ‘surracionalismo’, enquanto um professor de mecânica clássica operará predominantemente na zona do ‘racionalismo’, evidenciando que o perfil não é estático, mas contextualmente ativado.

Contudo, a transição entre essas zonas ou o desenvolvimento de novas concepções mais abstratas não se dá por um processo simples e cumulativo de adição de informações. A evolução de um perfil epistemológico em direção ao novo espírito científico é um processo árduo, que se opõe à aprendizagem como mera transmissão. Ela exige do indivíduo um trabalho ativo de negação e reestruturação do próprio pensamento (Bachelard, 1978).

É nesse ponto que emerge o conceito central de obstáculo epistemológico (Bachelard, 1996). O obstáculo não é a ignorância ou a ausência de conhecimento, mas, paradoxalmente, um conhecimento previamente constituído que foi bem-sucedido em contextos anteriores e que, por isso mesmo, se cristaliza e passa a impedir o progresso. A superação de um obstáculo demanda, portanto, uma ruptura epistemológica, um ato de dizer ‘não’ às certezas, aos métodos e às epistemologias que se tornaram cômodas. Esse trabalho de negação consiste em identificar e dismantelar os vícios do pensamento e as noções que barram o desenvolvimento de um conhecimento mais refinado, em um processo de catarse intelectual que Bachelard considera o verdadeiro motor do progresso científico e, por analogia, da aprendizagem significativa.

Concomitantemente, a prática pedagógica deve se apoiar em quatro pilares principais, de acordo com Carvalho e Sasseron (2010): a noção de que a ciência é uma construção humana e histórica; a ciência produz conhecimentos mutáveis; a construção da ciência é feita sob paradigmas, que também são constructos histórico-sociais; e a ideia de que a ciência não é pontual, mas sim interconectada. O ato de ensinar ciência, então, depende do conhecimento do professor a respeito de como a sua disciplina é feita, em termos científicos, e também da compreensão de fatores históricos, sociais, econômicos e políticos que influenciam o desenvolvimento da ciência. Esses conhecimentos, quando dominados pelo professor, devem permear todas as discussões que são levantadas no ambiente da sala de

aula. Para tratar desses assuntos, uma abordagem focada na História e Filosofia da Ciência é muito bem vinda, uma vez que possibilita a contextualização dos diferentes conceitos (Martins, 2006)

A escolha pela abordagem da HFC não se justifica apenas por seu potencial de contextualização, mas por sua profunda sintonia com o referencial bachelardiano que fundamenta este trabalho. Se Bachelard propõe que a ciência avança por meio de rupturas com obstáculos epistemológicos, a HFC oferece a práxis pedagógica para que os estudantes possam vivenciar, de forma análoga, esse mesmo processo.

Ao apresentar a ciência não como um corpo de conhecimentos prontos e inquestionáveis, mas como uma construção humana, repleta de controvérsias, erros e superações, a HFC desconstrói a imagem positivista que frequentemente constitui um obstáculo em si mesma. A narrativa histórica permite que o estudante compreenda, por exemplo, por que a teoria do calórico foi, em sua época, um modelo explicativo poderoso e racional, e não um simples ‘erro’. Essa compreensão é o primeiro passo para que o aluno perceba a natureza dos obstáculos epistemológicos: conhecimentos que são funcionais em um determinado domínio, mas que precisam ser superados para o avanço do saber.

3 METODOLOGIA

No contexto de sala de aula, visando aperfeiçoar a prática docente ao mesmo tempo que há uma limitação temporal e ética, junto com a constante mudança do objeto que está sendo pesquisado, uma pesquisa-ação (Tripp, 2005) se torna o critério metodológico mais viável de se seguir. Nessa metodologia de pesquisa, há um ciclo que se inicia na ação (pedagógica), através do planejamento da sequência didática e da prática docente, monitorando e escrevendo os resultados da aplicação, avaliando-os e planejando melhorias na prática, que são novamente aplicadas. A pesquisa-ação é um processo no qual os pesquisadores “coletam evidências a respeito de suas práticas e pressupostos críticos, crenças e valores subjacentes a elas” (Elliott, 2000, p. 209). A constante busca pela melhora na prática

pode se encaixar na práxis docente, empoderando o professor de seu papel como intelectual que promove mudanças (Giroux, 1997).

Para a abordagem em sala de aula, é necessário transpor parte dos conceitos propostos por Bachelard, para que caibam explicações ontologicamente diferentes dentro de um mesmo perfil. Esse trabalho é feito por Mortimer (1996) ao propor a noção de perfil conceitual. Seguindo a mesma linha de Bachelard, ele divide o perfil conceitual em diferentes zonas cujas peculiaridades indicam a espécie epistemológica trabalhada e também a família ontológica dos conceitos. O trabalho de Souza Filho, Boss e Caluzi (2012) consiste numa delimitação preliminar do perfil conceitual de eletromagnetismo, que serviu como base para a sequência didática deste trabalho. São propostas as zonas ‘realismo ingênuo’, ‘empirismo’, ‘racionalismo simples’ e ‘racionalismo abstrato’ para categorizar os tipos de conhecimentos sobre o eletromagnetismo.

Dentro da sequência didática, as aulas foram divididas em três blocos, o primeiro para o realismo ingênuo, o próximo para o empirismo e o terceiro para ambos os racionalismos. No início da sequência didática foi aplicado um teste inicial para mapear quais obstáculos epistemológicos estavam presentes no perfil conceitual de cada aluno sobre assuntos adjacentes ao eletromagnetismo. Ao final dos dois primeiros blocos foi aplicada uma avaliação parcial dos conhecimentos construídos naquele bloco de aulas, e ao final do último bloco foi feita uma avaliação para analisar se os estudantes foram capazes de superar os obstáculos epistemológicos, criar novas zonas de perfil conceitual e transitar entre essas diferentes zonas a depender dos contextos que poderiam ser apresentados. Esses testes e avaliações consistiam de situações-problema, de resposta aberta, que os estudantes responderiam sem consulta a materiais de aula.

O primeiro bloco de aulas foi centrado nos primeiros registros do eletromagnetismo, como a atração de pequenos objetos pelo âmbar, que era eletrizado em lã, atração de pedaços de ferro com a magnetita, além de problematizações dos conhecimentos prévios dos estudantes, associados à zona do ‘realismo ingênuo’. O materialismo grego e astrologia persa como explicações para os primeiros registros do eletromagnetismo na história foi peça central nesse desenvolvimento, além de trazer fatos históricos como vendedores de pedras

mágicas e até mesmo a utilização de ímãs em veículos de guerra chineses, com o intuito de localização. Foi utilizado o quadro de giz da sala de aula para organizar ideias que fossem surgindo da discussão com os estudantes.

O segundo bloco de aulas visou promover a transição para a zona do ‘empirismo’, a partir dos primeiros experimentos e das primeiras tentativas de generalização matemática. Foi abordado o trabalho de Peregrinus, que caracterizou as propriedades dos ímãs, os experimentos de Oersted e Faraday, que estabeleceram a conexão entre magnetismo e eletrostática pela primeira vez, os conceitos e cálculos da lei de Faraday-Lenz e de campos magnéticos. O quadro de giz foi mais utilizado para anotações e cálculos, mas também foram utilizados recursos de mídia e demonstrações experimentais.

O último bloco de aulas teve como meta aproximar os estudantes das zonas de maior abstração do perfil, o ‘racionalismo simples’ e o ‘racionalismo abstrato’, servindo como uma ponte entre a Física e a Química, abordando a origem dos fenômenos eletromagnéticos e também os diferentes tipos de materiais, na questão de interação magnética. O quadro continuou sendo usado para anotações, com muita utilização de mídias para ilustrar fenômenos mais complexos de serem imaginados.

A sequência didática foi aplicada em duas turmas de 3º ano do Ensino Médio da rede pública do Paraná, com cerca de 18 estudantes participantes por turma, durante o Estágio Supervisionado de Docência na Licenciatura em Física, e a análise das avaliações foi feita através de uma rubrica, baseada nas definições das características que são esperadas para cada zona de perfil conceitual.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Do teste inicial aplicado à primeira aula da sequência didática, coletou-se os seguintes dados, presentes na tabela 1.

Tabela 1 – Resposta dos estudantes ao teste inicial

Questão	Pensamento		
	Certo	Meio certo	Errado
1	2	27	1
2	0	0	30
3	18	2	7
4	30	0	0
5	23	1	7
6	12	5	10
7	12	11	7

Fonte: O autor (2019)

Nessa análise, os pensamentos considerados como ‘meio certos’ são aqueles que continham pequenos erros em sua construção, tal como a confusão entre termos, e pensamentos incompletos. Nota-se que a soma do total de respostas varia de questão a questão porque nem todos os alunos que responderam a esse teste inicial conseguiram responder a todas as questões.

A questão 1 compara os fenômenos de eletrização por atrito com o magnetismo. A maioria dos ‘meio certo’ respondeu que há uma troca de substância ou de energia entre os corpos, indicativo da zona do realismo ingênuo

A questão 2 relacionava um ímã e uma carga elétrica. Todas as respostas indicaram que, na concepção dos estudantes, os polos de um ímã e uma carga elétrica são equivalentes. Isso é um indicativo muito forte da zona do realismo ingênuo, que pode ser difícil de ser superado se a diferenciação entre cargas e polos não for feita adequadamente. O principal obstáculo epistemológico detectado nessa questão é o uso de analogias diretas.

A questão 3 abordava a existência de monopolos magnéticos, na ideia de dividir ímãs infinitamente. Há uma inconsistência com a questão 2, uma vez que as cargas elétricas podem ser separadas, mas os estudantes entendem que polos magnéticos são a mesma coisa que cargas. Agora, a existência de monopolos magnéticos é negada, evidenciando a natureza híbrida e não linear do perfil, onde duas ideias contraditórias podem coexistir.

A questão 4 diz respeito à atração e repulsão de cargas ou polos iguais, enquanto a questão 5 perguntava diretamente se há relação entre eletricidade e magnetismo. O alto índice de respostas corretas explica a confusão entre os conceitos próprios de cada área da Física.

A questão 6 trata da atração magnética através de meios diferentes. As respostas são particularmente reveladoras. A divisão de respostas sugere que parte dos estudantes se baseava em experiências prévias e observações empíricas (como segurar um ímã através da mão), caracterizando um pensamento alinhado à zona do ‘empirismo’. Esses alunos partiam da experiência, mesmo sem conhecer o conceito formal de permeabilidade magnética. Isso demonstra que o desenvolvimento de zonas mais sofisticadas do perfil pode ocorrer de forma pontual, mesmo com a forte presença de obstáculos da zona do realismo ingênuo. Por fim, a questão 7 perguntava sobre a imantação de um material ferromagnético.

Desse teste diagnóstico, é possível perceber alguns obstáculos epistemológicos, especialmente no que diz respeito à correlação entre cargas elétricas e polos magnéticos. Porém, há também indícios do início do desenvolvimento de outras zonas de perfil conceitual, como explicitado nas respostas da questão 6. Vimos, então que a superação dos obstáculos epistemológicos não é linear e também não limita o surgimento de novas zonas de perfil conceitual, nem o trânsito entre tais zonas.

Do teste final, temos as seguintes abordagens: a questão 1 perguntava a respeito das diferenças das explicações do magnetismo entre os povos da Grécia e os Persas, envolvendo um conhecimento menos sofisticado. A segunda pergunta era de cálculo de fluxo magnético através de espiras anguladas. Já a terceira questão solicitava a descrição e explicação dos experimentos históricos de Oersted e de Faraday. A pergunta número 4 pedia a distribuição eletrônica de Pauling de quatro elementos químicos para indicar que tipo de material ele é (ferromagnético, diamagnético ou paramagnético). A pergunta 5, mais complexa, pedia para que os estudantes explicassem o porquê de ser impossível separar o polo norte e sul dos ímãs de acordo com os gregos antigos, com o Petrus Peregrinus, com Oersted e Faraday e pelas teorias atômicas. Os acertos de cada turma estão na tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem de acertos na avaliação final

Turma	Questão 1	Questão 2	Questão 3	Questão 4	Questão 5
A	67%	50%	41%	13%	6%
B	64%	25%	28%	32%	22%

Fonte: O autor (2019).

O alto número de acertos na primeira pergunta indica que a primeira zona de perfil conceitual foi bem desenvolvida nos estudantes, o que é o esperado, visto que é a zona de perfil com as características menos sofisticadas. A questão 2, por ser de cálculo, pode ter dois fatores que prejudicaram a quantidade de acertos: o aparato matemático em si ou a interpretação do exercício. Em ambas as turmas, as maiores dificuldades aconteceram na interpretação da própria pergunta, indicando uma dificuldade na compreensão de fenômenos que não são empíricos. Os acertos foram parecidos, em ambas as turmas, entre a questão 2 e a 3. Por estarem relacionadas à mesma zona de perfil conceitual, isso indica que a construção dessas zonas de perfil conceitual é de fato individualizada e dependente da superação de obstáculos epistemológicos para o completo desenvolvimento.

A pergunta 4 traz uma situação completamente abstrata e, por isso, há uma certa dificuldade em respondê-la, especialmente porque é sofre influência de mais obstáculos epistemológicos que podem surgir desde o conhecimento do realismo ingênuo até o racionalismo simples.

A questão 5 indica que, proporcionalmente, o trânsito entre as diferentes zonas de perfil conceitual acontece mesmo com menos zonas formadas. Além da dificuldade na identificação de contextos, há também o fator do não desenvolvimento dos diferentes conhecimentos, o que prejudica naturalmente no trânsito entre ideias e contextos.

A análise dos dados indica que os estudantes demonstraram capacidade para diferenciar contextos na aplicação de conceitos. Contudo, observou-se que dificuldades relacionadas à interpretação de texto podem ter influenciado os resultados, o que abre uma possibilidade para futuras investigações. Notou-se também uma correlação entre o tempo que cada zona de perfil conceitual foi trabalhada com a apropriação do conhecimento em uma zona específica; a zona do senso comum, que recebeu maior carga horária, foi a que

apresentou maior desenvolvimento. Por fim, foram observadas evidências do trânsito entre zonas do perfil conceitual, embora de forma inconsistente. Tais inconsistências são atribuídas, em grande parte, a obstáculos epistemológicos que não foram plenamente superados durante a intervenção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo exploratório atingiu seu objetivo principal de elaborar e desenvolver, em sala de aula, uma sequência didática sobre eletromagnetismo e analisar a superação de obstáculos epistemológicos e o trânsito entre as zonas de perfil conceitual. Os resultados confirmam a premissa de que estudantes do Ensino Médio possuem um perfil conceitual heterogêneo e evidenciam a possibilidade de trânsito entre as diferentes zonas deste perfil. A análise indicou que, embora tal trânsito tenha ocorrido, sua consolidação se mostrou inconsistente, um resultado atribuído especialmente à persistência de obstáculos epistemológicos que a intervenção não pôde ajudar a superar.

É necessário, então, reconhecer as limitações desta pesquisa. Primeiramente, a aplicação da sequência didática sofreu restrições impostas pelo calendário escolar e pela necessidade de alinhamento com o planejamento didático preexistente, o que limitou o tempo dedicado a certas zonas do perfil conceitual. Em segundo lugar, a abordagem pedagógica, apesar do enfoque em HFC, não se caracterizou como essencialmente construtivista, uma vez que houve intervenções docentes para garantir o cumprimento do conteúdo planejado. Por fim, a estrutura dos instrumentos avaliativos pode ter gerado dificuldades de interpretação, uma variável que interfere na coleta de dados.

A forte presença de concepções realistas ingênuas e a dificuldade de abstração corroboram o diagnóstico de que o ensino tradicional, focado em fórmulas, não é suficiente para promover o desenvolvimento de zonas mais sofisticadas do perfil. Além disso, a observação de que o trânsito entre zonas é possível, ainda que inconsistente, reforça a tese de Mortimer (1996) contra a ideia de uma "mudança conceitual" abrupta e a favor de um modelo de coexistência de diferentes formas de pensar.

As implicações deste trabalho apontam para a notável aplicabilidade da epistemologia de Bachelard no ambiente escolar, desde que transposta didaticamente por meio de ferramentas como o perfil conceitual de Mortimer (1996). Para trabalhos futuros, sugere-se o aprimoramento da sequência didática com a incorporação de metodologias mais centradas no estudante, que permitam reflexões mais autônomas. Recomenda-se, ainda, a reconstrução dos instrumentos avaliativos para mitigar ambiguidades, bem como a condução de investigações focadas especificamente nos processos de superação de obstáculos epistemológicos, um aspecto que este estudo abordou de forma secundária.

Os resultados desta investigação transcendem a análise da sequência didática aplicada e apontam para implicações diretas na prática e na formação de professores de Física. A dificuldade dos estudantes em transitar para as zonas mais abstratas do perfil conceitual, mesmo após uma intervenção fundamentada em HFC, sinaliza que a superação de obstáculos epistemológicos é um processo de longa duração, que exige do professor mais do que o domínio do conteúdo.

Torna-se evidente a necessidade do professor assumir o papel de escuta ativa. Isso implica em desenvolver a capacidade de compreender as respostas dos alunos não para classificá-las como certas ou erradas, mas para identificar a lógica subjacente a elas e em qual zona do perfil conceitual elas se ancoram. Tal competência não é trivial e demanda uma formação docente que vá além do conhecimento técnico da Física, abrangendo profundamente discussões sobre epistemologia e didática das ciências.

Portanto, os espaços de formação inicial e continuada de professores deveriam incorporar a discussão e a aplicação de ferramentas como o perfil conceitual. A análise de casos reais, a elaboração de sequências didáticas com base nesse referencial e a reflexão sobre a própria prática são caminhos para instrumentalizar os futuros e atuais professores a promoverem rupturas epistemológicas em seus estudantes, em vez de meramente depositar informações, evitando a perpetuação da "educação bancária" criticada por Freire (1997).

REFERÊNCIAS

BACHELARD, Gaston. A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico. In: CIVITA, V. (Ed.). **Coleção Os Pensadores**. São Paulo: Editora Abril Cultural, 1978. P. 4–87.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 1. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, mai. 1996. ISBN 978-85-85910-11-2

CARVALHO, Ana Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Abordagens histórico-filosóficas em sala de aula: questões e propostas. In: CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. et al. (Ed.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. cap. 5, p. 107–139.

ELLIOT, John. Towards a synoptic vision of educational change in advanced industrial societies. In: ALTRICHER, Herbert; ELLIOT, John. **Images of educational change**. Buckingham: Open University Press, 2000.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. 18ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1967

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1997.

GIROUX, Henry Armand. Os professores como intelectuais. In: GIROUX, Henry Armand. (Ed.). **Os professores como intelectuais. Rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. [S.l.]: Editora Artmed, 1997. P. 25–32.

LIBÂNEO, José Carlos. Didática e Epistemologia: para além do embate entre a didática e as didáticas específicas. In: VEIGA, Ilma Passos Alencastro; D'ÁVILA, Cristina Maria. (Ed.). **Profissão docente: Novos sentidos, novas perspectivas**. 1. ed. [S.l.]: Papirus Editora, 2008. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico). P. 59–88.

LIBÂNEO, José Carlos. A integração entre didática e epistemologia das disciplinas: uma via para a renovação dos conteúdos da didática. In: XV ENDIPE. SIMPÓSIO Epistemologia e Didática. [S.l.: s.n.], 2012.

MARTINS, Roberto de Andrade. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibele Celestino. (Org.) **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006, p. xvii-xxx.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 73–80, dez. 2018.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 1, n. 1, p. 20–39, 1996.

SKINNER, Burrhus Frederic. **Tecnologia do ensino**. São Paulo: Herder, 1972.

SOUZA FILHO, Moacir Pereira; BOSS, Sérgio Luiz Bragatto; CALUZI, João José. Problematização no ensino de tópicos do Eletromagnetismo por meio das etapas da psicanálise bachelardiana. **Nuances: Estudos sobre Educação**, Presidente Prudente, v. 22, n. 23, p. 72–95, 2012.

TRIPP, David. Action research: a methodological introduction. **Educação e Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 443–466, dez. 2005.

VEIGA, Ilma Passos Alencastro. Didática geral e didáticas específicas: pontos para reflexão. **Olhar de Professor**, Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), v. 17, n. 1, p. 13–19, 2014. ISSN 1984-0187. DOI: 10.5212/olharprofr.v.17i1.0001. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5212/OlharProfr.v.17i1.0001>.

Recebido em: 30/09/2025

Aceito em: 30/11/2025

Publicado online em: 08/12/2025