



Natureza da ciência em sala de aula: aspectos empíricos para uma investigação em física

Daniel Trugillo Martins Fontes¹ 

¹Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da USP, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Palavras-chave

filosofia da ciência
experimento
eletromagnetismo
atividade didática

Resumo

Neste artigo, apresentamos e discutimos uma atividade didática que combina aspectos epistêmicos da natureza da ciência (NdC) com um experimento de montagem simples e de custo relativamente baixo sobre indução eletromagnética. O objetivo da atividade é que os alunos alcancem uma compreensão mais crítica da relação entre teoria e experimento. Os resultados da aplicação demonstraram que os alunos não apenas aprimoraram suas habilidades de comunicação dentro dos grupos, mas também exercitaram a criatividade ao enfrentar um problema real e desconhecido. Além disso, as interações com os estudantes revelaram que eles discutiram criticamente aspectos epistêmicos da NdC, a saber: a inexistência de um método científico universal, a utilização da imaginação e da crença na prática científica e a possibilidade de a teoria não ser consequência da observação experimental e vice-versa. Em relação aos aspectos pedagógicos, os alunos aprimoraram suas capacidades comunicativas dentro dos grupos, exercitaram a criatividade na resolução de problemas e assumiram a responsabilidade no desenvolvimento da atividade. Embora a atividade tenha sido realizada com alunos do Ensino Médio, em uma escola pública, ela também apresenta potencial para ser aplicada no ensino superior. Por fim, são discutidas diversas possibilidades de expansão e modificação da atividade, visando enriquecer ainda mais a experiência de aprendizado.

1. Introdução

Nos últimos anos, a pesquisa em ensino de ciências, em geral, e o ensino de física, em particular, tem direcionado cada vez mais atenção para questões relacionadas ao ensino de conceitos científicos à luz das preocupações contemporâneas [1]. Ao mesmo tempo, temos pre-

senciado críticas infundadas à ciência e à prática científica, bem como um aumento na disseminação de notícias falsas e pseudociência [2]. Como resposta a essa preocupação contemporânea, periódicos nacionais e internacionais em ensino de ciências têm dedicado nú-

A ausência de uma reflexão aprofundada e a falta de atenção ao ensino de características da pesquisa científica contribuem para a disseminação de pseudociências e negacionismo científico

meros temáticos exclusivos para reunir artigos que abordam refle-

#Autor de correspondência. E-mail: daniel.fontes@usp.br.

Este é um artigo de acesso livre sob licença Creative Commons



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

xões e buscas de soluções para essa propagação de desinformação e descrédito científico, bem como seu impacto no ensino de ciências. Entre as questões levantadas, destaca-se a falta de atenção em sala de aula em relação à natureza da ciência. A ausência de uma reflexão aprofundada e a falta de atenção ao ensino de características da pesquisa científica são elementos que contribuem para a disseminação de pseudociências e negacionismo científico [3-5].

Embora o cenário atual seja resultado de múltiplos fatores que transcendem o contexto educacional formal, a comunidade de pesquisadores em ensino de física pode contribuir por meio de atividades de ensino que enfatizem a compreensão de aspectos da natureza da ciência [6]. Como resultado, a natureza da ciência (NdC) ganha ainda mais relevância no meio acadêmico, sendo objeto de ampla literatura. Em poucas palavras, Moura [7] explica que a NdC pode ser compreendida como um conjunto de elementos que abordam a construção, o estabelecimento e a organização do conhecimento científico, englobando desde aspectos epistêmicos, como os métodos científicos e a relação entre experimentação e teoria, até fatores não epistêmicos, como a influência de elementos socioculturais, religiosos e políticos na aceitação de ideias científicas. De forma geral, seu estudo é considerado um dos principais objetivos do ensino de ciências [8].

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar uma atividade didática que permita aos alunos discutir e vivenciar alguns aspectos epistêmicos da NdC, especificamente alcançando uma compreensão mais crítica da relação entre teoria e experimento. Existem diversas estratégias que os professores podem adotar para abordar a NdC em sala de aula. Neste trabalho, optou-se por investigar um experimento simples e de baixo custo, relacionado à queda livre e ao eletromagnetismo. Vale ressaltar que a revista *Física na Escola*, periódico nacional mais tradicional na divulgação de pesquisas em ensino de física com foco na educação básica, tem entre seus principais conteúdos de publicação experimentos [9], o que reflete o interesse e a relevância contínua desse recurso pela comunidade que ela abrange.

Em suma, o objetivo geral deste trabalho é fornecer subsídios aos professores de física para que eles possam trabalhar alguns aspectos epistêmicos da NdC por meio da experimentação. O foco principal é promover a reflexão sobre a realização de um experimento e sua capacidade de explicar uma teoria, envolvendo conceitos que geralmente só encontram consenso quando expressados algebricamente. Isso inclui, por exemplo, o conceito de campo eletromagnético, que é apresentado de várias formas na literatura e em manuais didáticos, como “substância eletromagnética”, “uma espécie de aura”, “um campo de linhas invisíveis”, “uma alteração no espaço”, entre outros [10, p. 1084].

2. Breves comentários da física envolvida

O experimento em questão envolve dois fenômenos físicos relevantes, relacionados tanto à queda de um corpo quanto ao eletromagnetismo. Quando soltamos um ímã em um tubo condutor, ocorre um efeito que pode ser descrito pela lei de Lenz, a qual estabelece que “o sentido de qualquer efeito de indução magnética é tal que ele se opõe à causa que produz esse efeito” [11, p. 290]. Essa lei pode ser derivada da lei de Faraday sobre a indução eletromagnética e está relacionada ao princípio da conservação de energia. Uma descrição qualitativa da indução eletromagnética dentro da bobina é ilustrada na Fig. 1.

Na Fig. 1, está representado um ímã que se move dentro de um tubo condutor. Esse movimento provoca uma variação no fluxo magnético, o que, por sua vez, induz uma corrente elétrica que se opõe à alteração do fluxo magnético. A presença dessa corrente induzida cria um campo magnético com orientação oposta à variação do fluxo magnético gerado pelo ímã. Medidas cuidadosas desse fenômeno demonstram que o ímã atinge velocidade terminal instantes após ser solto [12]. A razão para isso é que quanto maior a velocidade do ímã, maior será a variação no fluxo magnético, resultando em um campo magnético induzido mais intenso que se opõe à variação do campo magnético do ímã, retardando-o.

No entanto, os detalhes da indução eletromagnética, como as intensidades e os sentidos do campo magnético induzido e da corrente induzida, envolvem considerável abstração, conhecimento teórico em eletromagnetismo e um nível de proficiência matemática que está além do domínio da maioria dos alunos, incluindo aqueles com os quais a atividade foi realizada. Portanto, reconhecemos que a indução eletromagnética está longe de ser um fenômeno trivial. Contudo, para suscitar questionamentos sobre a relação entre teoria e experimento, bem como o papel da observação e da inferência no conhecimento científico, optamos por trabalhar com um fenômeno físico que não apresenta efeitos visivelmente evidentes. Experimentos que envolvem, por exemplo, o acender ou apagar de uma lâmpada, ou o movimento ou não de um objeto ou medidor, não seriam tão eficazes para atingir a problematização almejada.

3. A atividade didática

3.1. Objetivos específicos

Há vasta literatura acerca dos objetivos de aprendizagem no ensino de ciências, tanto no âmbito investigativo quanto na NdC. Em pesquisas anteriores, foram sugeridas algumas questões norteadoras: “Quais são os limites e as possibilidades do conhecimento científico?” [13, p. 8]. De que maneira um professor do ensino básico pode “trabalhar os recursos próprios da ciência

como observação, formulação de hipóteses, experimentação, análise etc., para explorar o desejo de conhecer e interagir inerentes dos alunos nestes níveis de ensino?” [14, p. 34]. Embora essas questões tenham sido levantadas há algum tempo, elas continuam relevantes e estão alinhadas com as atuais competências gerais da educação básica, conforme estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Portanto, elas serviram de base para a definição dos seguintes objetivos específicos:

- Estimular a reflexão, a formulação de hipóteses, a discussão e a elaboração de explicações sobre o que pode e o que não pode ser observado diretamente;
- Promover a argumentação com base em evidências empíricas;
- Proporcionar a vivência de procedimentos científicos característicos da produção de conhecimento científico, incluindo observação, questionamento, sistematização e discussão entre os pares;
- Incentivar a produção de reflexões críticas acerca da relação entre teoria e experimento.

Uma vez definidos os objetivos, a atividade foi desenvolvida no Ensino Médio regular da rede estadual, em uma escola localizada no litoral de São Paulo. Participaram 25 alunos do 3º ano (com idades entre 17 e 18 anos), igualmente distribuídos em relação ao gênero, no período noturno, em uma aula com duração de 90 minutos. Apesar de a escola estar localizada em uma região central da cidade, ela pode ser considerada de bairro, atendendo alunos que moram em seu entorno. Além disso, a escola possui laboratório, mas seu uso por parte dos professores é baixo. A escola apresentou um índice de desenvolvimento da educação básica (IDEB) de 4,5 em 2021, bem próximo à média do Estado de São Paulo.

3.2. Materiais e procedimentos

O material contou com 11 diferentes elementos, conforme pode ser observado na Fig. 2. O professor utilizou um diário para anotações das observações realizadas. Os alunos também utilizaram seus respectivos telefones celulares como cronômetros.

Os materiais na Fig. 2 são: pedaços de borracha (1 e 4), ímã de neodímio (3 e 5), ímã de ferrite (2 e 6), moedas (7 e 8), lacre de alumínio (9), cilindro de cobre com 51 cm de comprimento (10) e cilindro de plástico PVC (11). Propositamente, as borrachas e os ímãs de neodímio têm dimensões muito semelhantes (observe os pares 1-5 e 3-4 na Fig. 2). O procedimento experimental tem bastante abertura em relação a qual material utilizar e por qual começar, ficando essa decisão a cargo de cada grupo.

Para suscitar questionamentos sobre a relação entre teoria e experimento, bem como o papel da observação e da inferência no conhecimento científico, trabalhamos com um fenômeno físico que não apresenta efeitos visivelmente evidentes

Os alunos foram instruídos a segurar os tubos verticalmente da maneira mais estável possível. Enquanto um aluno solta o objeto testado dentro do tubo, outro aluno cronometra o tempo de queda. Vale ressaltar que os ímãs de neodímio são relativamente frágeis e, se colidirem diretamente com o chão, podem lascas ou quebrar. Por essa razão, os alunos foram instruídos a colocar a mão ou um agasalho embaixo do cilindro quando utilizassem tais objetos.

3.3. Na sala de aula

Antes de iniciar a investigação empírica com os alunos, foi realizada uma discussão coletiva para organizar seus conhecimentos prévios a respeito de materiais magnéticos. Esse momento inicial desempenha um papel importante, uma vez que fornece informações que auxiliam o professor a direcionar perguntas problematizadoras. Além disso, essa interação inicial contribui para criar um ambiente de participação e motivação dos alunos para se envolverem na atividade [15]. De modo geral, o planejamento da aula foi inspirado no recente trabalho de Santiago [16], que adotou uma abordagem experimental empírico-indutivista para o estudo do campo magnético. A Tabela 1 fornece uma breve descrição das etapas durante o desenvolvimento da aula.

A Fig. 3. ilustra alguns mapas mentais produzidos pelas turmas ao longo da Etapa 1.

Foi uma surpresa notar que os mapas produzidos pelas turmas foram ricos em relação aos conceitos e suas associações com a ideia que têm de teoria científica. Muitos termos aparecem em ambos, como *conhecimento*, *hipóteses*, *conspiração*, *ideia*. No entanto, enquanto em uma das turmas o conceito de experimento aparece destacado na figura (sem relações explícitas com outros termos), na outra turma o conceito de experimento surge associado a termos como *imaginação*, *criação*, *hipóteses*, *ideia* e *dúvida*. Esses elementos foram retomados durante a discussão na Etapa 5.

Assim como em Santiago [16], a atividade seguiu uma abordagem empírica-indutivista, uma vez que se baseou na observação e na investigação repetida de um fenômeno, em parte seguindo procedimentos característicos da pesquisa científica. Nessa prática específica, não é possível a visualização direta dos fenômenos eletromagnéticos, o que permitiu aos alunos adquirirem conhecimento por meio de suas próprias ações, desenvolvendo simultaneamente habilidades para conduzir investigações científicas. A Fig. 4 ilustra momentos das Etapas 4 e 5.

Na Fig. 4c, é possível notar que as hipóteses, destacadas em vermelho, são enunciadas conforme o anda-



Figura 2 - Materiais que os alunos tinham à disposição.

Tabela 1: Breve descrição das etapas didáticas e desenvolvimento da aula.

Etapa 1 (15 min)	Explorando os conhecimentos prévios dos alunos sobre magnetismo e aspectos epistêmicos da NdC. No início da aula, professor e alunos dialogaram e, com base nas respostas da turma, foi criado um mapa mental na lousa relacionado ao conceito de teoria. Cada aluno que sugeria uma nova palavra para completar o mapa vinha até a frente para escrevê-la e justificar para o restante da sala por que fazia sentido essa palavra estar ali. Para explorar as concepções prévias dos alunos em relação ao magnetismo, foram utilizadas as seguintes questões propostas por Souza Filho e cols. [15, p. 33]: “O que é um ímã? Quais as características de um ímã? Que tipo de material é atraído pelos ímãs?”, entre outras.
Etapa 2 (5 min)	Problematização. Foi apresentado o problema específico relacionado à NdC por meio da pergunta problematizadora: <i>Como uma cientista sabe se o experimento confirma a teoria?</i> Essa questão foi escrita na lousa para manter o foco dos estudantes na reflexão pretendida.
Etapa 3 (10 min)	Apresentação do material. Foi oferecida uma breve visão geral do material com o qual eles iriam trabalhar, mas sem fornecer informações sobre quais objetos eram magnéticos. Nessa etapa, explicitou-se o procedimento experimental (segurar o tubo na vertical, anotar o objeto testado e o tempo de queda correspondente etc.). Conforme os alunos manipulavam os experimentos e surgiam dúvidas sobre o material, mais informações eram fornecidas. Os estudantes foram instruídos a manter os celulares afastados dos ímãs de neodímio para evitar danos aos aparelhos.
Etapa 4 (40 min)	Discussão em grupo e organização do conhecimento. Os estudantes tiveram a liberdade de manipular os materiais e formular hipóteses sobre o que percebiam. Durante essa fase, houve acompanhamento do desenvolvimento da atividade e das discussões entre os alunos, com intervenções apenas quando solicitadas. Os alunos foram questionados sobre os procedimentos que estavam realizando. Por exemplo, alunos do mesmo grupo que se revezavam para utilizar o cronômetro foram questionados sobre como essa prática poderia influenciar os resultados.
Etapa 5 (20 min)	Sistematização do conhecimento. Nessa etapa, foram recolhidos o material experimental e as anotações dos alunos, nas quais eles descreveram o percurso investigativo, suas hipóteses e como foram confirmadas ou refutadas durante a experimentação. Houve condução de uma discussão em sala e auxílio aos alunos na organização do que experimentaram, retomando a questão inicial da problematização. Por fim, recriou-se o mapa mental relacionado à teoria e ao experimento.

mento da coleta de dados. As duas primeiras hipóteses do grupo representado pela Fig. 4 foram: “o ímã não gruda no cobre” e “o ímã cai mais rápido do que a borracha”. Entre as outras em destaque, lê-se: “a borracha grande encosta no cano PVC enquanto cai, pode afetar no tempo”; “o ímã grande também encosta no cano PVC”; “quando o ímã grande passa no cobre, a pressão

da mão parece [ilegível] ele”; “a borracha pequena chega mais rápido por ser pequena, e não bater tanto no cano”. Esses elementos na escrita dos alunos, independentemente da sua correspondência no mundo físico, sugerem que a atividade proposta promoveu uma discussão que relaciona os materiais experimentados com o fenômeno da queda de um corpo

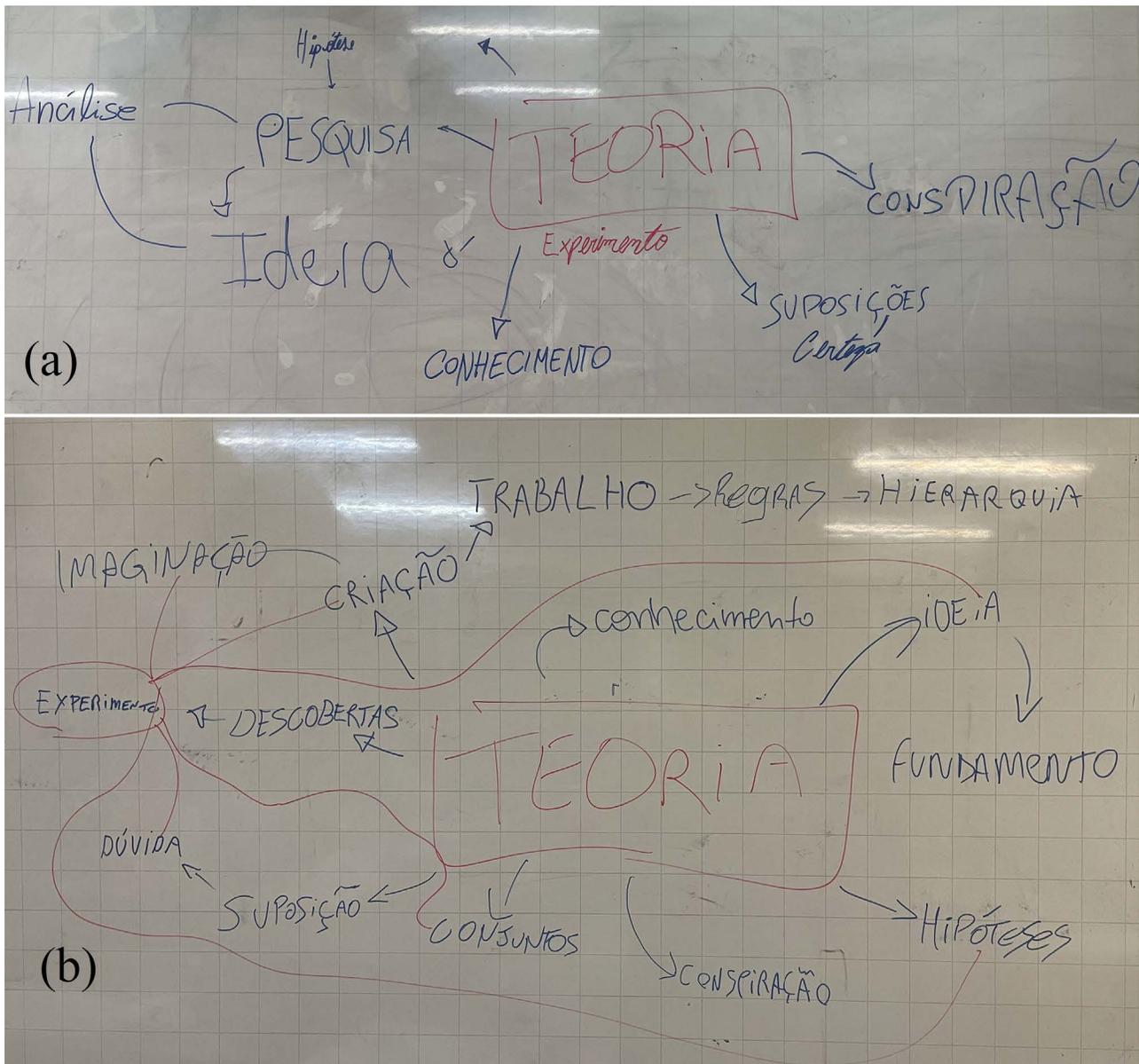


Figura 3 - Mapas mentais com aspectos que relacionam teoria e experimento científico. O termo central “teoria” foi o único escrito pelo professor.

magnético dentro de um tubo condutor. Além disso, indicam diferentes graus de abstração da observação, tanto direta (o ímã não é atraído pelo cobre) quanto indireta (é possível sentir algo na mão que segura a bobina durante a passagem do ímã de neodímio).

4. Discussão geral

Por meio das questões problematizadoras e da atividade prática apresentada, nossa proposta era estimular e desafiar os alunos a se envolverem em investigações que os ajudariam a desenvolver e aplicar habilidades experimentais. Nesse processo, eles foram incentivados a aprimorar e refinar seus modelos de compreensão da natureza, assumindo um papel fundamental na construção de seu próprio conhecimento.

O professor, por sua vez, desempenha um papel crucial nesse contexto, atuando como mediador entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar, criando um ambiente propício para a aprendizagem e fornecendo suporte e orientação aos alunos.

O experimento proposto demonstrou grande potencial, uma vez que os alunos não apenas participaram da sua execução como também estiveram envolvidos na definição do problema, na formulação de hipóteses, na discussão com o professor e na exploração de diferentes abordagens para coletar dados e interpretar os resultados. No início da atividade, ficou evidente, pelos comentários dos estudantes, que os fenômenos mais imediatos que revelam aspectos do eletromagnetismo estão relacionados à luz ou à atração

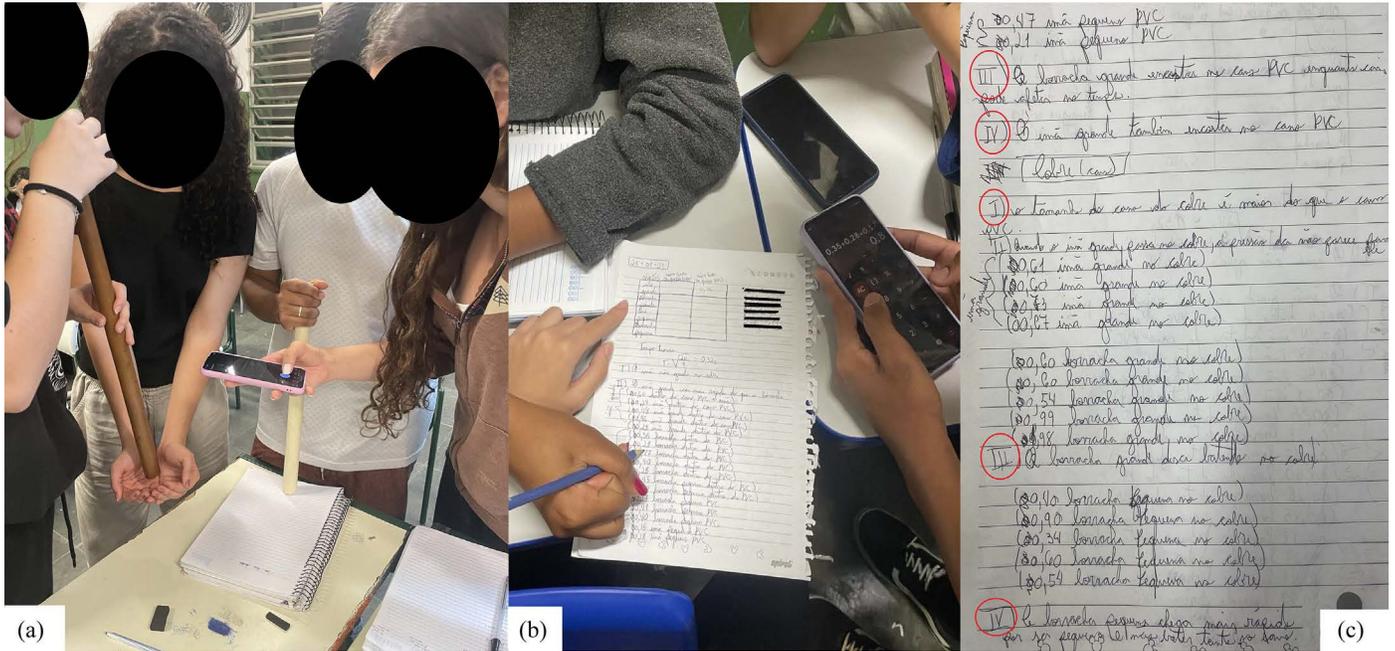


Figura 4 - Retratos das Etapas 4 e 5. Alunos investigando o problema (a); alunos discutindo significados dos resultados obtidos (b); exemplo de hipóteses, destacadas em vermelho, produzidas por um dos grupos (c).

de um ímã por outro. Por um lado, isso torna a atividade realizada mais desafiadora para o ensino da indução eletromagnética; por outro, a atividade mostra-se oportuna para promover a reflexão, a discussão e a argumentação por parte dos alunos, expondo-os às relações entre o experimento e a teoria. Nesse contexto de investigação do “invisível”, o estudante deixa de ser mero receptor passivo do conhecimento e passa a interagir ativamente. Eles atribuíram significado tanto em âmbito pessoal quanto social quando, por exemplo, responderam, após lhes perguntarem se algum objeto poderia cair mais rápido quando solto dentro de algum dos cilindros: “Não, porque se fosse assim, ele teria mais energia do nada, o que é estranho... daí todo mundo teria energia fácil, né?”.

As reflexões dos estudantes destacam o papel fundamental do professor durante a atividade, guiando e estimulando o pensamento crítico e a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem. Conforme colocado por Freire [17, p. 35]:

Na medida em que ele [professor] dialoga com os educandos, deve chamar a atenção destes para um ou outro ponto menos claro, mais ingênuo, problematizando-os sempre. Por quê? Como assim? Que relação vê você entre sua afirmação feita agora e a de seu companheiro ‘A’? Haverá contradição entre elas. Por quê?

A problematização implica na identificação de questões que os estudantes precisam resolver, conectando-se à perspectiva dialógica que gera inquietação e reflexão sobre o conhecimento, estimulando o desenvolvimento do pensamento crítico na construção do conhecimento científico. Sob a orientação do professor,

o aluno é exposto a situações que exigem a superação do indutivismo ingênuo, que se refere à crença de que uma observação pode ser imparcial e sempre levar a uma indução inquestionável [7], direcionando-os para uma compreensão cada vez mais crítica.

4.1. Da interação com os alunos

Ao final da Etapa 4, ficou evidente que os estudantes sustentavam a ideia de que “algo” afetava o ímã grande durante sua queda dentro da bobina, causando uma queda mais lenta. Eles questionaram se “era verdade”, adotando uma postura comum de estudantes que esperam que o professor detenha a verdade. Nesse contexto, para facilitar a discussão sobre a NdC, assumi o papel de um cientista e respondi explicando o conceito de indução eletromagnética, mencionando as leis de Faraday e Lenz, mas evitando apelos à autoridade. Chamou a atenção que, mesmo sem serem orientados, os alunos realizaram cada experimento mais de uma vez, a fim de obter uma média do tempo ou um resultado mais fidedigno. Na Tabela 2, estão registrados os tempos médios de queda de alguns objetos, conforme anotado por um dos grupos.

Sabe-se que o tempo t de queda de um objeto em queda livre na superfície da Terra pode ser calculado pela seguinte expressão simplificada:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}},$$

sendo h a distância percorrida. No nosso caso, h é o próprio comprimento da bobina (0,51 m) e adotamos

$g = 9,8 \text{ m/s}^2$. Dados esses valores, o tempo teórico de queda é de aproximadamente 0,32 s. Note na [Tabela 2](#) que o tempo médio de queda da borracha grande encontrado por um dos grupos foi razoavelmente superior ao tempo médio de queda da borracha pequena. Isso ocorreu porque a borracha grande tinha a largura muito próxima ao diâmetro interno da bobina, o que fazia com que ela eventualmente colidisse com a parede interna da bobina caso os alunos não a soltassem com cuidado e mantivessem o cilindro vertical e estável. Esse não foi um grande problema na aula, pois os próprios alunos já sabiam que a massa do corpo não influencia no seu tempo de queda.

Durante a Etapa 5, introduziu-se uma nova variável que os alunos deveriam levar em conta na interpretação do problema: o tempo médio de reação humana. Apresentei dados que indicavam que o tempo médio de reação para adolescentes varia de 0,24 a 0,97 s [18]. A partir disso, uma questão foi proposta aos alunos: “Como vocês sabem que o ímã grande cai mais lentamente devido à existência de um fenômeno físico e não devido ao tempo de reação de vocês para pararem o cronômetro?” Após certa consideração, parte da turma ainda estava convicta de que “com certeza observou o ímã grande cair mais lentamente”. Nosso diálogo levou a uma nova problematização: “E se vocês estivessem em outra época, como a de Aristóteles, suas observações ainda seriam as mesmas?” Os alunos já haviam sido introduzidos à interpretação da queda livre na época de Aristóteles, o que tornou esse exemplo pertinente¹. Essa abordagem permitiu discutir a influência da teoria na observação, destacando que os cientistas não realizam experimentos sem expectativas teóricas, ou “imaginação” e “suposição”, conforme eles colocaram ([Fig. 3b](#)). A ação de observação já é influenciada pela teoria e teorias estão sujeitas a mudanças ao longo do tempo, devido a um processo sócio-histórico.

Durante a discussão geral, os alunos levantaram questões sobre como teriam “mais certeza” da existência do fenômeno se tivessem “mais objetos para testar”, o que incluiria um “relógio mais preciso acionado por máquina” e “instrumento para medir corrente elétrica”. Esses elementos nas falas dos estudantes sugerem que eles têm certa compreensão de que o conhe-

cimento científico está sujeito a mudanças com base no acesso a informações adicionais, obtidas por meio da experimentação com objetos que sejam idênticos em todas as características (massa, volume, formato, espessura, etc.), exceto na propriedade magnética. Isso pode gerar mudanças de perspectivas - como explorar o fenômeno da indução não apenas por meio do tempo de queda, mas também pela detecção de corrente elétrica - e está em conformidade com alguns dos principais aspectos da NdC almejados por essa atividade.

Por fim, nossa avaliação é que a atividade efetivamente demonstrou que os estudantes assimilaram alguns aspectos epistêmicos da natureza da ciência, indicando progresso na aprendizagem. A experiência também sugere que a metodologia adotada foi eficaz, pois contribuiu para que os alunos compreendessem melhor o processo científico, mesmo que já tivessem algum conhecimento prévio. Além disso, destaco a cooperação entre os estudantes, que lhes permitiu interagir e desenvolver estratégias para solucionar problemas com pouca intervenção do professor e se apropriarem do papel da coletividade na produção e negociação do conhecimento científico.

A cooperação entre os estudantes lhes permitiu desenvolver estratégias para solucionar problemas e se apropriarem do papel da coletividade na produção e negociação do conhecimento científico

4.2. Propostas de adaptações e futuras atividades

Diferentes escolas, professores e estudantes têm realidades e expectativas diversas em relação ao ensino. No entanto, a tarefa de incorporar reflexões sobre a produção do conhecimento científico é um esforço conjunto que deve ser estimulado pela comunidade escolar. A atividade descrita neste trabalho foi inspirada em lacunas e sugestões apresentadas por outros pesquisadores em ensino de física e ciências, muitos dos quais foram referenciados anteriormente. Nesse contexto, vale explorar algumas outras possibilidades de desenvolvimento da atividade, com o objetivo de abordar aspectos epistêmicos e não epistêmicos da NdC, a fim de oferecer mais recursos aos professores e pesquisadores e servir de base para futuras sequências didáticas.

1. A atividade discutida neste trabalho também foi realizada com turmas do primeiro ano. Naquela

Tabela 2: Tempo de queda de alguns objetos conforme obtido por um dos grupos.

Materiais	Média do tempo de queda no interior da bobina	Média do tempo de queda no interior do cilindro de PVC
Ímã grande (item 5, Fig. 2.)	0,63 s	0,33 s
Borracha grande (item 1, Fig. 2.)	0,47 s	0,34 s
Ímã pequeno (item 3, Fig. 2.)	0,29 s	0,31 s
Borracha pequena (item 4, Fig. 2.)	0,29 s	0,33 s

oportunidade, não havia a intenção de explorar o eletromagnetismo e o foco era a prática científica e o conceito de queda livre. Contudo, notei que a dinâmica tomou muito mais tempo, pois os alunos queriam fazer os lançamentos múltiplas vezes com *todos* os itens apresentados na Fig. 2. No terceiro ano, por exemplo, isso não aconteceu. Eles logo perceberam que as moedas e o lacre de alumínio estavam ali apenas para “distrair” e que não contribuíam realmente para a investigação. Portanto, a sugestão é que se essa atividade for realizada com primeiros anos, então sugiro que se utilize apenas a bobina (cilindro de cobre) com as borrachas e ímãs de neodímio (itens 1, 3, 4 e 5 na Fig. 2.). Não há necessidade de utilizar ímãs de ferrite (de geladeira, por exemplo) e outro cilindro de plástico, pois a intenção dessa atividade não é investigar o eletromagnetismo, mas sim o conceito de queda livre e o fazer científico a partir da negociação com os pares, os erros e a experimentação. Também, a critério do professor, a liberdade na experimentação por parte dos estudantes pode ser reduzida. Nesse caso, o docente pode oferecer um guia procedimental descrevendo o que os alunos devem experimentar primeiro para que apenas um parâmetro seja modificado por vez. Por exemplo, escolher o ímã e a borracha do mesmo tamanho percorrendo o mesmo tubo (e.g., cobre) e anotar o intervalo de tempo. Depois, os mesmos objetos para o outro tubo. Esse processo permite que a comparação dos tempos de queda fique mais evidente. Vale pontuar que quanto maior o comprimento dos tubos utilizados, maior a redução das imprecisões na coleta dos dados e mais evidente o efeito de retardamento na queda do ímã.

2. A utilização do cronômetro para medição de intervalo de tempo tão pequeno não gera confiança nos dados e pode gerar desconfiança por parte dos estudantes. A imprecisão da medida é grande quando considerado o tempo de reação humana. Nesse caso, sugere-se ao professor a utilização de recursos digitais que possam auxiliar na coleta mais precisa do tempo de queda. Por exemplo, o aplicativo *Audacity* permite medir o tempo por meio do som, de tal modo que quando o objeto sair do tubo e cair sobre a mesa, haverá um registro no gráfico do aplicativo. Esse aplicativo é gratuito e de fácil instalação no celular. Vale também uma rápida aula sobre a divisão dos segundos, para que os valores registrados ganhem significado para os discentes, já que a medida do tempo de queda vai até o centésimo de segundo.²
3. O professor pode optar por realizar a atividade após o ensino formal dos conceitos eletromagnéticos. Essa abordagem pode ser mais apropriada para alunos de turmas mais avançadas ou do ensino superior. Tal adaptação não altera a essência da atividade proposta, mas pode impactar o desenvolvimento de

algumas etapas. Por exemplo, na Etapa 5, os estudantes podem ser instruídos a descrever o fenômeno eletromagnético que ocorre no interior do tubo, incluindo a criação de desenhos esquemáticos e a descrição, com suas próprias palavras, da aplicação da lei de Faraday e Lenz. Nesse contexto, é esperado que eles associem e justifiquem os materiais em categorias (por exemplo, magnético, condutor, isolante etc.) com os resultados esperados da experimentação.

4. Pode ser interessante dedicar algum tempo antes da atividade para explorar o texto de Silveira e Ostermann [19], no qual questionam a ideia de deduzir uma lei a partir de resultados experimentais. Esse artigo é valioso porque oferece informações que podem ajudar o professor a responder a algumas das questões que surgirem durante a aplicação da atividade, especialmente reflexões como “se tivéssemos mais dados experimentais, seria possível explicar o que ocorre com certeza”. Para complementar, o texto de Assis e Neves [20] traz um exemplo de debate histórico no campo da cosmologia moderna e também é uma referência interessante para o professor explorar tal aspecto da NdC aliado a resultados experimentais.
5. É possível adicionar à atividade dinâmicas que estimulem o pensamento crítico em relação aos aspectos não epistêmicos da NdC. Por exemplo, na atividade realizada, os materiais foram entregues aos grupos para que pudessem experimentá-los livremente. No entanto, o professor pode solicitar que os alunos justifiquem (por escrito, por exemplo) por que desejam experimentar um determinado material antes de fornecê-lo. Os alunos não teriam acesso a todos os materiais de uma só vez. Essa abordagem está alinhada com a prática atual em muitas pesquisas científicas, no qual o acesso a materiais (como reagentes, telescópios, computadores ou bancos de dados específicos) ocorre após solicitação baseada em hipóteses ou objetivos de investigação claros. Nesse contexto, o comitê de avaliação (que pode ser o professor ou outros alunos) pode negar o acesso a determinado material se não considerar a hipótese ou argumentação apresentada razoável. Há diversos referenciais teóricos que podem auxiliar a fundamentar essa atividade, mas vale a pena considerar Thomas Kuhn [21] por sua linguagem acessível e introdutória.
6. É possível modificar a Etapa 5 visando desenvolver atividades que desafiem a noção do processo científico e da ciência como verdades imutáveis. Para esse contexto, os estudantes podem relatar de forma anônima suas hipóteses sobre o que ocorre com os objetos quando percorrem os cilindros. Cada grupo criará uma argumentação anônima e a colocará em um envelope que será entregue ao professor, que então embaralhará os envelopes e os redistribuirá

entre os grupos. O objetivo dessa atividade é permitir que os grupos avaliem as argumentações de seus colegas e atribuam um conceito ou valor numérico a elas. No final, a argumentação do grupo que receber a maior pontuação se tornará a “verdade científica”, determinada pelos pares. Para todos os efeitos práticos, a argumentação que prevaleceu representará o entendimento da comunidade de cientistas sobre o que ocorre com o experimento. Em aula subsequente, o professor, desempenhando o papel de cientista com novas interpretações sobre o experimento, apresentará novas argumentações à turma, que desempenhará o papel de comunidade científica. Será realizada uma nova votação pelos pares para determinar uma possível nova “verdade científica”. Essa dinâmica permite que os alunos investiguem e explorem sua perspectiva pessoal e social em relação a uma atividade de pesquisa e a coletividade na produção e validação do conhecimento científico. O foco dessa atividade é, portanto, explorar aspectos não epistêmicos da NdC, o que ajuda o aluno a entender fatores que contribuem para que um conhecimento seja considerado científico, bem como a natureza mutável da ciência.

As adaptações e atividades adicionais podem enriquecer a compreensão dos alunos sobre a natureza da ciência, tornando-a mais envolvente e crítica. É evidente que a abordagem da atividade deve ser adaptada de acordo com o estágio atual dos alunos, os objetivos de aprendizagem e os recursos disponíveis, mas mantendo o objetivo de estimular a discussão e a reflexão sobre o funcionamento da ciência e a construção do conhecimento científico.

5. Conclusão

Neste trabalho, buscamos apresentar e discutir uma atividade didática que desafiasse noções muitas vezes consideradas verdadeiras no processo científico

e na compreensão da ciência. A abordagem permitiu aos alunos investigar e trazer suas perspectivas para uma atividade de pesquisa, proporcionando uma experiência mais próxima do mundo que os cerca. Entendemos que esse processo contribui para uma compreensão mais aprofundada e significativa do fazer científico, permitindo que os alunos se engajem ativamente no processo de construção do conhecimento.

Conhecer a natureza da ciência é essencial para que os alunos estejam preparados para enfrentar questões científicas no futuro, independentemente de suas áreas de atuação. Reconhecemos que existem várias estratégias possíveis que os professores podem adotar para concretizar essa

ação, e nossa proposta é apenas uma delas. O importante é criar um ambiente onde os alunos possam questionar, explorar e compreender o processo científico de maneira crítica.

Nosso estudo também possibilitou aos estudantes discutir criticamente a possibilidade i) de existir um único método científico universal, ii) de a teoria ser consequência da experimentação e vice-versa, e iii) de a construção do conhecimento científico não se limitar apenas à observação direta, mas também envolver inferências e interpretações baseadas em evidências que nem sempre são simples de obter ou compreender. Os alunos não apenas aprimoraram suas capacidades comunicativas dentro dos grupos, como também exercitaram a criatividade na resolução de problemas e assumiram a responsabilidade na conclusão das tarefas propostas. Por fim, estendemos o comentário sobre os caminhos e as possibilidades para a história da ciência no ensino de física feito por Alcântara e Moura [22] para a integração da filosofia da ciência com a experimentação em sala de aula.

Recebido em: 3 de Outubro de 2023

Aceito em: 5 de Junho de 2024

Notas

¹Em termos gerais, na física aristotélica, os corpos pesados (e.g., pedras) caem em direção ao centro da Terra em um movimento natural, pois eles são compostos do mesmo material que o planeta. Na física newtoniana, há uma força de atração gravitacional que atua entre os corpos com massa. Portanto, a experiência de observação da queda dos corpos é a mesma, mas as teorias que as sustentam são diferentes.

²Agradeço ao parecerista anônimo que sugeriu essa proposta.

Referências

- [1] A. Guerra, C.B. Moura, I. Gurgel, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **37**, 1010 (2020). [doi](#)
- [2] D.T.M. Fontes, JCOM América Latina **4**, A01 (2021). [doi](#)
- [3] A. Fackler, Science & Education **30**, 445 (2021). [doi](#)
- [4] D. Metin, J. Cakiroglu, G. Leblebicioglu, Research in Science Education **50**, 175 (2020). [doi](#)
- [5] C. Mattos, F.S. Lopez, J.L. Ortega, A. Rodrigues, Science & Education **31**, 1339 (2022). [doi](#)
- [6] A.P.G. Souza, I.M.C. Binder, A Física na Escola **20**(1), 27 (2022).
- [7] B.A. Moura, Revista Brasileira de História da Ciência **7**, 32 (2014). [doi](#)
- [8] B.K. Mulvey, J.C. Parrish, J.W. Reid, J. Papa, E.E. Peters-Burton, Science & Education **30**, 527 (2021). [doi](#)

- [9] M. Ferreira, A Física na Escola **21**(1), 230508 (2023). [doi](#)
- [10] D.T.M. Fontes, A.M. Rodrigues, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **38**, 1067 (2021). [doi](#)
- [11] H.D. Young, R.A. Freedman, *Física III: Eletromagnetismo* (Addison Wesley, São Paulo, 2009), p. 430.
- [12] J.A.M. Clack, T.P. Toepker, The Physics Teacher **28**, 236 (1990). [doi](#)
- [13] A. Guerra, J.C. Reis, M. Braga, A Física na Escola **3**(1), 8 (2002).
- [14] J.A. Souza, C.S. Oliveira, A Física na Escola **11**(2), 34 (2010).
- [15] M.P. Souza Filho, S.L.B. Boss, J. Mianutti, J.J. Caluzi, A Física na Escola **12**(1), 30 (2011).
- [16] R.B. Santiago, A Física na Escola **20**(1), 210803 (2022).
- [17] P. Freire, *Extensão ou Comunicação* (Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1983), p. 93.
- [18] S.B.O. Souza, B. Tomé, R.M. Magnani, F.M. Gervásio, Revista Neurociências **29**, 1 (2021). [doi](#)
- [19] F.L. Silveira, F. Ostermann, Caderno Brasileiro de Ensino de Física **19**, 7 (2002).
- [20] A.K.T. Assis, M.C.D. Neves, In: *Ciência, Filosofia e Política: Uma Homenagem a Fernando Bunchaft* (EDUFBA, Salvador, 2013), p. 53.
- [21] T.S. Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Perspectiva, São Paulo, 1998), p. 257.
- [22] M.C. Alcântara, B.A. Moura, A Física na Escola **20**(1), 210906 (2022).