

# OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS PARA FÍSICOS NA EDUCAÇÃO DO CAMPO E A IMPORTÂNCIA DE UMA POSTURA DIALÓGICA

## EPISTEMOLOGICAL OBSTACLES FOR PHYSICISTS IN LAND-BASED EDUCATION AND THE IMPORTANCE OF A DIALOGICAL APPROACH

Nathan Carvalho Pinheiro<sup>1</sup>, Frederik Moreira dos Santos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade UnB de Planaltina, nathancp@unb.br

<sup>2</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, fredasantos@ufrb.edu.br

### Resumo

Esse artigo apresenta uma análise a partir da vivência dos próprios autores como professores de Física na Educação do Campo. Escolhemos dois episódios, ocorridos nas aulas de eletromagnetismo de um dos autores, em uma Licenciatura em Educação do Campo, em que a formação dele para a docência em Física mostrou limitações para a dita modalidade de ensino. Analisamos tais episódios, utilizando as noções de exemplos paradigmáticos, de Thomas Kuhn, e de obstáculos epistemológicos, de Gastón Bachelard. Argumentamos que a formação de físicos e professores de física promove, como efeito colateral, obstáculos epistemológicos que dificultam o trabalho em determinados contextos. Por fim, defendemos a adoção de uma postura dialógica, calcada no conceito de dialogicidade de Paulo Freire, como uma possibilidade para a superação desses obstáculos.

**Palavras-chave:** Educação do Campo, obstáculos epistemológicos, dialogicidade, eletromagnetismo, formação de professores.

### Abstract

This article presents an analysis based on the authors' own experiences as Physics teachers in Land-based Education. We chose two episodes, which occurred in electromagnetism classes taught by one of the authors, in a Land-based Education Teaching degree, where his training for teaching Physics showed limitations for this teaching modality. We analyze these episodes using the notions of paradigmatic examples, from Thomas Kuhn, and epistemological obstacles, from Gastón Bachelard. We argue that the training of physicists and physics teachers inadvertently generates epistemological obstacles that hinder work in certain contexts. Finally, we advocate for the adoption of a dialogical approach, grounded in Paulo Freire's concept of dialogicity, as a possibility for overcoming these obstacles.

**Keywords:** Land-based Education, epistemological obstacles, dialogicity, electromagnetism, teacher training.

**Professores de Física na Educação do Campo**

Qual a importância de discutir como ensinar Física na Educação do Campo? Há especificidades dessa modalidade educacional que tornam o ensino de Física diferente nela? A resposta para essas questões certamente não é unânime entre os físicos. Em nossa vivência como físicos e licenciados em Física, atuando na Educação do Campo, percebemos que há muitas especificidades nos contextos do campo que precisam ser levadas em conta na formação dos professores que vão atuar neles, algo frequentemente não é feito nas licenciaturas em Física.

Argumentamos isso aqui a partir da análise de dois casos que um dos autores vivenciou em sala de aula, na Licenciatura em Educação do Campo da UnB. Esse tipo de curso faz parte de uma política pública de formação de professores para as Escolas do Campo, para atuarem no Ensino Médio e anos finais do Ensino Fundamental. Hoje há cursos do tipo em mais de 40 Instituições Federais de Ensino Superior, sendo que a maioria conta com área de formação em Ciências da Natureza.

Os episódios são relatados na seção a seguir. As aulas em que ocorreram faziam parte do componente curricular de “Eletromagnetismo e a Vida no Campo”, e ocorreram em 2019. Na seção a seguir analisamos esses dois casos nos fundamentando na sociologia da ciência e epistemologia de Thomas Kuhn e Gastón Bachelard, e refletimos sobre o que esses casos sugerem sobre o conhecimento físico de licenciados em Física e a relação desse conhecimento com contextos do campo. A partir dessa análise, indicamos possibilidades aos professores de Física na Educação do Campo, a fim de superarem as limitações em sua formação.

Optamos por escrever o texto em primeira pessoa por conta do caráter de autoanálise desse texto, visto que estamos refletindo sobre situações que um dos autores de fato viveu. Assim, o tom pessoal serve como um lembrete constante ao leitor de uma característica metodológica importante dessa pesquisa: não há distanciamento entre pesquisador e objeto de pesquisa, com todas as potencialidades e limitações que isso implica. Vamos ao relato dos casos.

### **Desencontros entre a Física e as vivências do campo**

Há alguns anos, eu lecionava Eletromagnetismo na licenciatura que trabalho. Como era uma das últimas matérias de Física no curso, aproveitei uma das aulas finais para fazer uma síntese entre diferentes áreas da Física, falando sobre conservação de energia. Trabalhei esse conceito falando sobre fontes de energia elétrica, explicando

que a humanidade sempre gera energia elétrica a partir da conservação de outras formas de energia (por exemplo, energia cinética do vento nas usinas eólicas, ou cinética e potencial gravitacional da água nas hidroelétricas). A energia nunca surge a partir de nada e nunca desaparece, apenas se transforma, eu argumentava. Ao fim da aula, uma estudante da turma veio falar comigo: “Professor, o meu marido instalou uma bomba de água lá em casa que não usa tipo de energia nenhum”. Minha primeira reação foi questionar a estudante, tanto para entender melhor o que ela quis dizer, quanto para buscar algum furo na afirmação dela que me ajudasse a sustentar meu ponto. “Tem certeza que não é ligada na rede elétrica? Não tem bateria? Não usa algum combustível?” eu perguntei. E para todas essas perguntas ela respondia não.

Foi necessário eu voltar pra casa e pesquisar para descobrir a que ela se referia, um carneiro hidráulico! Trata-se de uma bomba mecânica que utiliza a própria energia cinética da água para bombeá-la (LUCHESE, 2020). Certamente não viola a conservação de energia, como não poderia deixar de ser (conforme nosso conhecimento atual da Física). Ela apenas utiliza a energia cinética de uma porção maior de água que atravessa o mecanismo para bombear uma pequena quantidade de água. Extraí energia mecânica de um grande volume de líquido e a concentra em um volume menor. É, de certa forma, uma máquina de concentrar energia mecânica!

No dia seguinte voltei à aula, e contei ao restante da turma sobre a pergunta da colega no dia anterior, animado para contar o que eu havia pesquisado. Qual não foi a minha surpresa ao perceber que praticamente todos os estudantes da turma já conheciam essa bomba. Detalhe essencial: por ser uma Licenciatura em Educação do Campo, a turma era composta majoritariamente por camponeses.

Um segundo exemplo reforça o que queremos ilustrar. Também em uma aula de Eletromagnetismo, também com uma turma de camponeses, eu trabalhava a ideia de circuito elétrico. Explicava que, diferente de descargas elétricas fugazes (como em um raio ou em choques eletrostáticos), para haver uma corrente elétrica duradoura era necessário haver um caminho fechado por onde a corrente elétrica pudesse circular. Tentando fazer essa discussão de forma mais aplicada, eu usava como exemplo a rede de distribuição da energia elétrica que chegava até a casa deles, e discutia como ela podia ser pensada como um circuito complexo ligando as residências e uma usina de geração de energia elétrica. Na descrição que eu fiz, eram necessários sempre pelo menos 2 fios na rede de distribuição para completar tal circuito fechado (um fio

“neutro” e um ou mais fios “fase”, conforme o jargão utilizado por eletricitistas). Novamente, um estudante pede a palavra e fala: “Professor, na minha comunidade a energia chega por um poste que só tem um fio”. Novamente, minha primeira reação foi imaginar que havia algum detalhe na situação que o estudante não estava percebendo. Não haveria mesmo outro fio no poste? Não poderiam estar passando 2 fios dentro do mesmo cabo? Novamente, foi necessário eu pesquisar para descobrir que, em vilarejos e pequenas comunidades rurais, há um tipo de rede de distribuição de energia monofásica denominada Sistema Monofilar com Retorno por Terra (MRT). Nesse sistema, de fato chegam aos postes da rede apenas um fio fase. O circuito se completa com o aterramento do poste. A troca de cargas elétricas da rede de distribuição com o solo é uma parte planejada do circuito, essencial para seu funcionamento (RIBEIRO et al., 2000).

### **Uma Física hermeticamente fechada**

Os dois casos se parecem com problemas de comunicação. À primeira vista, poder-se-ia especular se a dificuldade foi por eu não ter compreendido bem as perguntas dos estudantes ou por eles não terem entendido a ideia que eu estava explicando. Havia uma diferença de vocabulário. De um lado, eles formulavam as perguntas usando um vocabulário com o qual eu não estava acostumado (ao longo da minha formação de físico) para descrever esse tipo de situação. De outro lado, muito do vocabulário que eu utilizava era novo para eles. Mesmo as palavras que eles já conheciam eram frequentemente utilizadas por eles em um sentido diferente do que eu aprendi (um exemplo é a forma como a estudante do primeiro caso operacionalizou em sua descrição do fenômeno o termo “fonte de energia”). É verdade que existe esse desafio de comunicação, e é responsabilidade do professor olhar para isso, mas pensamos que há mais, há uma dificuldade epistemológica.

Quando a primeira estudante me questionou na aula, não consegui respondê-la adequadamente porque a referência dela era um exemplo de máquina que eu não conhecia. E mais interessante ainda, era uma possibilidade que simplesmente não me ocorreu, ainda que não houvesse nenhuma contradição entre ela e o meu conhecimento de Física. Talvez porque eu, na minha formação de físico, ter formado meu conceito de conservação de energia a partir de exemplos paradigmáticos – para usar o conceito de Kuhn (2009) – que envolviam conversão de um tipo de energia em outro, não me ocorreu na hora que uma máquina que simplesmente redistribuísse e

concentrasse a energia mecânica também era possível sem violar a conservação de energia. Hoje, após mais tempo em contato com o conhecimento contextualizado das pessoas do campo, sei que não é difícil encontrar exemplos de mecanismos como esse, como uma roda d'água ou um monjolo, mas naquele momento simplesmente não estava no meu repertório como físico, mas estava no repertório deles como sujeitos do campo (ainda que a maioria não tivesse o conceito físico de energia ainda completamente consolidado). O mesmo pode-se dizer do segundo caso. Os exemplos de circuito elétrico com que tive contato ao longo da minha formação não me prepararam para um circuito que incluía, de forma planejada, trocas de carga elétrica com a terra. Nos dois casos, a forma como construí determinados conceitos de Física na minha formação parecem ter dificultado o reconhecimento da relação deles com situações novas trazidos pelos estudantes. Agiram, em outras palavras, como obstáculos epistemológicos BACHELARD, 1978).

Também é interessante notar, nesses dois casos, que os exemplos que os estudantes trouxeram (carneiro hidráulico e MRT) são aplicações frequentemente estudadas em cursos de Engenharia. Isso reforça que a dificuldade que experienciei parece estar relacionada com características da formação em Física, uma área que, em comparada com as engenharias, envolve mais abstração e foca mais no estudo de modelos do que em suas aplicações.

### **Física aberta**

Para o racionalismo científico, a aplicação não é um defeito, é um compromisso. Ele quer aplicar-se. Se ele se aplica mal, modifica-se. Não nega por isso os seus princípios, dialetiza-os. Finalmente, a filosofia da ciência física é talvez a única filosofia que se aplica determinando uma superação dos seus princípios. Em suma ela é a única filosofia aberta (BACHELARD, 1978, p. 5).

Seria a física real, praticada por seres humanos reais, tão aberta quanto idealizou Bachelard? Seria o ensino de Física, praticado por professores/as nas escolas, correspondentemente aberto?

Quando Bachelard escreveu isso, pensava na Física teórica, que se abriria a novas ideias quando confrontada (dialetizada) pelos dados empíricos. Se, por um lado, tal descrição está presente no imaginário da ciência, aparecendo indiretamente por exemplo em formulações como a de Popper (2008), quando coloca a refutabilidade como característica essencial do conhecimento científico, é certamente discutível se as pessoas reais que fazem a ciência agem sempre em conformidade com esse ideal. Kuhn (2009) discute em sua obra como os cientistas em grande parte de seu trabalho

agem mais com apego a suas concepções (ou, de forma mais geral, a um paradigma) do que com disposição de questioná-las. Ainda que o apego pelas teorias geralmente não seja explicitamente defendido pelos físicos, ele opera em sua prática.

Da mesma forma, os dois casos que discutimos ilustram como, em sala de aula, o apego às formas particulares de operacionalização dos conceitos físicos também pode se fazer presente. O professor de Física realiza generalizações a partir de como aprendeu Física, em grande parte através de exemplos paradigmáticos ao longo de sua formação, que nem sempre se aplicam a novos exemplos/situações trazidas pelos estudantes.

Porém os dois casos mostram também que esse desencontro pode virar um encontro produtivo, um momento de aprendizado mútuo. Refletindo sobre eles, é possível intuir alguns passos importantes para isso. Nos dois casos, conseguimos superar a dificuldade de entendimento mútua quando me dispus a aprender com os exemplos que os estudantes traziam. É essencial, para que o encontro entre professor de física e estudantes do campo seja de fato aprendizado, e não conversa cruzada, que o professor acredite sinceramente que vai aprender com seus estudantes do campo. Ou seja, é necessária uma postura de abertura, abertura para ouvir, para aprender, que Freire chamou em sua obra de postura dialógica (FREIRE, 1987). Embora essa abertura ao aprendizado por parte do professor possa parecer banal, certamente não é a regra na relação professor-alunos. É postura recorrente de professores em geral, e de professores de física em particular, quando confrontados com perguntas às quais inicialmente não sabem responder ou exemplos que não sabem explicar, duvidar primeiro das perguntas, e não de seus próprios modelos explicativos. Fazem como nos exemplos de apego ao paradigma discutidos por Kuhn, em que cientistas preferem duvidar do resultado dos seus experimentos a questionar suas convicções.

Algo que contribui para fomentar essa postura dialógica no caso da Física é a **compreensão da complexidade da aplicação dos modelos físicos a situações reais**. Os modelos físicos são simplificações da realidade, a partir da identificação de elementos mais relevantes em uma classe de situações (BUNGE, 2005). Porém em muitas situações reais essas simplificações não são válidas. É necessário, portanto, se se pretende aplicar os modelos a situações reais específicas, identificar em que medida que elas se adequam aos pressupostos do modelo, ou que adaptações são necessárias nele. Isso certamente exige um conhecimento muito profundo dessas

situações/contextos. O aprendizado sobre o contexto deve ser tratado com tanta seriedade quanto o foi o aprendizado dos modelos de Física, como defendem outros autores que pensam o ensino de ciências em abordagem intercultural (ARGUETA, 2017; EL-HANI; POLISELI; LUDWIG, 2022). Isso requer do professor dialógico o reconhecimento do valor de duas classes de conhecimentos que são frequentemente desvalorizadas no ethos da Física:

Primeiro, **reconhecer o valor do conhecimento aplicado**. Por se tratar de uma área de ciência básica, os físicos e professores de Física frequentemente aprendem implicitamente, como currículo oculto em sua formação, que aplicações específicas são menos importantes do que o a compreensão de modelos gerais. Mas isso certamente não é verdade para um professor que pretende que o conhecimento físico possa ajudar os estudantes a interpretar situações de sua realidade. Por exemplo, ajuda bastante na operacionalização da aplicação dos modelos o estudo de outras áreas de conhecimento, mais afeitas a aplicação, como literatura técnica ou, como foi importante para mim nos dois casos aqui discutidos, a leitura de referências da engenharia.

Por fim, mais importante ainda do que o estudo de literatura direcionada, é essencial que o professor dialógico da educação do campo reconheça que a maior fonte de aprendizado para ele está dentro da própria sala de aula: enquanto sujeitos do campo, **os estudantes têm conhecimento vivencial profundo sobre esses contextos**. Não é de se surpreender que, nos casos que eu trouxe, meus estudantes sabiam detalhes sobre rede elétrica rural e bombas de água que eu, professor de Física, não sabia. É necessário que a aula de Física tenha espaços pensados para os estudantes se colocarem, falarem sobre seus contextos, fazerem junto com o professor o exercício de aplicar os modelos físicos a esses contextos. O maior potencial das aulas de Física na educação do campo está no conhecimento que pode ser construído junto, no diálogo aberto entre o professor e os estudantes.

## Referências

ARGUETA, A. Os saberes e as práticas tradicionais: Conceitos e propostas para a construção de um campo transdisciplinar. Em: UDRY, M. C.; EIDT, J. S. (Eds.). **Conhecimento tradicional: conceitos e marco legal**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. v. 1.

BACHELARD, G. **A filosofia do não**. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

BUNGE, M. **La ciencia, su método y su filosofía**. [s.l.] Sudamericana, 2005.

EL-HANI, C. N.; POLISELI, L.; LUDWIG, D. Beyond the divide between indigenous and academic knowledge: Causal and mechanistic explanations in a Brazilian fishing community. **Studies in History and Philosophy of Science**, v. 91, n. January, p. 296–306, 2022.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1987.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2009.

LUCHESE, T. DE C. Considerações teóricas a respeito de um carneiro hidráulico sob condições ideais de funcionamento. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 46766–46787, 2020.

POPPER, K. R. **Conjecturas e Refutações**. 5. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2008.

RIBEIRO, F. S. et al. **O método dos elementos finitos na análise do aterramento do sistema monofilar com retorno por terra**. Anais do 3º Encontro de Energia no Meio Rural. **Anais...**Campinas: 2000.