

DA CARGA AO CIRCUITO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA BASEADA NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA PARA O ENSINO MÉDIO¹

From Charge to Circuit: a Didactic Sequence Structured based on Meaningful Learning for High School

Armstrong Lopes Fernandes [armstrong_lopes@hotmail.com.]

Gean Pablo Correa da Silva [gean09pablo@hotmail.com]

Luisa Pivetta [lpivettadeoliveira@gmail.com]

Giuseppi Gava Camiletti [giuseppi.ufes@gmail.com]

Universidade Federal do Espírito Santo – Polo 12 MNPEF
Av. Fernando Ferrari 514, Campus de Goiabeiras, Vitória-ES CEP 29.075-910

Recebido: 18/01/26

Aceito: 22/03/26

Resumo

Este artigo analisa os impactos de uma sequência didática, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, na compreensão de conceitos introdutórios de eletricidade, por estudantes do Ensino Médio. A sequência didática foi estruturada a partir do mapeamento de concepções alternativas, do desenvolvimento de atividades experimentais, de discussões orientadas pelo método de Instrução pelos Colegas e de um processo de avaliação com caráter formativo e recursivo. Os dados foram obtidos por meio de produções escritas, registros em diário de campo, respostas às questões conceituais, avaliações individuais e questionário de opinião. Os resultados evidenciam avanços conceituais progressivos, com redução significativa de explicações intuitivas, aumento de respostas alinhadas ao modelo científico e maior articulação entre corrente elétrica, diferença de potencial, energia, campo elétrico e conservação da carga. A evolução conceitual ocorreu de forma gradual, com coexistência de modelos explicativos. Conclui-se que a sequência constitui uma proposta didática que pode favorecer a aprendizagem significativa de eletricidade e o enfrentamento de concepções alternativas no Ensino Médio.

Palavras-chave: Eletricidade; Experimentos; Sala de Aula; Aprendizagem Significativa; Concepções Alternativas.

Abstract

This article analyzes the impacts of a didactic sequence, based on the Theory of Meaningful Learning, on the understanding of introductory concepts of electricity by high school students. The didactic sequence was structured based on the mapping of alternative conceptions, the development of experimental activities, discussions guided by the Peer Instruction method, and an evaluation process with a formative and recursive character. Data were obtained through written productions, field diary entries, answers to conceptual questions, individual evaluations, and an opinion questionnaire. The results show progressive conceptual advances, with a significant reduction in intuitive explanations,

¹ Trabalho apresentado na forma de Comunicação Oral, no IV Encontro Nacional do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (ENMPEF) e IX Escola Brasileira de Ensino de Física, realizado em Fortaleza-CE, de 23 a 26 de julho de 2025. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/mnpef/evento/en-mnpef2025>

an increase in answers aligned with the scientific model, and greater articulation between electric current, potential difference, energy, electric field, and conservation of charge. The conceptual evolution occurred gradually, with the coexistence of explanatory models. It is concluded that the sequence constitutes a didactic proposal that can favor the meaningful learning of electricity and the confrontation of alternative conceptions in high school.

Keywords: Electricity; Experiments; Classroom; Meaningful Learning; Alternative Conceptions.

1. Introdução

O ensino de eletricidade no Ensino Médio permanece como um dos campos mais desafiadores do Ensino de Física. De modo geral, os estudantes chegam às aulas com um repertório prévio de explicações intuitivas que, embora façam sentido no cotidiano, entram em conflito com as teorias científicas. Ideias como “a corrente se gasta”, “o fio rouba corrente”, “a lâmpada puxa mais energia” ou “tensão e corrente são a mesma coisa” não são meros erros pontuais, mas expressam modelos explicativos relativamente estáveis, amplamente documentados na literatura (Driver, 1994). Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (Ausubel, 2003) apresenta pressupostos teórico-metodológicos que podem orientar o desenvolvimento de atividades em sala de aula de modo a facilitar a compreensão e o aprendizado dos conceitos e teorias científicas.

O pilar central da TAS sugere que a aprendizagem ocorre quando novas informações se relacionam de modo substantivo e não arbitrário com conceitos já presentes na estrutura cognitiva do estudante. Assim, desconsiderar as concepções alternativas dos estudantes significa, portanto, abandonar um elemento central para a construção de significados. Moreira (2010) amplia essa perspectiva ao discutir a aprendizagem significativa em uma abordagem crítica, entendendo como um processo em que o aluno não apenas incorpora novos conceitos, mas também reflete sobre o próprio modo de pensar, revisa seus modelos explicativos e passa a atribuir novos sentidos ao mundo físico.

Estes referenciais foram utilizados para a elaboração de uma sequência didática para estudantes do Ensino Médio, com o objetivo principal de avaliar como o uso de atividades desenvolvidas com base nos pressupostos da Teoria de Aprendizagem Significativa impactou na compreensão dos conceitos introdutórios de eletricidade.

A sequência didática desenvolvida integra o Produto Educacional da dissertação de mestrado profissional em Ensino de Física do autor principal deste trabalho. Dois estudantes de graduação em Física, bolsistas do Programa de Iniciação Científica (PIC) e coautores deste trabalho, também participaram de todo o processo de elaboração das atividades, aplicação em sala de aula, coleta e análise dos dados, discussão dos resultados e escrita do presente trabalho.

2. Referencial teórico

As atividades que foram desenvolvidas para a sequência didática fundamentam-se nos pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) (Ausubel, 2003; Moreira, 2012), articulados às contribuições da perspectiva da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira (2010). Para Ausubel, aprender significativamente implica estabelecer relações substantivas e não arbitrárias entre novas informações e os conhecimentos já presentes na estrutura cognitiva do aprendiz. O caráter substantivo refere-se à compreensão conceitual, para além da memorização literal, enquanto o caráter não arbitrário indica que tais relações devem ocorrer com conhecimentos relevantes e estáveis.

Esse princípio orienta a organização das práticas pedagógicas, uma vez que a aprendizagem não se constrói pela simples transmissão de informações, mas pela interação ativa do estudante com os

significados envolvidos. Nessa perspectiva, o levantamento dos conhecimentos prévios constitui-se como condição essencial para o planejamento do ensino, pois é a partir deles que novos significados podem ser ancorados. Contudo, Moreira (2010) enfatiza que tais conhecimentos não devem ser apenas identificados, mas problematizados, de modo a favorecer a evolução conceitual e a superação de visões ingênuas ou reducionistas.

Uma forma de colocar na prática de sala de aula este primeiro pressuposto é buscar artigos com o mapeamento de concepções alternativas dos alunos, vastamente disponíveis na literatura. Embora não se constitua de um mapeamento das concepções dos próprios estudantes, os resultados destes levantamentos apontam que eles são muito parecidos, independente do país, região geográfica ou condição social dos alunos. Esta estratégia foi utilizada neste trabalho. O levantamento de Driver (1994) sobre eletricidade, revelou concepções como “A corrente elétrica só flui quando há um caminho fechado”, “Um objeto metálico, independentemente de sua forma ou espessura, é capaz de bloquear sinais eletromagnéticos”, “a tensão empurra os elétrons”, “a corrente flui como água em um cano”. Estas concepções foram utilizadas como ponto de partida para a elaboração de roteiros experimentais e seleção de questões conceituais, a serem discutidos na próxima seção.

O segundo eixo da TAS decorre do princípio basilar de Ausubel. Uma vez identificadas as concepções alternativas dos estudantes, o professor deve proporcionar um ambiente em sala de aula capaz de promover a relacionabilidade entre estas concepções pré-existentes e o conteúdo científico a ser ensinado. Em outras palavras, o professor deve envidar esforços para levar o aluno a entender a concepção científica do conteúdo em estudo. Tal processo pode ser favorecido na medida em que o professor tenha uma preocupação com a organização sequencial do ensino, partindo de situações contextualizadas e próximas da realidade dos estudantes, avançando progressivamente em direção a níveis mais elevados de formalização conceitual. O uso de múltiplos recursos instrucionais tais como experimentos, vídeos, simulações, amplia as possibilidades de mediação pedagógica, desde que essas ferramentas estejam integradas a uma proposta didática coerente e intencional.

O terceiro pressuposto diz respeito à consolidação dos conhecimentos. Moreira (2012) destaca que aprender significativamente exige oportunidades sistemáticas de negociação de significados, nas quais os estudantes possam explicitar, confrontar e reconstruir suas compreensões. Estratégias como a do método de Instrução pelos Colegas (*Peer Instruction*), proposto por Araújo e Mazur (2013) exemplificam práticas que favorecem esse processo, ao promoverem discussões argumentativas entre os alunos em torno de questões conceituais. Nesse método, a interação entre pares atua como mecanismo de reorganização cognitiva, contribuindo para o refinamento dos significados atribuídos aos conceitos estudados.

De modo semelhante, atividades experimentais, uso de simuladores, análise de vídeos, resolução de problemas abertos (Oliveira, T. E., Araújo, I. S. & Veit, E. A., 2020) e resolução de exercícios devem ser planejadas de forma investigativa, contemplando levantamento de hipóteses, testagem, análise de resultados e discussão coletiva. Essas etapas ampliam as possibilidades de compreensão conceitual e favorecem a aprendizagem significativa ao estimular a reflexão, a argumentação, negociação de significados e a tomada de consciência dos próprios processos de pensamento.

Ao incorporar a perspectiva da Aprendizagem Significativa Crítica (Moreira, 2010), acrescenta-se a necessidade de que o estudante não apenas compreenda os conceitos científicos, mas também desenvolva uma postura reflexiva diante do conhecimento, reconhecendo seus limites, suas implicações sociais e suas relações com outros saberes. Para o autor (*ibid.*), aprender significativamente de forma crítica implica questionar, interpretar, comparar e contextualizar os conhecimentos, evitando sua aceitação acrítica como verdades absolutas. Assim, o ensino deve promover espaços para a problematização, a dúvida e a análise das aplicações e consequências do conhecimento científico.

Outro pressuposto fundamental da teoria é o da avaliação da aprendizagem. Conforme a TAS, ela não

pode ser concebida como um processo meramente classificatório. Aprender não é um estado dicotômico, mas um processo gradual, sujeito a avanços, estagnações e regressões. Portanto, a avaliação deve assumir caráter formativo, fornecendo ao estudante devolutivas que orientem sua aprendizagem. Ao mesmo tempo, deve assumir caráter recursivo, dando oportunidades de retomada dos conteúdos, possibilitando a superação de possíveis dificuldades conceituais.

Por fim, Ausubel argumenta que a predisposição do aluno para aprender significativamente os conteúdos não pode ser imposta a ele, mas pode ser favorecida por ambientes de aprendizagem que valorizem a participação, o diálogo e o sentido dos conteúdos estudados. A perspectiva crítica de Moreira (2010) amplia essa compreensão ao defender que o interesse do estudante está fortemente associado à relevância social, cultural e pessoal do conhecimento, o que reforça a importância da contextualização e da problematização dos temas abordados.

O presente trabalho adota os pressupostos da TAS discutidos acima e incorpora também elementos de sua vertente crítica como referencial para a organização das atividades da sequência didática. Entende-se dessa forma o ensino como um processo de construção de significados, mediado por interações sociais, recursos instrucionais e práticas avaliativas formativas, orientadas para a autonomia intelectual e para a compreensão conceitual dos estudantes.

3. Metodologia

Esta seção apresenta os elementos metodológicos do trabalho, detalhando o contexto da pesquisa, uma descrição resumida da sequência didática desenvolvida à luz das orientações da TAS e os instrumentos de coleta de dados.

Contexto da pesquisa

As atividades desenvolvidas foram aplicadas em uma turma de 2º ano do Ensino Médio de uma escola particular, situada na cidade de xxxx-xx, composta de 30 estudantes, com faixa etária entre 16 a 17 anos, sendo 17 do sexo feminino e 13 do sexo masculino, com perfis heterogêneos em termos de rendimento escolar e interesse declarado pela disciplina de Física. Cabe ressaltar também que 6 estudantes com laudo de condição neuroatípica integram a turma e são tratados de forma diferenciada pela escola: para eles não são contabilizados o total de faltas e é facultado a realização das avaliações individuais em casa. Por isso, alguns deles não participaram da integralidade das atividades previstas na sequência didática.

A escola onde o Produto Educacional foi aplicado dispõe de laboratório de Ciências, projetor multimídia, acesso à internet e dispositivos digitais (tablets), viabilizando o uso de diferentes recursos instrucionais tais como experimentos, consultas à internet (quando necessário), aplicativos científicos, entre outros.

Descrição da sequência didática

Conforme já comentado, os pressupostos da Aprendizagem Significativa, discutidos na seção anterior, orientaram o desenvolvimento da sequência didática que compõem o Produto Educacional, desenvolvida para ser aplicada ao longo de dez aulas de 50 minutos.

O primeiro pressuposto, de mapeamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, foi colocado em prática a partir de uma revisão de literatura (Driver, 1994), com o levantamento de concepções alternativas sobre conceitos introdutórios de eletricidade, resultando na seguinte lista:

- A corrente se gasta;
- O fio rouba corrente;
- A lâmpada puxa mais energia;

- Tensão e corrente são a mesma coisa;
- A corrente elétrica só flui quando há um caminho fechado;
- Um objeto metálico, independentemente de sua forma ou espessura, é capaz de bloquear sinais eletromagnéticos;
- A tensão empurra os elétrons;
- A corrente flui como água em um cano.

Estas concepções não foram levantadas diretamente dos estudantes participantes deste estudo. No entanto, resultados de diversas pesquisas sugerem que eles são muito parecidos, independente do país, região geográfica ou condição social dos alunos (Shipstone, 1984, 1988; Driver 1994; Cepni & Keles, 2006). Por isso foram usados neste trabalho como base para a escolha e elaboração de seis experimentos, permitindo ao estudante vivenciar cada uma destas concepções e refletir sobre a explicação científica de cada uma delas. Os experimentos desenvolvidos para a sequência didática, e que foram realizados com os alunos em sala de aula, estão descritos abaixo:

1. Uma lata metálica é posicionada sobre uma placa de alumínio e que está apoiada em uma base de isopor. Tiras leves de papel-alumínio são colocadas sobre o topo da lata. O isopor é eletrizado por atrito com lã e colocado em contato com a placa metálica, que é levantada lentamente com uma haste de PVC. Durante a elevação, as tiras de papel-alumínio se movimentam, afastam-se entre si e podem ser lançadas para cima.
2. Pequenas formas de alumínio (usadas para assar empadas) saem “voando” quando são dispostas sobre o gerador de Van de Graaff, permitindo observar e discutir o fenômeno de acúmulo de cargas elétricas;
3. Uso de papel alumínio para confecção de uma Gaiola de Faraday para celular, permitindo observar a independência da espessura do condutor e necessidade de um invólucro totalmente fechado;
4. Uso de circuitos elétricos simples com pilhas e LEDs montados pelos grupos de estudantes, permitindo a detecção e medida de corrente, tensão e resistência elétrica com o multímetro;
5. Uso de um experimento constituído de bomba d’água de aquário e mangueira e um circuito elétrico simples, com pilha e LED, para evidenciar semelhanças e diferenças entre eles;
6. Circuitos com lâmpadas incandescentes, permitindo observações qualitativas na variação da intensidade da luz emitida, quando ligadas em circuitos em série e/ou em paralelo.

O segundo pressuposto a orientar as atividades da sequência didática é o da relacionabilidade entre os conhecimentos prévios e o conhecimento científico. Essa dimensão foi articulada a partir da elaboração dos roteiros experimentais, para serem desenvolvidos em sala de aula. As discussões e interações entre os alunos e o professor, pretendidas com estes roteiros, foram elaboradas levando-se em consideração também as ideias de Pozo & Crespo (2009). Eles argumentam que a aprendizagem em Ciências não se dá pela substituição imediata de concepções espontâneas por explicações científicas, mas por um processo gradual de reorganização e coexistência de diferentes modelos explicativos, mobilizados de acordo com o contexto. Modelos intuitivos possuem coerência interna para os alunos, de modo que muitas vezes parecem funcionar adequadamente no cotidiano. Por isso, a condução das explicações e discussões em sala de aula não deve, ou pelo menos não deveria, simples buscar sua correção ou substituição.

Segundo os autores (ibid.), o ensino deve criar situações em que o aluno formule previsões com base em seus modelos prévios, confronte essas previsões com resultados observáveis em experimentos (por exemplo) e analise divergências e convergências entre o que espera e o que de fato ocorre. Esse confronto não visa provocar uma ruptura conceitual abrupta, mas promover a problematização

gradual dos modelos prévios, criando condições para sua reorganização progressiva em diálogo com o modelo científico. Em conexão com a Aprendizagem Significativa Crítica, Moreira (2010) argumenta que a dimensão crítica pode ser alcançada quando o ensino cria condições para que o estudante reflita sobre a origem de suas concepções, reconheça seus limites e participe ativamente da reconstrução de suas explicações, indo ao encontro deste método proposto por Pozo & Crespo (2009), denominado Ensino por Contraste de Modelos.

A proposição deste método orientou a inclusão de perguntas iniciais nos roteiros experimentais, buscando promover a reflexão, o levantamento de hipóteses e a antecipação de resultados, criando condições para que as ideias iniciais fossem discutidas, confrontadas e posteriormente testadas à luz das atividades experimentais. Como ilustração, o roteiro comparativo entre circuitos hidráulicos e elétricos, realizado em sala na aula 5 é mostrado na Figura 1 a seguir.

Logotipo da escola	Centro Educacional xxxxxxxx		
	Roteiro de aula: Gaiola de Faraday		
	Aluno(a): _____		Prof. xxxxxxxxxx
	Série: 2ª série	Turma: _____	Data: ____/____/2025

Objetivo
Compreender o funcionamento da Gaiola de Faraday, explorando como o campo elétrico é anulado no interior de um condutor e suas aplicações no cotidiano.

Perguntas iniciais (~5 minutos)
a) Em algumas situações, ao entrar em um elevador, o sinal do telefone celular fica fraco ou desaparece. Você já observou esse fenômeno? Descreva o que acontece.
b) Por que você acha que o sinal do celular diminui ou desaparece dentro do elevador? Explique com base em suas ideias atuais, mesmo que não tenha certeza.
c) O que você acredita que o material das paredes do elevador tem a ver com esse fenômeno? Justifique sua resposta.

Materiais (por grupo)

- Papel alumínio (o suficiente para embrulhar um celular completamente)
- 1 ou 2 celulares com sinal de rede móvel (ou Wi-Fi, dependendo do que estiver disponível)

Procedimento (~15 minutos)
Passo 1: Verifique se o celular está com sinal de rede ou Wi-Fi. Faça uma chamada rápida ou abra um site para confirmar.
Passo 2: Embrulhe totalmente o celular com papel alumínio, de forma que nenhuma parte fique exposta. Tente ligar para o celular de outro aparelho. Depois, abra um aplicativo de internet ou tente enviar uma mensagem.
Passo 3: Repita o experimento com o celular parcialmente envolvido, deixando frestas no papel. Observe as diferenças.

Discussão (~10 minutos)

1. O que aconteceu com o sinal do celular quando ele foi completamente envolvido em papel alumínio?
2. E quando deixamos frestas? O sinal foi bloqueado da mesma forma?
3. O que isso nos diz sobre a necessidade de continuidade na blindagem eletrostática?
4. Quais aplicações da Gaiola de Faraday existem na vida real?

Atividade Final (para casa ou fechamento em sala)

1. Escreva um pequeno texto explicando o que você entendeu sobre o funcionamento da Gaiola de Faraday. Cite pelo menos duas aplicações reais desse princípio no seu dia a dia ou na tecnologia.

Exposição do professor (~20 minutos)
Após a execução das atividades propostas no roteiro acima, o professor conduz uma mediação conceitual explicando no quadro os conceitos de Campo Elétrico, Blindagem Eletrostática, Ondas Eletromagnéticas e Equilíbrio Eletrostático.

Figura 01 – Roteiro de aula do experimento 5. **Fonte:** Acervo pessoal.

Como uma decorrência natural do princípio basilar de Ausubel, os conhecimentos que estão sendo ensinados, serão conhecimentos prévios para novos aprendizados. Portanto, eles precisam ser consolidados, configurando-se como o terceiro pressuposto da TAS. Moreira (2012) argumenta que, para que a consolidação dos conteúdos ocorra, é fundamental que os alunos tenham oportunidades sistemáticas de negociação de significados, onde eles possam explicitar, confrontar e reconstruir suas compreensões. Neste trabalho, foram propostas diversas atividades para pôr em prática esse pressuposto.

Ao longo das atividades experimentais, os estudantes foram levados diversas vezes e escreverem suas concepções e entendimentos, discutirem com os colegas e reescreverem suas respostas, configurando-se como um processo de negociação de significados. Estes momentos contribuíram, portanto, não só para a relacionabilidade entre os conhecimentos prévios e o conhecimento científico (segundo pressuposto da TAS) como também para a consolidação dos conteúdos.

Listas de exercícios para serem resolvidas em casa, escolhidos da apostila institucional de um sistema de ensino adotado pela escola, foi outra estratégia utilizada para promover a consolidação dos conteúdos.

Foi proposta também a discussão de questões conceituais, de acordo com o método de Instrução pelos Colegas, proposto por Araújo & Mazur (2013), com o uso do aplicativo Plickers². Neste método o professor faz uma breve exposição do conteúdo e logo em seguida propõe questões conceituais de múltipla escolha para que toda a turma possa responder de forma individual, escolhendo uma das alternativas. Os autores sugerem que os testes sejam selecionados preferencialmente de vestibulares e ENEM. Após essa primeira escolha eles precisam discutir com outro(s) colega(s) que escolheu(ram) outras respostas, buscando o convencimento mútuo. Após a discussão, abre-se uma nova possibilidade, onde o estudante pode manter ou escolher outra resposta. Em geral, o número de acertos aumenta após as discussões, pois o aluno que acertar a questão na primeira tentativa tende a ter argumentos mais bem estruturados, do ponto de vista científico, e consequentemente maior poder de convencimento ao discutir com o colega. Ao final de toda esta dinâmica o professor exhibe para toda a turma a resposta correta e pontua algumas considerações pertinentes a cada uma das opções de resposta da questão. Um exemplo de questão que foi usada na aula com os alunos está mostrado abaixo:

Dois balões negativamente carregados são utilizados para induzir cargas em latas metálicas, alinhadas e em contato, tal como ilustrado na Figura 2 abaixo, que, inicialmente, estavam eletricamente neutras.

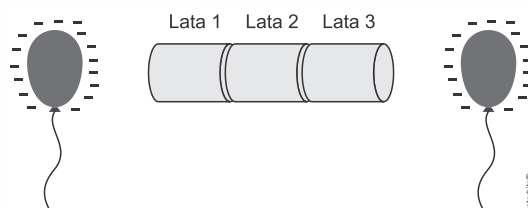


Figura 02 - Esquema de balões carregados próximo a latas metálicas. **Fonte:** Acervo pessoal.

Conforme mostrado na figura, os balões estão próximos, mas jamais chegam a tocar as latas. O contato entre dois objetos metálicos permite a passagem de cargas elétricas entre um e outro. Suponha que o ar no entorno seja um isolante perfeito. Nessa configuração, as latas 1, 2 e 3 terão, respectivamente, carga total:

- a) 1: zero; 2: negativa; 3: zero.
- b) 1: positiva; 2: zero; 3: positiva.
- c) 1: zero; 2: positiva; 3: zero.
- d) 1: positiva; 2: negativa; 3: positiva.

² O Plickres pode ser acessado gratuitamente em (www.plickers.com) e se constitui de uma plataforma onde as questões de múltipla escolha são inseridas e apresentadas à turma com auxílio de um datashow. Cada estudante escolhe a sua opção de resposta levantando um QRcode individual, fornecidos pela plataforma, na posição correspondente. Com o aplicativo de mesmo nome instalado no celular do professor, a opção de resposta de cada aluno é lida e registrada, com a visualização instantânea (somente pelo professor) do percentual de respostas corretas. Os alunos não precisam de dispositivos digitais e nem acesso à internet.

Resposta correta: letra d

Por fim, foi proposta como atividade de consolidação dos conteúdos a resolução de um problema aberto, na perspectiva defendida por Oliveira, Araújo & Veit (2020). Segundo os autores, um Problema Aberto deve envolver situações reais, que fazem referência a um evento do mundo cotidiano, acadêmico e/ou profissional e ao mesmo tempo, omite informações necessárias para a sua solução, que requer um considerável conjunto de conhecimentos específicos e procedimentais e possibilitam diferentes caminhos de solução. O caminho da solução pode apresentar incerteza em como os conceitos, regras ou princípios necessários são organizados.

O uso desse tipo de atividade se justifica, segundo os autores (ibid.), pois há uma lacuna entre o que costumeiramente se estuda na sala de aula e os problemas existentes no mundo real. Espera-se que os estudantes sejam capazes, por si só, de fazerem a relação entre eventos da realidade, do mundo que os cercam, com os conceitos discutidos na escola. E uma possibilidade para a diminuição desta lacuna é justamente a proposição de problemas abertos para serem resolvidos pelos estudantes. Neste trabalho, foi proposto aos estudantes a solução do seguinte problema aberto:

Você e seu grupo foram contratados por uma família que está construindo sua nova casa. A família deseja um sistema elétrico seguro, eficiente e com possibilidade de automatização em alguns cômodos. A casa terá 4 cômodos principais: Sala de estar, cozinha, quarto, banheiro (com chuveiro elétrico. Eles desejam que todas as lâmpadas possam ser controladas por interruptores, o chuveiro elétrico tenha uma instalação com circuito dedicado e seguro, haja pelo menos 2 tomadas em cada cômodo (incluindo banheiro, seguindo normas de segurança) e a instalação obedeça às normas de proteção elétrica básica (uso de disjuntores apropriados).

Seu grupo deverá projetar a instalação elétrica dessa casa, passando por três níveis de complexidade:

- *Elaborar a planta elétrica básica*
- *Elaborar a planta elétrica detalhada*
- *Montar um protótipo físico ou maquete do projeto desenvolvido*

O último pressuposto da TAS, levado em consideração neste trabalho, refere-se ao caráter da avaliação dos conteúdos. A avaliação formativa esteve presente nas duas modalidades avaliativas que compuseram a Sequência Didática: as atividades em grupo, voltadas à execução dos roteiros experimentais, e as avaliações individuais.

Nas atividades em grupo, o professor, com o apoio dos dois estudantes de Iniciação Científica, acompanhou de forma sistemática os debates e as discussões entre os estudantes, oferecendo feedback imediato, tanto individual quanto coletivo, com o objetivo de orientar o processo de aprendizagem ao longo das atividades.

Nas avaliações escritas individuais, adotou-se um esquema de feedback estruturado, no qual eram explicitados os erros e as fragilidades conceituais (caráter formativo), ao mesmo tempo em que se estabelecia um prazo para a reelaboração das respostas (caráter recursivo). A resposta de cada questão foi analisada pelo professor a partir de três dimensões, descritas a seguir:

- i. Coerência conceitual, verificando se a explicação apresentada pelo estudante estava alinhada ao modelo científico ou se ainda se apoiava em concepções alternativas previamente mapeadas (como a ideia de “gasto de corrente” ou confusão entre corrente e diferença de potencial);
- ii. Qualidade da justificativa, observando se o estudante estabelecia relações causais entre os conceitos envolvidos (por exemplo, campo elétrico, movimento de cargas e conservação da corrente), ou se se limitava a descrições fenomenológicas ou tautológicas;
- iii. Articulação conceitual, considerando a capacidade de integrar diferentes conceitos

trabalhados ao longo da sequência, evitando explicações fragmentadas ou desconectadas.

Com base nessas dimensões, cada aluno recebeu a prova corrigida com comentários por escrito, com perguntas problematizadoras em alguns casos, indicações de inconsistências conceituais e sugestões de retomada de atividades experimentais e/ou retomada de discussões realizadas ao longo das aulas. Após a devolução das avaliações, os estudantes dispunham de um prazo previamente estabelecido para revisar e reescrever suas respostas, à luz do feedback recebido. Essa reescrita não tinha caráter meramente corretivo, mas visava promover a explicitação do raciocínio, a revisão dos subsunçores mobilizados e a reorganização progressiva dos modelos explicativos.

A sequência didática completa poderá ser acessada em www.ensinodefisica.xxxx.br.

Instrumentos de coleta de dados

Tendo em vista o objetivo principal do trabalho, de avaliar os impactos desta Sequência Didática na compreensão dos estudantes, foram utilizados os seguintes instrumentos de coleta de dados:

1. Diário de campo (Zabalza, 2002) do professor-pesquisador, com descrições de episódios de aula, percepções de engajamento, reflexões sobre as mediações;
2. Produções escritas pelos estudantes ao longo das atividades em grupo, obtidas por meio das respostas às questões investigativas dos roteiros experimentais, utilizadas para analisar a construção conceitual ao longo da intervenção;
3. Registros das atividades de consolidação, incluindo as votações de acordo com o método de Instrução pelos Colegas;
4. Duas avaliações individuais escritas, composto por questões discursivas e objetivas;
5. Questionário de opinião, com questões objetivas (escala Likert) e abertas.

Os instrumentos de análise de dados serão descritos na próxima seção, juntamente com os resultados e discussões.

4. Resultados e Discussões

Este capítulo apresenta os resultados e discussões tendo como base os dados coletados pela observação e registro no diário de campo do professor, pelos registros escritos e discussões dos alunos ao longo da execução dos roteiros experimentais, das discussões e escores de respostas das questões conceituais de acordo com o método de instrução pelos colegas e com apoio do aplicativo Plickers, dos resultados das avaliações individuais e das opiniões dos estudantes.

Análise das respostas escritas nos roteiros experimentais

A análise dos dados coletados ao longo das atividades experimentais buscou compreender a evolução conceitual dos estudantes, além dos registros escritos e das discussões travadas nos diferentes grupos. As discussões foram complementadas com os registros do diário de campo do professor, mostrando-se um recurso útil como fonte complementar de informação na análise das produções escritas. Assim, foi possível compreender aspectos do processo de aprendizagem que não se evidenciam diretamente nas respostas dos estudantes.

As respostas escritas contendo as explicações dos estudantes foram caracterizadas de acordo com três níveis, tendo como base a proposta de Bardin (2011):

- Intuitivas: quando as explicações fazem uso de ideias do senso comum ou em metáforas não

controladas teoricamente, como “a corrente se gasta” ou “o fio rouba corrente”.

- Parciais: quando as explicações combinam elementos do modelo científico com concepções alternativas, por exemplo, ao admitir conservação parcial da corrente ou ao confundir tensão com intensidade de corrente.
- Científicas: quando as explicações descrevem corretamente corrente elétrica, diferença de potencial e energia, respeitando a conservação da carga e atribuindo a transformação de energia aos elementos do circuito.

Uma análise das respostas dos estudantes às questões prévias inseridas nos roteiros, evidenciou elevada frequência de concepções alternativas, corroborando os resultados relatados na literatura, relacionadas à eletricidade. Aproximadamente 60% dos estudantes explicaram o funcionamento de um circuito simples afirmando que a corrente elétrica “se gasta” na lâmpada, enquanto cerca de 65% atribuíram ao fio a função de “diminuir a corrente” ao longo do trajeto. Além disso, aproximadamente 72% apresentaram confusão entre corrente elétrica e diferença de potencial, frequentemente tratando ambas como grandezas equivalentes.

Do ponto de vista qualitativo, observou-se a predominância de explicações de caráter fenomenológico, isto é, descrições do que ocorre no circuito sem explicitação dos mecanismos explicativos subjacentes, presentes em cerca de 80% das respostas abertas. Olhando para estes resultados, é possível notar a presença de subsunçores ancorados na experiência cotidiana dos estudantes, porém insuficientes para explicar adequadamente o comportamento de circuitos elétricos segundo o modelo científico.

Em um momento posterior à realização dos experimentos, os estudantes participaram de discussões orientadas entre pares e com o professor, nas quais confrontaram suas previsões iniciais com os resultados que puderam ser observados. As respostas produzidas nesse momento pós-realização do experimento foram analisadas, permitindo identificar um deslocamento progressivo no tipo de explicação mobilizada pelos estudantes. Àquelas classificadas como intuitivas reduziram-se de aproximadamente 60% no momento inicial para cerca de 10% nesta etapa. As explicações parciais passaram de aproximadamente 30% para cerca de 20%, sugerindo que parte dos estudantes transitou por um estágio intermediário antes de alcançar explicações alinhadas ao modelo científico. As explicações científicas, por sua vez, aumentaram de cerca de 10% para aproximadamente 70%.

Um exemplo de resposta escrita ilustra essa evolução conceitual, diante da questão sobre o comportamento da corrente em um circuito em série com uma lâmpada: *“A corrente vai diminuindo ao longo do fio porque parte dela é gasta para acender a lâmpada”*. Após vivenciar experimentos, simulações e discussões, o mesmo estudante escreveu: *“A corrente é a mesma em todos os pontos do circuito em série. Na lâmpada ocorre transformação de energia elétrica em energia luminosa e térmica, mas a carga elétrica se conserva.”*

Resultados e discussões das avaliações individuais

Para a análise das questões discursivas das avaliações individuais, foi utilizada a mesma base de categorização de respostas proposta por Bardin (2011), já descrita no tópico anterior. No total, foram aplicadas cinco avaliações individuais com questões objetivas e discursivas, sendo as Provas 1, 2 e Simulado institucional abordando os conteúdos de eletrostática, enquanto as Provas 3 e 4 tiveram o foco nos conteúdos de eletrodinâmica, respeitando a organização curricular adotada. A análise dos resultados é a apresentada a seguir.

A Prova 1, aplicada após a segunda aula foi composta por cinco questões discursivas sobre processos de eletrização por atrito, contato e indução, atração e repulsão entre corpos eletrizados, conservação da carga elétrica e explicações qualitativas de fenômenos eletrostáticos em contextos cotidianos. As respostas dos estudantes revelaram elevada frequência de explicações classificadas como intuitivas e parciais. Aproximadamente 60% deles explicaram fenômenos eletrostáticos utilizando ideias do senso comum, como ao afirmar que *“o balão gruda na parede porque fica com energia”* ou que *“a parede puxa o balão”*, sem referência explícita a cargas elétricas ou processos de indução. Cerca de 65% apresentaram explicações parciais, como *“a carga passa para a parede, mas uma parte se perde”*, reconhecendo a transferência de carga, porém sem explicitar corretamente a conservação da carga elétrica. Além disso, aproximadamente 72% dos estudantes apresentaram confusão entre conceitos fundamentais, como carga elétrica e energia, tratando-os como grandezas equivalentes.

Do ponto de vista qualitativo, cerca de 80% das respostas abertas apresentaram caráter predominantemente descritivo, sem explicitação dos mecanismos explicativos subjacentes, sendo classificadas majoritariamente como intuitivas segundo os critérios de Bardin (2011). As explicações científicas, ainda minoritárias nessa etapa inicial, incluíram respostas como *“o balão eletrizado induz separação de cargas na parede, o que gera força de atração mesmo sem transferência líquida de carga”*.

A Prova 2, aplicada após o aprofundamento conceitual e a realização de atividades experimentais e de simulação, manteve o foco na Eletrostática, porém exigiu maior integração conceitual. As questões envolveram campo elétrico, superposição de campos, blindagem eletrostática, descargas elétricas e movimento de partículas carregadas em campos elétricos. Em comparação com a Prova 1, observou-se redução das explicações intuitivas e aumento das explicações parciais e científicas. Persistiram respostas intermediárias, como *“o campo elétrico é mais forte onde tem mais carga”*, que reconhecem parcialmente o conceito, mas sem explicitar seu caráter vetorial. Por outro lado, tornaram-se mais frequentes explicações científicas, como *“o campo elétrico resultante em um ponto é a soma vetorial dos campos produzidos por cada carga”* ou *“no interior de um condutor em equilíbrio eletrostático o campo elétrico é nulo, pois as cargas se distribuem na superfície”*.

Após as Provas 1 e 2, foi aplicado o Simulado institucional, também centrado exclusivamente em conteúdos de eletrostática. Composto por cinco questões predominantemente discursivas, o simulado abordou processos de eletrização, conservação e quantização da carga elétrica, aplicações da eletrostática em situações de risco cotidiano (como abastecimento de combustíveis) e fenômenos naturais, como a eletrização atmosférica e a formação dos raios.

As respostas ao simulado evidenciaram maior integração conceitual. Explicações científicas tornaram-se mais frequentes, como *“a atração entre o balão e a parede ocorre devido à indução eletrostática, com rearranjo de cargas na superfície da parede”*. Entretanto, em conteúdos que exigiam maior nível de abstração, como quantização da carga elétrica e eletrização atmosférica, ainda foram observadas explicações parciais, por exemplo: *“os raios acontecem porque as nuvens ficam muito carregadas e descarregam energia na Terra”*, nas quais não se explicitam adequadamente o papel do campo elétrico, da diferença de potencial e do processo de descarga.

A análise quantitativa das avaliações reforça essas interpretações qualitativas. Observa-se um aumento progressivo das médias, passando de 6,1 (desvio padrão 2,4) na Prova 1 para 6,4 (desvio padrão 2,4) na Prova 2 e 7,3 (desvio padrão 1,4) no Simulado institucional, acompanhado de uma redução significativa do desvio padrão no simulado. Esse resultado sugere não apenas melhora no desempenho médio ao longo das avaliações, mas também maior homogeneização da aprendizagem, indicando que a sequência didática contribuiu para reduzir disparidades conceituais entre os estudantes.

As Provas 3 e 4 corresponderam ao bloco de Eletrodinâmica da sequência didática. A Prova 3, aplicada após a aula 7, teve como objetivo reavaliar conceitos trabalhados nas etapas iniciais da

eletrodinâmica, com foco em corrente elétrica, diferença de potencial, resistividade, potência e energia elétrica, em situações contextualizadas.

Nessa avaliação, foram frequentes explicações classificadas como parciais, nas quais os estudantes realizavam corretamente os cálculos, mas apresentavam interpretações físicas incompletas, como “*a potência aumenta porque a corrente é maior*”, sem explicitar a relação entre potência e transformação de energia. As explicações científicas, embora menos numerosas, incluíram respostas como “*a potência dissipada representa a taxa de transformação de energia elétrica em energia térmica no resistor*”.

A Prova 4, aplicada ao final da sequência, teve como foco o funcionamento de circuitos elétricos, associações de resistores, distribuição de corrente, diferença de potencial e uso adequado de instrumentos de medida. Nessa etapa, observou-se predominância de explicações científicas, como “*em circuitos em paralelo todos os dispositivos estão submetidos à mesma diferença de potencial, enquanto a corrente se distribui de acordo com a resistência de cada ramo*” e “*o amperímetro deve ser ligado em série e o voltímetro em paralelo*”. Persistiram, contudo, explicações parciais pontuais, relacionadas principalmente à leitura e interpretação de esquemas de circuitos.

Na Prova 3 a média da turma foi de 5,8 (desvio padrão 2,8) e na Prova 4 a média foi para 8,7 (desvio padrão 1,00), indicando não apenas melhora no desempenho médio, mas também maior homogeneização do desempenho dos estudantes. Esse resultado sugere que um número maior de estudantes passou a descrever modelos explicativos mais próximos do científico, especialmente após as etapas de aprofundamento conceitual, experimentação e discussão orientada.

De modo geral, os resultados permitem identificar avanços conceituais ao longo da sequência didática. Observa-se uma transição de explicações intuitivas, predominantes nas avaliações iniciais de eletrostática, para modelos explicativos mais próximos do científico, especialmente após as etapas de experimentação, discussão orientada e aprofundamento conceitual nos conteúdos de eletrodinâmica.

Questões conceituais

As atividades de discussão de questões conceituais de acordo com o método de Instrução pelos Colegas, que foram realizadas com o foco na consolidação dos conteúdos, ocorreram ao longo de quatro aulas da sequência didática, totalizando 4 questões discutidas, versando sobre os diferentes conteúdos apresentados aos alunos ao longo da sequência didática.

Uma comparação geral dos resultados de todas as questões mostrou que o índice de acertos na primeira votação foi de 45%. Já na segunda votação, após o momento de discussão entre os colegas, o índice de acertos aumentou para 82%. Além do ganho quantitativo, foi possível observar também o ganho qualitativo nas justificativas e discussões dos estudantes. Dentre as principais discussões, foi possível notar que eles passaram a explicitar relações causais entre diferença de potencial, campo elétrico e movimento de cargas, a distinguir com maior clareza entre corrente, energia e tensão, a articular evidências experimentais às explicações teóricas. Esses ganhos corroboram os resultados de McDermott (2000) sobre o potencial destas atividades para potencializar a compreensão conceitual dos estudantes.

Opinião dos estudantes

Em relação à opinião dos estudantes, os resultados revelaram uma predominância de percepções positivas em relação à sequência. Os resultados revelaram que os estudantes acharam que os experimentos facilitaram a compreensão de fenômenos abstratos. Em relação às discussões de questões conceituais entre pares, eles acharam que essa atividade trouxe novas formas de pensar e justificaram o raciocínio. Em relação às discussões e reescritas das respostas, eles comentaram que

foi possível perceber a própria evolução conceitual.

Os resultados também revelaram vozes dissonantes. Cerca de 15% dos estudantes relataram dificuldades persistentes, sobretudo relacionadas ao caráter abstrato de conceitos como diferença de potencial, conservação de corrente e campo elétrico. Alguns depoimentos ilustram esse movimento: “Eu entendi melhor do que antes, mas ainda acho eletricidade muito confusa”; “Às vezes eu ficava perdido quando todo mundo falava ao mesmo tempo”; “Preferia quando o professor explicava direto”; aproximadamente 10% manifestaram resistência a ter que reescrever suas concepções, interpretando esse processo como repetitivo ou cansativo. Esse incômodo, embora minoritário, é coerente com a literatura sobre aprendizagem significativa crítica (Moreira, 2010), que aponta que a tomada de consciência conceitual frequentemente exige enfrentar desconfortos cognitivos. Estas opiniões divergentes evidenciam que, mesmo estratégias didáticas desenvolvidas com base em pressupostos de uma teoria de aprendizagem como foi o caso da TAS neste trabalho, encontram dificuldades de aceitação dentre os diferentes perfis de estudantes.

5. Conclusão

Este trabalho teve como objetivo avaliar como o uso de atividades desenvolvidas com base nos pressupostos da Teoria de Aprendizagem Significativa impactou na compreensão dos conceitos introdutórios de eletricidade por parte dos estudantes do Ensino Médio. A sequência didática desenvolvida tomou como base concepções alternativas e as estratégias do método de ensino por contraste de modelos para orientar a elaboração de roteiros experimentais, promoveu discussão de questões conceituais usando o método de Instrução pelos Colegas e garantiu o caráter formativo e recursivo em todas as avaliações.

Os resultados evidenciam avanços conceituais consistentes, expressos pela redução significativa de explicações intuitivas, aumento de respostas alinhadas ao modelo científico e maior articulação entre corrente, tensão, energia, campo elétrico e conservação da carga. O crescimento das médias, associado à diminuição dos desvios padrão, indica não apenas melhora no desempenho, mas também maior homogeneização da aprendizagem.

A evolução conceitual ocorreu de forma gradual, com coexistência de modelos explicativos, em consonância com os pressupostos da Aprendizagem Significativa e do Ensino por Contraste de Modelos. As discussões entre pares, estruturadas pela Instrução pelos Colegas, e o processo de reescritas de respostas nos roteiros experimentais mostraram-se importantes para a negociação de significados e para a reorganização cognitiva dos estudantes.

As avaliações com caráter formativo e recursivo destacaram-se como elemento central da proposta, ao transformar a avaliação em instrumento de regulação da aprendizagem, favorecendo a tomada de consciência conceitual e o refinamento progressivo das explicações.

Apesar de persistirem dificuldades em conteúdos de maior abstração, os resultados indicam que a sequência constitui uma proposta didática adequada para o ensino de eletricidade no Ensino Médio. Sugere-se que a integração coerente de diferentes estratégias, sustentada por um referencial teórico consistente, pode favorecer a aprendizagem significativa e o enfrentamento de concepções alternativas de forma efetiva e em sala de aula.

Referências

Araujo, I. S., & Mazur, E. (2013). Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 30(2), 362-384. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2013v30n2p362>.

- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- Cepni, S., & Keles, E. (2006). Turkish students' conceptions about the simple electric circuits. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 4, 269-291.
- Driver, R. (1994). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. London: Routledge.
- Mcdermott, L. C. (2000). Bridging the gap between teaching and learning: the role of physics education research in the preparation of teachers and majors. *Investigações em Ensino de Ciências*. Acesso em jan. 2026, http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol5/n3/v5_n3_a1.htm.
- Moreira, M. A. (2010). *Aprendizagem significativa crítica*. Acesso em jan. 2026, <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>.
- Moreira, M. A. (2012). *O que é afinal aprendizagem significativa?* Porto Alegre. Acesso em jan. 2026, <http://www.if.ufrgs.br/~moreira/oqueeafinal.pdf>.
- Oliveira, T. E., Araujo, I. S., & Veit, E. A. (2020). Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200043. Acesso em jan. 2026, <https://www.scielo.br/j/rbef/a/SXTGFfNMNRywc6z9QTWSTpj/>.
- Pozo, J. I., & Crespo, M. A. (2009). *A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico* (5ª ed.). Porto Alegre: Artmed.
- Shipstone, D. M. (1984). A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education*, 6, 185-198.
- Shipstone, D. M. (1988). Pupils understanding of simple electrical circuits. *Physics Education*, 23, 92-96.
- Zabalza, M. A. (2002). Os diários de classe dos professores. *Pátio*, 6(22), 14-17.