

Internalização de conceitos de eletromagnetismo: um estudo com estudantes do oitavo ano do Ensino Fundamental

Romério Cossi Mattos¹, Leandro da Silva Barcellos², Mirian do Amaral Jonis Silva³

Resumo

Este trabalho tem como objetivo analisar a internalização de conceitos de eletromagnetismo por alunos do 8º ano do ensino fundamental. A relevância desta investigação está no desafio de ensinar Física, promovendo a aprendizagem conceitual a partir da Teoria Histórico-Cultural e utilizando o método dos Três Momentos Pedagógicos como fundamento para a prática pedagógica. A análise foca na internalização do conceito de tensão elétrica, com base em dados discursivos extraídos de produções escritas, diálogos e interações entre alunos e professor. O estudo qualitativo do tipo intervenção pedagógica utilizou gravações em vídeo das aulas, gravações em áudio das discussões e produções escritas dos alunos e do professor. A análise qualitativa dos dados escritos produzidos pelos estudantes revelou de maneira satisfatória a relação entre a quantidade de luz incidente em placas fotovoltaicas e a tensão elétrica gerada, sendo capazes de relacionar a tensão gerada com o aumento da luz solar direta. No entanto, as respostas tenderam a ser descritivas e superficiais quanto aos mecanismos implícitos à conversão de energia luminosa em elétrica. Isso sugere que os estudantes ainda estão em processo de apropriação plena dos conceitos científicos. A atividade foi eficiente para promover um aprendizado inicial e despertar a curiosidade dos estudantes sobre os fenômenos elétricos, mas intervenções pedagógicas adicionais serão essenciais para garantir a internalização completa e a aplicação correta dos conceitos científicos.

Palavras-chave: Internalização de conceitos. Tensão elétrica. Teoria Histórico-Cultural.

Recebido em: 11/12/2024; Aceito em: 16/06/2025

<https://doi.org/10.5335/rbecm.v8i2.16478>

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0>

ISSN: 2595-7376

¹ Professor Efetivo na Secretaria Municipal de Educação de Cariacica e na Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo. Bacharel em Zootecnia pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Licenciado em Biologia pela Faculdade do Noroeste de Minas e Mestre em Ensino de Física pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). E-mail: romeriocossi@gmail.com

² Professor substituto no Departamento de Teorias do Ensino e Práticas Educacionais (Dtepe) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Licenciado em Física, Mestre em Ensino de Física e Doutor em Educação pela UFES. E-mail: leandrobarcellos5@gmail.com

³ Professora Titular do Centro de Educação da Universidade Federal do Espírito Santo. Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mestra e Doutora em Educação pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. E-mail: mirinjonis04@gmail.com

Introdução

A implantação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) trouxe mudanças significativas para o ensino de Física no Brasil, ao integrar conteúdos dessa área em todos os anos do Ensino Fundamental. Antes restritos ao 9º ano, esses conteúdos agora fazem parte de uma abordagem mais contínua e integrada, contribuindo para uma melhor preparação dos estudantes na compreensão dessa área do conhecimento (Brasil, 2018).

Carvalho et al. (1998) definem a Física como uma ciência que descreve o mundo por meio de leis gerais e teorias, utilizando uma linguagem matemática rigorosa. Essa definição evidencia a importância de uma abordagem sistemática no ensino da disciplina — um desafio para muitos professores dos anos finais do Ensino Fundamental, que, frequentemente, possuem formação em Ciências Biológicas. Historicamente, esses profissionais tendem a priorizar conteúdos biológicos em detrimento dos conteúdos de Física, o que resulta em uma formação deficiente dos alunos nessa área (Nardi; Mizukami, 2006).

A formação dos professores de Ciências para os anos finais do Ensino Fundamental tem raízes nos antigos cursos de História Natural que, embora incluíssem disciplinas de Biologia e Geociências, não preparavam adequadamente os docentes para o ensino de Física e Química (Reis; Mortimer, 2020; Tavares, 2006). Mesmo com a substituição dos cursos de História Natural pelos de Ciências Biológicas, as lacunas na formação voltada ao ensino de Física persistiram, como apontam Ayres e Selles (2012).

A maior parte dos professores de Ciências é formada na área de Biologia (Magalhães Júnior; Pietrocola, 2010), o que contribui para as dificuldades enfrentadas por esses profissionais no ensino de Física no Ensino Fundamental (Magalhães Júnior; Pietrocola, 2011).

Segundo Pozo e Crespo (2009), algumas ideias e dificuldades de aprendizagem relacionadas à eletricidade manifestam-se na confusão e no uso inadequado de termos essenciais ao estudo das propriedades elétricas, como diferença de potencial, tensão, corrente, energia e potência. Os termos corrente elétrica, eletricidade e voltagem são frequentemente utilizados como sinônimos. Ainda de acordo com os autores, a corrente elétrica é frequentemente concebida como um fluido material armazenado na pilha e consumido pela lâmpada, sendo os fios apenas o veículo que permite o deslocamento desse fluido. As pilhas, por sua vez, são compreendidas como reservatórios de "fluido" — entendido, equivocadamente, como energia, carga elétrica, voltagem, eletricidade ou corrente. Termos como voltagem e diferença de potencial são pouco utilizados nas explicações fornecidas pelos alunos sobre os fenômenos elétricos.

Diante desse cenário, torna-se pertinente investigar e discutir o ensino de Física nos anos finais do Ensino Fundamental. Este estudo, que integra uma pesquisa mais ampla de Mestrado Profissional em Ensino de Física, tem como objetivo analisar a internalização de conceitos de eletromagnetismo, com foco em eletrodinâmica, por estudantes do 8º ano. A relevância desta investigação reside no desafio de promover a aprendizagem conceitual em Física, utilizando a Teoria Histórico-Cultural e o método dos Três Momentos Pedagógicos como fundamentos da prática pedagógica. A análise concentra-se na internalização do conceito de tensão elétrica, a partir de dados discursivos obtidos em produções escritas, diálogos e colaborações entre alunos e professor.

Referencial teórico

O Conceito e o uso da linguagem no contexto escolar

Um conceito pode ser compreendido como uma entidade psíquica que designa categorias de objetos, eventos ou relações. Caracteriza-se pelos processos de abstração e generalização, os quais permitem a construção de teorias científicas para explicar a realidade (Tenório, 2004). Para Vigotski (1989), os conceitos são fundamentais para o pensamento humano, desenvolvendo-se a partir de experiências sociais e sendo internalizados por meio da mediação cultural e da interação social.

A internalização, conforme a Teoria Sócio-Histórica, é o processo pelo qual atividades culturais externas transformam-se em processos internos de pensamento. Esse processo ocorre por meio da linguagem, que atua simultaneamente como ferramenta de comunicação e como instrumento de internalização do conhecimento (Vigotski, 1978; 1986). No contexto educacional, a internalização de conceitos científicos acontece quando os alunos, por meio de atividades práticas e discussões, incorporam esses conceitos ao seu pensamento.

Nesse sentido, aulas fundamentadas em métodos ou abordagens dialógicas constituem-se como espaços propícios para a internalização de conceitos. Nesta pesquisa, adotamos os Três Momentos Pedagógicos (3MP) como organizador didático para as aulas de Ciências. Inspirados na obra de Paulo Freire, os 3MP visam à construção do conhecimento por meio da problematização (Delizoicov; Angotti, 1990), estruturando-se em três etapas: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

Na **problematização inicial**, o professor apresenta uma situação-problema que desperta a curiosidade dos alunos, estimulando discussões em grupo e a construção coletiva de significados. O papel do professor é o de provocador de reflexões, conectando os novos conceitos aos conhecimentos prévios dos estudantes (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2009).

No **segundo momento**, ocorre a **organização e sistematização dos conhecimentos discutidos**. Com a mediação do professor, os alunos realizam pesquisas e estudos voltados aos conceitos científicos necessários para a compreensão do tema. A mediação pedagógica nessa fase é essencial para favorecer a internalização dos conceitos.

Na **etapa de aplicação do conhecimento**, os estudantes utilizam os conceitos aprendidos em novas situações, geralmente relacionadas a contextos do cotidiano. Essa fase visa à consolidação do conhecimento, promovendo a articulação entre ciência e prática. A resolução de problemas e a realização de atividades práticas em grupo fortalecem a internalização dos conceitos, tornando o aprendizado mais significativo e duradouro (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2009).

Observa-se que os Três Momentos Pedagógicos pressupõem o uso da linguagem e o trabalho colaborativo com o membro mais experiente da cultura — o professor —, em um movimento metodologicamente rigoroso de aproximação e distanciamento do problema inicial. Esse processo mobiliza, entre outros aspectos, os conceitos internalizados ao longo da prática pedagógica, constituindo-se como um eixo estruturante do ensino e da aprendizagem.

Conceito de tensão elétrica ou diferença de potencial

Vigotski (2001) afirma que os conceitos científicos não são independentes, mas fazem parte de um sistema inter-relacionado de ideias que estrutura e organiza o pensamento. Dessa forma, eles existem em conexão com outros conceitos, formando um todo integrado e dinâmico.

A generalização e a abstração são processos fundamentais para a construção e o enriquecimento de sistemas conceituais, os quais, por sua vez, são essenciais para o desenvolvimento intelectual e simbólico do

indivíduo.

No caso da eletricidade, o conceito geral que pode ser generalizado é a ideia de que eletricidade é um fenômeno associado ao movimento de cargas elétricas, que é fundamental para o funcionamento de muitos aspectos da vida moderna. Quando os alunos já têm uma compreensão geral da eletricidade, eles podem passar a abstrair conceitos específicos, como a tensão elétrica, que é um dos elementos fundamentais para entender como a eletricidade funciona em um circuito.

A tensão elétrica é a medida da diferença de potencial elétrico (ddp) entre dois pontos em um circuito. É a força que impulsiona os elétrons através de um condutor e é responsável por criar uma corrente elétrica.

A tensão elétrica, ou diferença de potencial elétrico, é a quantidade de trabalho necessário para mover uma carga elétrica de um ponto para outro, sendo a causa do fluxo de corrente elétrica em um circuito (Halliday; Resnick; Walker, 2016, p. 481).

Para que se haja um movimento de cargas elétricas dentro de um sistema condutor, é necessário estabelecer uma diferença de potencial (ddp) entre as extremidades do componente. O dispositivo que mantém a voltagem constante em um circuito é chamado fonte de fem (força eletromotriz), ou simplesmente fonte.

As fontes de fem são dispositivos como pilhas, baterias, placa fotovoltaicas, que aumentam a energia potencial de um circuito, mantendo uma diferença de potencial, entre pontos no circuito, enquanto cargas o atravessam. A fem de uma fonte descreve o trabalho realizado por unidade de carga, ou: $\mathcal{E} = \frac{dW}{dq}$, em que \mathcal{E} é a força eletromotriz (fem). A unidade da fem é o Volt (V), que pode ser definido como sendo 1 Joule de energia por 1 Coulomb de carga: $1V = \frac{1J}{1C}$.

Metodologia

Este trabalho apresenta um recorte de uma pesquisa desenvolvida no âmbito de um Mestrado Profissional em Ensino de Física, conduzida pelo primeiro autor, na qual se realizou um estudo qualitativo do tipo intervenção pedagógica. Conforme definido por Damiani et al. (2013), esse tipo de estudo envolve mediações em processos educacionais baseadas em referenciais teóricos, com o objetivo de promover avanços avaliados ao final das intervenções.

A pesquisa foi realizada entre março e maio de 2023, com 24 alunos do 8º ano do Ensino Fundamental, organizados em grupos, em uma escola da rede estadual. A participação foi voluntária, mediante autorização dos responsáveis legais, e os grupos foram identificados por letras e números a fim de garantir o anonimato dos participantes.

É importante destacar que, antes da aplicação da sequência didática, foram trabalhados os seguintes conteúdos: modelos atômicos, conceitos de carga elétrica, materiais condutores, semicondutores (como células fotovoltaicas e LEDs) e isolantes, além do efeito fotovoltaico e dos processos de eletrização, fundamentais para a compreensão dos fenômenos eletrostáticos e eletrodinâmicos.

A proposta didática teve como finalidade oferecer estratégias e instrumentos diversificados de ensino, por meio de metodologias que motivassem e facilitassem a aprendizagem. Após a aplicação da sequência, esperava-se que os estudantes fossem capazes de: apropriar-se de conceitos científicos relacionados à eletricidade; identificar grandezas elétricas; e aplicar, na prática, os conhecimentos científicos e tecnológicos em diferentes contextos sociais.

Para estruturar a intervenção, foi utilizado o método dos Três Momentos Pedagógicos, que serviu de base para a elaboração da sequência didática, bem como para a condução do ensino e para a coleta e análise dos dados, tanto em sala de aula quanto no pátio da escola. O Quadro 1

apresenta uma síntese do recorte da intervenção analisada neste trabalho.

Quadro 1: Descrição de parte dos encontros da sequência de ensino - Tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico (ddp).

Momentos Pedagógicos	Encontros	Atividades
Problematização Inicial	02	Situação 01: a prática de soltar pipa, com linha contendo cerol. Situação 02: os pássaros não tomam choque em fios e cabos elétricos desencapados.
Organização do Conhecimento	02	Uso do simulador Phet Colorado (Circuito DC) para o ensino do conceito de tensão elétrica. Experimento: constatação da tensão elétrica em pilhas, bateria, mini placa fotovoltaica e LED de alto brilho, através da função de tensão contínua de um multímetro. A tensão elétrica gerada a partir do efeito fotovoltaico.
Aplicação do Conhecimento	02	Atividade experimental em grupo: constatação da tensão elétrica a partir do efeito fotovoltaico.

Fonte: adaptado de Mattos (2023).

Os instrumentos de coleta de dados incluíram gravações em vídeo das aulas, gravações de áudio das discussões e produções escritas dos alunos e do professor. Para a análise das interações verbais, utilizamos a Análise do Discurso Sociocultural (Lago, 2023), com o objetivo de identificar e selecionar momentos de mobilização de conceitos relacionados à tensão elétrica ou diferença de potencial (ddp).

Para os propósitos deste artigo, focamos nos resultados obtidos a partir da transcrição dos áudios registrados durante o terceiro momento pedagógico, com ênfase na interiorização do conceito de tensão elétrica. Espera-se que, nesse momento, os estudantes sejam capazes de empregar

os conhecimentos adquiridos de forma articulada e fluida em situações concretas (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2009).

Os alunos participaram de uma atividade experimental em grupo, na qual investigaram a tensão elétrica gerada pelo efeito fotovoltaico. Essa atividade prática permitiu que observassem diretamente como a luz pode ser convertida em energia elétrica, aprofundando sua compreensão dos conceitos teóricos.

Durante a atividade, cada grupo realizou experimentos utilizando células fotovoltaicas, medindo a tensão gerada sob diferentes condições de iluminação. Posteriormente, os alunos registraram seus resultados e discutiram, em grupo, suas observações e conclusões, promovendo um entendimento colaborativo e crítico do fenômeno estudado.

Inspirados em Bispo, Silva e Rocha (2024), consideramos, para o movimento analítico, os seguintes aspectos indicativos da interiorização do conceito de tensão elétrica, organizados em ordem decrescente de generalidade:

I. Reconhecimento da situação referente ao fenômeno do efeito fotovoltaico, evidenciado pela coerência entre os fenômenos elétricos mencionados e o enunciado das atividades;

II. Emprego do sistema conceitual da tensão elétrica gerada pelo efeito fotovoltaico, com uso explícito das propriedades do conceito e de suas relações, tais como: (a) conversão da energia solar em energia elétrica; (b) influência da intensidade da luz na tensão gerada; (c) impacto da ligação em série na tensão total;

III. Utilização dos termos científicos ensinados: *tensão elétrica*, *circuito em série*, *diferença de potencial*, *incidência de luz*, *efeito fotovoltaico* e *LEDs*.

Análises e discussões

Como primeira atividade do Momento de Aplicação do Conhecimento, os estudantes realizaram, em grupo, a constatação da tensão elétrica a partir do efeito fotovoltaico, aferindo, com um multímetro, a tensão elétrica de uma mini placa fotovoltaica de 3 volts, com o lado frontal voltado para baixo. Nessa atividade, tivemos a participação de apenas dois grupos, G1 e G3, pois vários alunos estavam ausentes.

Análise das respostas à atividade de aferição da tensão elétrica de uma mini placa fotovoltaica de 3 volts, com o lado frontal voltado para baixo

Após a verificação experimental, o professor propôs a seguinte questão: Por que a tensão elétrica aferida na miniplaca fotovoltaica com o lado frontal voltado para baixo é tão baixa?

Em produção escrita, o grupo G1 respondeu: “Está pegando pouca luz.” Essa resposta sugere que os estudantes reconhecem a relação entre a quantidade de luz incidente e a tensão gerada pela placa fotovoltaica. Eles conseguem estabelecer uma conexão entre a redução da luz (devido à posição da placa com o lado ativo voltado para baixo) e a consequente diminuição na tensão elétrica.

O grupo G3, por sua vez, respondeu: “Não tem Sol na placa.” Essa construção também indica o reconhecimento de que a presença da luz solar é fundamental para a geração de tensão. A menção específica ao Sol sugere que os estudantes identificam corretamente a fonte primária de radiação utilizada pelas placas fotovoltaicas para produzir energia elétrica.

As respostas dos estudantes demonstram alinhamento com o fenômeno investigado, evidenciando coerência entre os fenômenos elétricos mencionados e o enunciado da atividade. Ambos os grupos identificam que a luz é necessária para a geração de tensão elétrica e fazem uma associação direta entre a ausência ou presença de luz e a variação no valor da tensão observada.

Nesse momento da atividade, os estudantes demonstram uma interiorização inicial do conceito de que a tensão elétrica gerada por uma placa fotovoltaica depende da quantidade de luz incidente. Tal reconhecimento fica evidente nas respostas coerentes, que conectam corretamente a posição da placa à redução na luz recebida e, conseqüentemente, à menor geração de tensão, conforme aferido por um multímetro.

Embora empreguem parcialmente o sistema conceitual da tensão elétrica gerada pelo efeito fotovoltaico, os grupos G1 e G3 não o utilizam de forma completa ou explícita. Ambos demonstram compreender que a intensidade da luz influencia a tensão gerada, mas não mencionam diretamente os princípios físicos envolvidos na conversão de energia.

Nenhum dos grupos faz referência explícita ao processo de conversão da energia solar em energia elétrica, fundamento central do efeito fotovoltaico. Embora reconheçam que a luz influencia a tensão, não explicam como a energia luminosa é transformada em energia elétrica. A resposta do G1, por exemplo, é simplista, pois afirma apenas que há “pouca luz”, sem explorar como essa menor quantidade resulta em menor geração de energia elétrica e, portanto, em menor tensão. Já a resposta do G3 — “Não tem Sol na placa” — carece igualmente de uma explicação mais aprofundada sobre a necessidade da luz solar para a geração de energia, o que indica uma compreensão limitada do fenômeno.

No que se refere ao uso dos termos científicos ensinados, observa-se que nenhum dos grupos utiliza explicitamente termos como *tensão elétrica*, *diferença de potencial*, *incidência de luz* ou *efeito fotovoltaico*. Ainda que as respostas indiquem uma compreensão básica das relações entre luz e tensão elétrica, essa compreensão não se manifesta por meio da terminologia científica apropriada.

Ambos os grupos deixam de empregar o termo “tensão elétrica” nas

suas respostas, utilizando apenas expressões mais genéricas. Embora compreendam que menos luz implica menor geração de energia elétrica, essa relação não é formulada com base nos conceitos ensinados. O termo “diferença de potencial” também não é mencionado, tampouco há uma explicação sobre como ela é afetada pela quantidade de luz incidente. Em relação à incidência de luz, embora o conceito esteja implicitamente presente, o termo técnico não é utilizado. Por fim, os grupos não mencionam o efeito fotovoltaico como o mecanismo responsável pela conversão da luz em energia elétrica, limitando-se a reconhecer empiricamente a relação entre luz e tensão.

Análise das respostas à atividade de aferição da tensão elétrica de uma mini placa fotovoltaica com o lado frontal voltada para o sol

Na segunda atividade, contamos com a participação dos quatro grupos. Os estudantes realizaram a verificação da tensão elétrica gerada a partir do efeito fotovoltaico, utilizando uma miniplaca fotovoltaica de 3 volts com o lado frontal voltado diretamente para o Sol. Após a verificação experimental, o professor propôs a seguinte questão: *Como a incidência da luz solar está relacionada ao aumento do valor da tensão elétrica gerada pela placa fotovoltaica?*

O Grupo 1 (G1) registrou: “Porque a luz está pegando melhor. Aumentou os volts.” Essa construção indica que os estudantes reconhecem que a tensão elétrica está diretamente relacionada à quantidade de luz incidente. Eles compreendem que uma melhor captação de luz, devido à orientação da placa, resulta em maior valor de tensão.

O Grupo 2 (G2) afirmou: “Agora tem Sol na placa.” A resposta sugere que os estudantes identificam o Sol como a principal fonte de radiação e compreendem que a presença direta da luz solar sobre a placa fotovoltaica aumenta a tensão gerada.

O Grupo 3 (G3) escreveu: “Pulou de 0,86 V para 2,94 V, porque os raios solares pegam na placa.” Essa resposta demonstra uma compreensão mais detalhada e quantitativa da relação entre a incidência da luz solar e a tensão gerada, reconhecendo que a variação observada na tensão é uma consequência direta da interação entre a luz solar e a placa fotovoltaica.

O Grupo 4 (G4) registrou: “Porque agora ela está com o contato direto com a luz.” Essa construção reforça a ideia de que o contato direto com a luz é o fator determinante para o aumento da tensão elétrica, evidenciando que o grupo compreende o papel da iluminação na geração de tensão.

Na análise do emprego do sistema conceitual da tensão elétrica, observa-se que os quatro grupos demonstram uma compreensão inicial e progressiva da relação entre a intensidade da luz solar e a tensão elétrica gerada pela miniplaca fotovoltaica. No entanto, a articulação conceitual referente à conversão de energia solar em energia elétrica ainda é limitada.

Nenhum dos grupos abordou explicitamente o processo de conversão da energia luminosa em energia elétrica, princípio central do efeito fotovoltaico. As respostas concentram-se na influência da luz sobre a tensão elétrica, mas não discutem o mecanismo pelo qual essa transformação ocorre nas células fotovoltaicas.

Apesar de todos os grupos reconhecerem a relação entre a luz solar e o aumento da tensão elétrica, as explicações não avançam para um nível mais aprofundado. Observa-se o uso de termos como “tensão” e “volts”, mas sem o devido esclarecimento conceitual de como o fenômeno ocorre. Por exemplo, a resposta do G1 — “aumentou os volts” — demonstra a percepção de uma variação no valor da tensão em função da incidência luminosa, mas não menciona o efeito fotovoltaico como o mecanismo explicativo dessa mudança.

Além disso, os grupos tendem a enfatizar condições externas do

fenômeno — como a luz direta e a orientação da placa —, sem mencionar o processo interno de conversão que ocorre nas células fotovoltaicas. A resposta do G4, ao atribuir o aumento da tensão ao “contato direto com a luz”, mostra que o grupo reconhece o papel da orientação da placa, mas não aborda como a interação entre a luz solar e os materiais semicondutores da célula gera eletricidade. Essa abordagem superficial revela uma compreensão ainda incipiente dos mecanismos físicos envolvidos.

Outro ponto que reforça a ausência de uma interiorização mais sólida do conceito é a falta de uso de termos científicos específicos ao efeito fotovoltaico. Não há menção a termos como “efeito fotovoltaico”, “semicondutor”, “liberação de elétrons” ou “corrente elétrica”. O G3, por exemplo, menciona a variação da tensão (“pulou de 0,86 V para 2,94 V”) em função da maior incidência de luz solar, mas não explicita como os fótons interagem com os átomos do material semicondutor para gerar energia elétrica.

Dessa forma, fica evidente que, embora os grupos reconheçam a relação entre a incidência luminosa e o aumento da tensão elétrica, ainda não demonstram uma compreensão conceitual plena da conversão de energia solar em energia elétrica, sugerindo que o processo de interiorização desse conhecimento está em desenvolvimento.

Em relação ao efeito fotovoltaico, embora as respostas revelem uma compreensão empírica do fenômeno, o termo técnico não é explicitamente utilizado. Os estudantes demonstram reconhecer que a luz influencia a geração de tensão elétrica nas placas, mas o uso de termos científicos específicos — como *tensão elétrica*, *incidência de luz* ou *efeito fotovoltaico* — ainda é limitado nas suas produções escritas.

Análise das respostas à atividade de aferição da tensão elétrica de três minis placas fotovoltaicas ligadas em série

Outra atividade experimental realizada envolveu a aferição da tensão elétrica de três miniplacas fotovoltaicas conectadas em série. Após a montagem do circuito, o professor propôs a seguinte questão: Como a configuração das três miniplacas fotovoltaicas ligadas em série está relacionada ao aumento da tensão elétrica gerada?

As respostas dos grupos foram as seguintes:

G1: “Está passando mais carga, por causa da junção delas está chegando mais volts, estão absorvendo mais cargas juntas, mais energia solar, mais volts.”

Essa resposta indica uma tentativa de explicar o aumento da tensão elétrica em função da conexão em série das placas. O grupo reconhece que a junção das placas possibilita maior absorção de energia solar, o que se traduz em um aumento da tensão. No entanto, a menção à “passagem de carga” e à “absorção de cargas” revela confusões conceituais, ao confundir os conceitos de carga elétrica e tensão elétrica. Ainda assim, a ideia central — de que a conexão das placas influencia o valor da tensão — está presente.

G2: “A tensão aumentou porque a placa se juntou às demais placas.” Trata-se de uma explicação mais simples, mas que expressa corretamente a relação entre a configuração em série e o aumento da tensão. O grupo reconhece que a junção das placas resulta em um valor maior de tensão elétrica.

G3: “Ela aumentou por causa da luz, porque tem mais placas conectadas.” O grupo associa corretamente o aumento da tensão à maior incidência de luz e à presença de mais placas no circuito, indicando compreensão dos fatores que contribuem para a variação da tensão.

Em outra questão, foi solicitada a interpretação da observação experimental. O professor perguntou: A partir da observação da tensão elétrica, o que estamos constatando?

As respostas foram:

G1: “O efeito fotovoltaico”.

G2: “O efeito fotovoltaico está funcionando”.

Essas respostas revelam que ambos os grupos começam a associar o fenômeno observado — o aumento da tensão elétrica — ao efeito fotovoltaico, reconhecendo que a geração de tensão está diretamente relacionada à incidência de luz e à configuração do circuito.

Na análise do emprego do sistema conceitual da tensão elétrica pelo efeito fotovoltaico, observa-se que os grupos demonstram diferentes níveis de compreensão. Todos reconhecem, de forma geral, que a ligação das placas em série está relacionada ao aumento da tensão, mas ainda há lacunas na explicitação dos conceitos fundamentais, como o funcionamento interno das células fotovoltaicas e a influência direta da conexão em série sobre o valor total da tensão.

Em relação à conversão de energia solar em energia elétrica, destaca-se a resposta do G4: “Os LEDs acesos representam que a luz solar foi transformada em energia elétrica”. Essa resposta demonstra uma compreensão clara e explícita da função do efeito fotovoltaico como processo de conversão de energia. O grupo reconhece o papel da luz solar como fonte de energia que, ao ser captada pelas placas, é convertida em eletricidade para acender os LEDs.

O G3 afirmou: “Os LEDs acesos representam a corrente elétrica, que está chegando energia, está acontecendo o efeito fotovoltaico”. Essa construção também sugere um entendimento do processo de conversão, ainda que de forma menos precisa. Ao associar o acendimento dos LEDs à geração de corrente e mencionar o efeito fotovoltaico, o grupo indica uma compreensão implícita da conversão de energia luminosa em elétrica.

Já os grupos G1 e G2 focaram mais na observação da corrente

elétrica ou do valor da tensão, sem explicitar a transformação de energia envolvida. Isso indica uma compreensão mais limitada do sistema conceitual completo do efeito fotovoltaico.

De maneira geral, G3 e G4 apresentam um entendimento mais próximo do sistema conceitual completo, especialmente no que se refere à conversão de energia solar em energia elétrica. O G4, em particular, estabelece uma conexão explícita entre a luz solar e a eletricidade gerada, demonstrando um bom nível de apropriação conceitual. No entanto, nenhum grupo abordou diretamente o impacto da ligação em série no aumento da tensão total, o que revela uma lacuna importante na internalização das propriedades conceituais do circuito.

Foi analisado como os grupos utilizaram ou referenciaram os termos específicos ensinados — tensão elétrica, circuito em série e efeito fotovoltaico — nas respostas.

a) Tensão Elétrica - G1: Usa o termo “volts” de forma informal e imprecisa. A expressão “está passando mais carga” é conceitualmente incorreta para descrever tensão elétrica. Há tentativa de descrever o fenômeno, mas o termo tensão elétrica não é utilizado.

G2: Refere-se a “tensão aumentou”, o que indica reconhecimento do conceito, embora não utilize o termo de forma completa.

G3: Associa o aumento da tensão à presença de mais placas e à luz solar, mas também não utiliza explicitamente o termo tensão elétrica.

b) Circuito em Série

G1: Sugere a ideia de ligação em série ao mencionar “junção delas” e “absorvendo mais cargas juntas”, mas não utiliza o termo técnico.

G2: A frase “a placa se juntou às demais placas” indica alguma noção de conexão em série, mas novamente o termo específico não é empregado.

G3: Menciona que há “mais placas conectadas”, o que sugere uma compreensão parcial da configuração, sem uso da terminologia adequada.

c) Efeito Fotovoltaico

G1 e G2: Utilizam corretamente o termo “efeito fotovoltaico”, demonstrando uma apropriação inicial do conceito e seu uso no contexto da atividade.

As respostas dos estudantes evidenciam um entendimento parcial dos conceitos científicos envolvidos. O uso do termo “efeito fotovoltaico” está presente em alguns grupos, o que é positivo, mas termos como tensão elétrica e circuito em série ainda são pouco utilizados de forma adequada. A compreensão da relação entre a configuração do circuito e o aumento da tensão começa a se formar, mas a ausência de explicitação conceitual mais aprofundada indica que o processo de interiorização dos conceitos está em desenvolvimento.

Análise das respostas à pergunta sobre a tensão elétrica fornecida pelas minis placas fotovoltaicas acendem leds ligados em série na placa protoboard

Os alunos constroem um circuito em série na placa protoboard com o uso de mini placas fotovoltaicas e leds e o professor lança uma questão.

Professor: "Considerando o efeito fotovoltaico e a geração de tensão elétrica pelas mini placas, quais fenômenos elétricos são comprovados pelo acendimento dos LEDs?"

Quanto ao Reconhecimento do Fenômeno, a resposta do G1 "além da tensão, tem corrente elétrica", indica que os estudantes reconhecem a presença de dois fenômenos elétricos fundamentais: a tensão gerada pelas placas fotovoltaicas e a corrente elétrica que flui para acender os LEDs. Essa resposta mostra uma compreensão básica de que, para os LEDs acenderem, não basta apenas a tensão; é necessária uma corrente elétrica que percorra o circuito.

A resposta do G3 - "Os LEDs acesos representam a corrente elétrica, que está chegando energia, está acontecendo o efeito fotovoltaico"

evidencia uma compreensão mais ampla. O grupo não só reconhece a presença de corrente elétrica, mas também associa o acendimento dos LEDs com a geração de energia elétrica a partir do efeito fotovoltaico, demonstrando uma conexão entre o fenômeno observado (LEDs acesos) e o processo subjacente.

A resposta do G4 - "Os LEDs acesos representam que a luz solar foi transformada em energia elétrica" reforça a ideia de que os estudantes entendem que a energia solar captada pelas placas fotovoltaicas foi convertida em energia elétrica, suficiente para acionar os LEDs. Isso mostra um reconhecimento claro do processo de conversão de energia, que é central para o efeito fotovoltaico.

A resposta do G2 - "A corrente elétrica" é direta e confirma que o grupo reconhece a importância da corrente elétrica para o funcionamento do circuito e o acendimento dos LEDs.

G1 (segunda fala) – Ressaltar "Que está gerando corrente elétrica" reafirmando o entendimento do grupo sobre o papel da corrente elétrica no acendimento dos LEDs, fortalecendo a ideia de que eles reconhecem o fenômeno como parte do efeito fotovoltaico.

A análise do reconhecimento da situação referente ao fenômeno do efeito fotovoltaico", evidencia que os grupos demonstram um entendimento crescente dos fenômenos elétricos envolvidos na atividade. Eles reconhecem a relação entre a tensão elétrica gerada pelas mini placas fotovoltaicas, a corrente elétrica necessária para acender os LEDs, e o efeito fotovoltaico.

Em relação a coerência entre fenômeno e enunciado, as respostas dos grupos estão em coerência com o enunciado da atividade. Eles reconhecem corretamente que a tensão elétrica gerada pelas mini placas fotovoltaicas não só é responsável pela geração de corrente elétrica, mas também é fundamental para que os LEDs acendam. A compreensão de que a luz solar

foi transformada em energia elétrica, e que essa energia gerou uma corrente elétrica que acende os LEDs, demonstra uma conexão clara entre os fenômenos elétricos citados e o efeito fotovoltaico.

A análise revela que os estudantes estão progredindo na interiorização do conceito do efeito fotovoltaico. Inicialmente, eles demonstram um entendimento coerente de que a tensão gerada pelas mini placas fotovoltaicas resulta na corrente elétrica necessária para acender os LEDs. Além disso, começam a reconhecer que esse processo é uma evidência do efeito fotovoltaico, no qual a energia solar é convertida em energia elétrica. A coerência nas respostas indica que os estudantes estão integrando progressivamente os conceitos de tensão, corrente elétrica e efeito fotovoltaico, compreendendo como esses fenômenos interagem para produzir resultados visíveis, como o acendimento dos LEDs.

As atividades revelam, de forma geral, uma evolução gradativa na compreensão dos conceitos envolvidos. Nas primeiras atividades, observa-se que os grupos não utilizam diretamente termos como tensão elétrica ou diferença de potencial elétrico e efeito fotovoltaico em suas explicações. Embora reconhecessem a relação entre luz e tensão e identificassem o Sol como fonte primária de radiação, o processo de conversão de energia solar em energia elétrica não foi mencionado.

Ainda que, os estudantes reconhecessem essa relação, eles ainda não conseguiam explicar detalhadamente o fenômeno da conversão de energia. Termos técnicos como ligação em série também não foram empregados, sendo substituídos por expressões como junção, o que indicava uma compreensão limitada dos aspectos mais técnicos dos circuitos elétricos.

Nas últimas atividades, no entanto, há um avanço significativo. Os estudantes começaram a utilizar diretamente o termo efeito fotovoltaico em suas explicações e passaram a mencionar explicitamente os termos tensão elétrica e corrente elétrica, além de explicitar a compreensão da

transformação de energia solar em energia elétrica. Esse progresso evidenciou um desenvolvimento mais completo da compreensão conceitual, especialmente no que se refere à interação entre os fenômenos envolvidos no efeito fotovoltaico e a geração de eletricidade.

Ao analisar o discurso dos estudantes com base no emprego do sistema conceitual da tensão elétrica pelo efeito fotovoltaico por meio do uso das propriedades do conceito e suas relações de modo explícito, podemos identificar como eles articulam os conceitos de: (a) conversão de energia solar em energia elétrica; (b) influência da intensidade da luz na tensão gerada e (c) impacto da ligação em série na tensão total.

Conversão de Energia Solar em Energia Elétrica: para o G4 "Os LEDs acesos representam que a luz solar foi transformada em energia elétrica" demonstra claramente a compreensão do processo de conversão de energia solar em energia elétrica. G4 articula explicitamente que a luz solar foi convertida em energia elétrica, a qual é utilizada para acender os LEDs. Esta resposta indica um entendimento correto e explícito do conceito central do efeito fotovoltaico. Já para o G3, "Os LEDs acesos representam a corrente elétrica, que está chegando energia, está acontecendo o efeito fotovoltaico" também reconhece a ocorrência do efeito fotovoltaico e sugere que a luz solar está sendo convertida em energia elétrica, embora de forma menos direta. O grupo entende que a energia resultante da conversão está gerando corrente elétrica, mas não especifica detalhadamente o processo de conversão da luz em eletricidade.

Influência da Intensidade da Luz na Tensão Gerada: estas respostas específicas não abordam diretamente a influência da intensidade da luz na tensão gerada. No entanto, a menção à transformação da luz solar em energia elétrica por G4 sugere um entendimento implícito de que a presença de luz solar, e possivelmente sua intensidade, é crucial para o acendimento dos LEDs.

Impacto da Ligação em Série na Tensão Total: nenhum dos grupos aborda explicitamente o impacto da ligação em série das mini placas fotovoltaicas na tensão total gerada. As respostas focam mais na presença de corrente elétrica e na conversão de energia, mas não exploram como a configuração em série contribui para a geração de uma tensão suficiente para acender os LEDs. Esta ausência indica que os estudantes ainda não internalizaram completamente o papel da ligação em série no aumento da tensão.

Os estudantes, especialmente G4, demonstram um entendimento explícito do conceito de conversão de energia solar em energia elétrica, o que é essencial para o funcionamento dos LEDs. No entanto, enquanto há um reconhecimento do efeito fotovoltaico e da presença de corrente elétrica, a discussão sobre a influência da intensidade da luz e o impacto da ligação em série na tensão total é menos desenvolvida ou ausente.

Para analisar as repostas dos alunos com base no emprego dos termos científicos ensinados, sobre a tensão elétrica fornecida pelas mini placas fotovoltaicas para acender LEDs, vamos examinar a utilização dos termos relacionados aos fenômenos elétricos, a partir da seguinte questão: Os LEDs acesos comprovam quais fenômenos elétricos?

As respostas dos estudantes sobre os fenômenos elétricos comprovados pelo acendimento dos LEDs apresentam diferentes níveis de entendimento. O Grupo 1 menciona que “Além da tensão, tem corrente elétrica”. O Grupo 2 afirma que “Os LEDs acesos representam a corrente elétrica, que está chegando energia, está acontecendo o efeito fotovoltaico”. Para o Grupo 3 “Os LEDs acesos representam a corrente elétrica, que está chegando energia, está acontecendo o efeito fotovoltaico”. Por fim, o Grupo 4, que “Os LEDs acesos representam que a luz solar foi transformada em energia elétrica”

A análise das respostas dos grupos quanto ao emprego do termo

científico tensão elétrica, observamos que G1 menciona “tensão” como um dos fenômenos evidenciados pelos LEDs acesos, mas não detalha como a tensão é evidenciada na prática. Não explora o termo com precisão científica. Os grupos G3 e G4 não fazem referência ao termo tensão elétrica.

O grupo G1 usa o termo “corrente elétrica” para descrever um fenômeno observado com os LEDs acesos. A afirmação de que “tem corrente elétrica” e “está gerando corrente elétrica” indica uma compreensão de que a corrente elétrica está presente, embora a explicação não seja completamente técnica, G2 menciona simplesmente “a corrente elétrica”, sem uma explicação adicional. O grupo G3 explica que os LEDs representam a corrente elétrica e a energia que está chegando, demonstrando uma boa compreensão do conceito de corrente elétrica em relação ao funcionamento dos LEDs e G4 não menciona corrente elétrica, mas sugere que a luz solar foi transformada em energia elétrica, o que está indiretamente relacionado à geração de corrente elétrica.

Quanto o uso do termo incidência de luz, o grupo G4 relaciona a presença dos LEDs acesos à transformação da luz solar em energia elétrica, o que é uma referência indireta à incidência de luz. No entanto, não utiliza o termo incidência de luz.

Ao analisar as respostas dos grupos ao emprego do termo científico efeito fotovoltaico, observamos que G3 menciona que o efeito fotovoltaico está acontecendo, associando diretamente o fenômeno à presença de LEDs acesos. Este é um uso adequado do termo científico, indicando compreensão do conceito. O G4, sugere que a luz solar foi transformada em energia elétrica, o que implica a realização do efeito fotovoltaico, mas não usa o termo explicitamente.

O uso do termo LED pelo grupo G3, indica que os LEDs acesos estão relacionados à corrente elétrica, embora não explique como os LEDs

comprovam o fenômeno, o G2 menciona a corrente elétrica sem relacionar diretamente aos LEDs, G3 faz uma conexão clara entre os LEDs acesos e a corrente elétrica, explicando que representa a corrente elétrica e o efeito fotovoltaico e G4 Relaciona os LEDs acesos à transformação da luz solar em energia elétrica, implicando o funcionamento dos LEDs como um indicador do efeito fotovoltaico.

As respostas dos alunos revelam uma compreensão variável dos conceitos científicos. A maioria dos alunos demonstra algum entendimento do conceito de corrente elétrica e seu papel em acender os LEDs. No entanto, o uso de termos como tensão elétrica, diferença de potencial e incidência de luz é limitado ou ausente.

Considerações finais

No recorte apresentado nesta pesquisa, propomo-nos a analisar a internalização de conceitos de eletromagnetismo, com foco em eletrodinâmica, por alunos do 8º ano do Ensino Fundamental. Os resultados obtidos indicam que os estudantes demonstraram avanços significativos na compreensão dos conceitos de tensão elétrica, corrente elétrica e efeito fotovoltaico.

Os grupos reconheceram de maneira satisfatória a relação entre a quantidade de luz incidente e a tensão gerada pelas placas, sendo capazes de associar o aumento da luz solar direta ao aumento da tensão gerada. No entanto, as respostas tenderam a ser descritivas e superficiais quanto aos mecanismos subjacentes à conversão da energia luminosa em energia elétrica. Isso sugere que os estudantes ainda estão em processo de apropriação plena dos conceitos científicos.

O uso de terminologias adequadas, como tensão elétrica, corrente elétrica e efeito fotovoltaico, foi limitado. Embora alguns grupos tenham empregado esses termos, a maioria ainda demonstrou dificuldades em

utilizar o sistema conceitual de forma consistente e em explicar detalhadamente os fenômenos observados, optando por expressões mais informais.

A proposta de reforçar o uso explícito de termos científicos e de promover atividades que conectem teoria e prática pode contribuir para a consolidação da aprendizagem e para uma internalização mais sólida dos conceitos de eletrodinâmica, especialmente no contexto do efeito fotovoltaico e do funcionamento de LEDs em circuitos elétricos.

Em síntese, a atividade mostrou-se eficaz para promover um aprendizado inicial e despertar a curiosidade dos estudantes sobre os fenômenos elétricos. No entanto, intervenções pedagógicas adicionais serão essenciais para garantir a internalização completa e a aplicação adequada dos conceitos científicos.

Internalization of electromagnetism concepts: a study with eighth-year elementary school students

Abstract

This work aims to analyze the internalization of electromagnetism concepts by 8th year elementary school students. The relevance of this investigation lies in the challenge of teaching Physics, promoting conceptual learning based on Historical-Cultural Theory and using the Three Pedagogical Moments method as a foundation for pedagogical practice. The analysis focuses on the internalization of the concept of electrical tension, based on discursive data extracted from written productions, dialogues and interactions between students and teacher. The qualitative study of the pedagogical intervention type used video recordings of classes, audio recordings of discussions and written productions of students and the teacher. The qualitative analysis of the written data produced by the students satisfactorily revealed the relationship between the amount of light incident on photovoltaic panels and the electrical voltage generated, being able to relate the voltage generated with the increase in direct sunlight. However, the answers tended to be descriptive and superficial regarding the mechanisms implicit in the conversion of light energy into electrical energy. This suggests that students are still in the process of fully appropriating scientific concepts. The activity was efficient in promoting initial learning and awakening students' curiosity about electrical phenomena, but additional pedagogical interventions will be essential to ensure complete internalization and correct application of scientific concepts.

Referências

- BISPO, Wilson Fabio de Oliveira; SILVA, José Luis de Paula Barros; ROCHA, José Fernando Moura. Interiorização do conceito científico de reflexão da luz por estudantes do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro De Ensino De Física**, v. 41, n.1, p. 94–122, 2024. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2024.e89736>.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; *et al.* **Ciências no ensino fundamental: o conhecimento físico**. São Paulo: Scipione, 1998.
- DAMIANI, Magda Floriana; *et al.* Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, Pelotas, n. 45, p. 57-67, maio/ago. 2013.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: 65 Cortez, 1990.
- DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNANBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. 3 ed. São Paulo: Cortez, 2009.
- LAGO, Leonardo. Sobre metodologia e métodos para análise da interação discursiva em sala de aula: uma discussão entre abordagens quantitativa e qualitativa. **Educação em Revista**, v. 39, e41747, p. 1-17, 2023. <https://doi.org/10.1590/0102-469841747>
- David HALLIDAY, Robert Resnick, WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 3 : eletromagnetismo**. 10. ed. - Rio de Janeiro : LTC, 2016.
- MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira; PIETROCOLA, Maurício. Análise de propostas para a formação de professores de ciências do ensino fundamental. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 31-58, jul. 2010.
- MAGALHÃES JÚNIOR, Carlos Alberto de Oliveira; PIETROCOLA, Maurício. Atuação dos professores formados em Licenciatura Plena em Ciências. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 1, p. 175-198, maio 2011.
- MATTOS, Romério Cossi. **Uma proposta de sequência didática envolvendo conceitos relacionados ao uso da energia fotovoltaica para o ensino fundamental**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023.
- MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. **Aprendizagem da docência: conhecimento específico, contextos e práticas pedagógicas**. In: NACARATO, Adair Mendes; PAIVA, Maria Auxiliadora Vilela. (Org.). A formação do professor que ensina Matemática: perspectivas e pesquisas. Belo Horizonte: **Autêntica**, p. 213-231, 2006.

NARDI, Roseli; MIZUKAMI, Maria da Graça. **O que é necessário para que o professor ensine ciências?**. In: NARDI, Roseli (Org.). **Questões atuais na formação de professores de ciências**. Curitiba: UFPR, 2006.

POZO, Juan Ignacio; CRESPO, Miguel Ángel Gómez. **A aprendizagem e o ensino de Ciências do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REIS, Rita de Cássia; MORTIMER, Eduardo Fleury. Um estudo sobre licenciaturas em ciências da natureza no Brasil. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v.36, e205692, p. 1-13, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-4698205692>.

TAVARES, Daniele Aparecida de Lima. **Trajetórias da formação docente: o caso da Licenciatura Curta em Ciências das décadas de 1960 e 1970**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, 2006.

TENÓRIO, Francisco. **Epistemologia e didática das ciências**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **A construção do pensamento e da linguagem**. Tradução Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **A formação social da mente**. Tradução de José Cipolla Neto. São Paulo: Martins Fontes, 1978.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **Pensamento e linguagem**. Tradução de José Cipolla Neto. São Paulo: Martins Fontes, 1986.

VIGOTSKI, Lev Semionovitch. **O desenvolvimento psicológico da criança**. Tradução de Maria da Penha Villalobos. São Paulo: EPU, 1989.

YRES, Ana Cléa Moreira; SELLES, Sandra Escovedo. História da formação de professores: diálogos com a disciplina escolar de ciências no ensino fundamental. **Ensaio**, v. 14, n. 02, p. 51-66, 2012.