

APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE EFEITO FOTOVOLTAICO NO ENSINO MÉDIO

*APPLICATION OF A TEACHING SEQUENCE ON THE PHOTOVOLTAIC EFFECT
IN HIGH SCHOOL*

*APLICACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA SOBRE EL EFECTO FOTOVOLTAICO EN LA
ESCUELA SECUNDARIA*

Jonatas Rodrigues Silva

jonatas.fisica@yahoo.com
<https://orcid.org/0009-0003-5688-6066>
Escola Nossa Senhora do Amparo

Jefferson Adriano Neves

jefferson.neves@ufla.br
<https://orcid.org/0000-0002-5907-7657>
Universidade Federal de Lavras

Marco Aurélio do Espírito Santo

marco.santo@ifrj.edu.br
<https://orcid.org/0000-0002-4240-2855>
Instituto Federal do Rio de Janeiro

RESUMO

Este estudo aplica e avalia uma sequência didática sobre energia e efeito fotovoltaico no ensino médio, temas fundamentais para a física moderna que, devido a complexidade conceitual, exige abordagens didáticas diversas para sua compreensão. Utilizando atividades investigativas, o objetivo é promover a alfabetização científica e o desenvolvimento do pensamento crítico dos estudantes. A pesquisa, de natureza qualitativa, foi desenvolvida em uma turma do terceiro ano do ensino médio de uma escola particular no sul do estado do Rio de Janeiro. A sequência, composta por quatro atividades, foi implementada ao longo de seis horas-aula, utilizando um painel fotovoltaico e simulações computacionais. Os dados coletados, por meio de respostas escritas e do diário de campo do professor, foram analisados por meio da Análise de Conteúdo de Bardin, com as categorias construídas a posteriori. Os resultados indicam que a sequência didática proporcionou a compreensão do processo de conversão de energia luminosa em elétrica, evidenciado pela capacidade dos estudantes de explicar o efeito fotovoltaico, identificar os componentes do painel solar e relacionar a intensidade da luz com a energia elétrica gerada. O debate sobre as implicações da energia fotovoltaica levou os alunos a considerarem os desafios da implementação da energia solar no Brasil, como o alto custo e a intermitência, e a importância de diversificar as fontes de energia, incluindo fontes alternativas como a energia das ondas do mar. Identificamos potencial para favorecer a Alfabetização Científica, envolvendo os estudantes em atividades que demandam compreensão de conceitos científicos e análise de dados. A sequência didática, apesar de algumas dificuldades como a limitação de tempo e condições climáticas desfavoráveis, mostrou-se promissora para o desenvolvimento cognitivo e crítico dos estudantes, favorecendo a compreensão do efeito fotovoltaico e suas implicações socioambientais. A reflexão sobre a prática docente evidenciou a importância do professor na mediação do conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Efeito fotovoltaico; Alfabetização Científica; Ensino por Investigação; Ensino de Física; Física Moderna e Contemporânea.

ABSTRACT

This study applies and evaluates a didactic sequence on energy and the photovoltaic effect in high school, fundamental themes for modern physics that, due to their conceptual complexity, require diverse didactic approaches for their understanding. Using investigative activities, the goal is to promote scientific literacy and the development of students' critical thinking. The qualitative research was conducted with a third-year high school class from a private school in the south of the state of Rio de Janeiro. The sequence, comprised of four activities, was implemented over six class hours, using a

photovoltaic panel and computer simulations. Data collected through written responses and the teacher's field journal were analyzed using Bardin's Content Analysis, with categories constructed a posteriori. The results indicate that the didactic sequence fostered the understanding of the process of converting light energy into electrical energy, evidenced by the students' ability to explain the photovoltaic effect, identify the components of the solar panel, and relate light intensity to the generated electrical energy. The debate on the implications of photovoltaic energy led students to consider the challenges of implementing solar energy in Brazil, such as high costs and intermittency, as well as the importance of diversifying energy sources, including alternative sources like wave energy. We identified potential for fostering scientific literacy by involving students in activities that demand the understanding of scientific concepts and data analysis. Despite some difficulties, such as time constraints and unfavorable weather conditions, the didactic sequence proved promising for the cognitive and critical development of students, favoring the understanding of the photovoltaic effect and its socio-environmental implications. The reflection on teaching practices highlighted the importance of the teacher in mediating knowledge.

KEYWORDS: Photovoltaic effect; Scientific Literacy; Inquiry-based Teaching; Physics Education; Modern and Contemporary Physics.

RESUMEN

Este estudio aplica y evalúa una secuencia didáctica sobre energía y efecto fotovoltaico en la enseñanza secundaria, temas fundamentales para la física moderna que, debido a su complejidad conceptual, requieren diversos enfoques didácticos para su comprensión. Utilizando actividades de investigación, el objetivo es promover la alfabetización científica y el desarrollo del pensamiento crítico de los estudiantes. La investigación, de naturaleza cualitativa, se llevó a cabo con un grupo de tercer año de secundaria de una escuela privada en el sur del estado de Río de Janeiro. La secuencia, compuesta por cuatro actividades, se implementó a lo largo de seis horas de clase, utilizando un panel fotovoltaico y simulaciones por ordenador. Los datos recogidos, a través de las respuestas escritas y el diario de campo del profesor, fueron analizados mediante el Análisis de Contenido de Bardin, con las categorías construidas a posteriori. Los resultados indican que la secuencia didáctica facilitó la comprensión del proceso de conversión de energía luminosa en energía eléctrica, evidenciado por la capacidad de los estudiantes para explicar el efecto fotovoltaico, identificar los componentes del panel solar y relacionar la intensidad de la luz con la energía eléctrica generada. El debate sobre las implicaciones de la energía fotovoltaica llevó a los alumnos a considerar los desafíos de la implementación de la energía solar en Brasil, como el alto coste y la intermitencia, y la importancia de diversificar las fuentes de energía, incluyendo fuentes alternativas como la energía de las olas del mar. Se identificó el potencial para favorecer la alfabetización científica, involucrando a los estudiantes en actividades que requieren la comprensión de conceptos científicos y el análisis de datos. La secuencia didáctica, a pesar de algunas dificultades como la limitación de tiempo y las condiciones climáticas desfavorables, se mostró prometedora para el desarrollo cognitivo y crítico de los estudiantes, favoreciendo la comprensión del efecto fotovoltaico y sus implicaciones socioambientales. La reflexión sobre la práctica docente evidenció la importancia del profesor en la mediación del conocimiento.

PALABRAS CLAVE: Efecto fotovoltaico; Alfabetización Científica; Enseñanza por Investigación; Enseñanza de Física; Física Moderna y Contemporánea.

INTRODUÇÃO

Como promover a alfabetização científica e o desenvolvimento do pensamento crítico no ensino de física moderna? O ensino de ciências na educação básica visa formar cidadãos críticos para atuarem na sociedade tecnológica atual. No entanto, o ensino de física, especialmente no ensino médio, enfrenta desafios para se manter atualizado e relevante frente aos avanços científicos e tecnológicos (Netto; Cavalcanti; Ostermann, 2015). Superando os métodos tradicionais, é fundamental a adoção de práticas que promovam a Alfabetização Científica (AC) (Sasseron, 2015; Sasseron; Carvalho, 2011), que pode ser entendida como a

capacidade de ler e interpretar a linguagem da natureza, utilizando o conhecimento científico para compreender o mundo e suas transformações, e com isso, participar da sociedade de forma crítica e consciente (Chassot, 2003). No entanto, o conceito de Alfabetização Científica é complexo e multifacetado, demandando uma análise crítica que vá além de visões simplistas e ingênuas (Vitor; Silva, 2017). A multiplicidade de perspectivas sobre a Alfabetização Científica, a distinção entre Alfabetização e Letramento Científico, e a necessidade de considerar as dimensões sociais e históricas da ciência evidenciam essa complexidade. Ademais, os desafios inerentes à avaliação da Alfabetização Científica e a possibilidade de sua utilização com intenções ideológicas reforçam a necessidade de uma análise crítica e reflexiva, que promova a formação de cidadãos verdadeiramente críticos e conscientes.

As atividades experimentais tradicionais, frequentemente limitadas à memorização e repetição de procedimentos, com o uso exclusivo de roteiros pré-definidos, não contribuem para o desenvolvimento da AC (Borges, 2002; Gaspar; Monteiro, 2005; Oliveira, 2012). Em contraste, as atividades investigativas, ao incentivarem a participação dos estudantes na construção do conhecimento, estimulam a curiosidade, a formulação de hipóteses e a busca por soluções para problemas autênticos (Borges, 2002; Oliveira, 2012). Em contrapartida, autores como Borges (2002), Oliveira (2012), Carvalho (2010; 2011), Carvalho e Sasseron (2012) e Carrascosa *et al.* (2006), defendem o uso de atividades experimentais investigativas. Estas proporcionam aos estudantes a oportunidade de se envolverem na cultura científica, investigar problemas de forma autônoma, compreender a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade e desenvolver habilidades de investigação, como o pensamento crítico, a capacidade de formular hipóteses, analisar dados e comunicar resultados.

Assim como no ensino por investigação, as atividades investigativas baseiam-se na procura de soluções para problemas propostos sobre determinados fenômenos. Em nosso estudo, exploramos o efeito fotovoltaico, um fenômeno crucial para a compreensão da natureza da luz e base para diversas tecnologias modernas, como as células fotovoltaicas. Em nosso estudo, exploramos o funcionamento de painéis fotovoltaicos como fonte de energia limpa e renovável. Espera-se que os estudantes assumam um papel ativo na investigação, enquanto o professor atua como mediador da atividade. Portanto, para que a investigação seja relevante na formação dos estudantes, é necessária a reflexão sobre o planejamento, a pertinência do problema a ser explorado e a retomada dos conceitos trabalhados (Carvalho; Sasseron, 2012; Carvalho, 2014; Gaspar; Monteiro, 2005).

Considerando-se esse panorama, o objetivo do presente estudo é aplicar e avaliar uma sequência didática que aborda problemas relacionados ao conceito de energia e efeito fotovoltaico, por meio de atividades investigativas, identificando e analisando os elementos que favoreceram o processo de ensino e aprendizagem. A relevância do estudo se justifica pela necessidade de: a) atualizar o ensino de Física no ensino médio, incorporando temas da Física Moderna e Contemporânea (FMC), como o efeito fotovoltaico e suas aplicações tecnológicas (Netto; Cavalcanti; Ostermann, 2015); b) promover a Alfabetização Científica, em uma perspectiva crítica e reflexiva, que permita aos estudantes compreender e interpretar o mundo de forma mais consciente (Vitor; Silva, 2017), e c) avaliar a efetividade de uma sequência didática com atividades investigativas, contribuindo para a melhoria da prática docente e para o desenvolvimento de estratégias inovadoras no ensino de Física.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Um ambiente favorável para o desenvolvimento da Alfabetização Científica (AC) requer que os estudantes participem de práticas científicas e epistêmicas (Sasseron, 2018).

As atividades investigativas, conforme defendidas por autores como Azevedo (2004), Sasseron e Carvalho (2011), e Sasseron (2015), desempenham um papel fundamental nesse processo, permitindo que os estudantes assumam um papel ativo na investigação científica, como o levantamento de dados, a definição de estratégias e a formulação de hipóteses para resolver o problema investigado.

No ensino por investigação, o estudante é considerado um indivíduo ativo e atuante, enquanto o professor atua como mediador (Azevedo, 2004). A essência por trás da atividade investigativa reside no problema que está sendo investigado. A concepção de problema propõe a aplicação de uma metodologia científica (Borges, 2002). Assim, os problemas de investigação devem estar dentro da cultura e interesse dos estudantes, priorizando a busca por soluções e facilitando a transição da manipulação/imaginação para a ação intelectual, a estruturação do pensamento e a apresentação de argumentos (Bellucco; Carvalho, 2014; Carvalho, 2013).

Concordamos com Carvalho (2018) ao apresentar o ensino por investigação como uma abordagem que incentiva os alunos a: a) refletir sobre o conhecimento apresentado; b) expressar seus pontos de vista e conhecimentos construídos; c) analisar criticamente os materiais instrucionais, e d) comunicar suas ideias, seja de forma oral ou escrita. Portanto, neste método de ensino, não apenas consideramos se os estudantes se apropriaram dos conteúdos programáticos, mas também se são capazes de articular, argumentar, interpretar e comunicar sobre esses conteúdos;

Para promover a Alfabetização Científica, as práticas investigativas devem considerar os Eixos Estruturantes da AC, propostos por Sasseron e Carvalho (2011): a) a compreensão de termos e conceitos científicos básicos; b) a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática e, c) o entendimento das relações mútuas entre ciência, tecnologia e sociedade. Para avaliar o desenvolvimento da AC, os indicadores propostos por Sasseron (2015, p. 57), servem como ferramentas valiosas:

(a) o trabalho com as informações e com os dados disponíveis, seja por meio da organização, da seriação e da classificação de informações; (b) o levantamento e ao teste de hipóteses construídas que são realizados pelos estudantes; (c) o estabelecimento de explicações sobre fenômenos em estudo, buscando justificativas para torná-las mais robustas e estabelecendo previsões delas advindas; e (d) o uso de raciocínio lógico e raciocínio proporcional durante a investigação e a comunicação de ideias em situações de ensino e aprendizagem.

Portanto, os indicadores relacionados ao trabalho com informações estão ligados ao levantamento de dados e às especificidades do problema para orientar a investigação. A formulação e teste de hipóteses remetem-se a afirmações sobre o problema abordado, seguidas de mecanismos para validá-las. O uso do raciocínio lógico e proporcional diz respeito aos métodos utilizados para confrontar os dados levantados com as afirmações para explicar o problema investigado.

As atividades experimentais podem variar quanto aos objetivos que pretendem, à posição dos professores e dos estudantes e à existência de roteiros para a atividade. Oliveira (2012) observa que as abordagens experimentais de verificação e demonstração não incentivam os estudantes a se envolverem ativamente, como é comum nas metodologias tradicionais, já que eles se limitam à observação ou a confirmação de conceitos previamente estabelecidos. No entanto, é possível envolver os estudantes de forma mais ativa no processo de aprendizagem, selecionando estratégias para a investigar e explicar problemas explorados. Uma alternativa às práticas tradicionais está nas atividades experimentais investigativas, que

visam, segundo Carvalho (2010, p. 3), "a superar as concepções empírico-indutivistas das ciências, promover a argumentação, incorporar ferramentas matemáticas e a transposição do conhecimento para a vida social".

Ao analisar criticamente o uso das práticas experimentais no ensino de ciências, Carrascosa *et al.* (2006) destacam as contribuições das práticas de laboratório investigativas, principalmente por apresentarem características das atividades científicas. Nesse contexto, Carvalho (2011) destaca as Sequências de Ensino Investigativas (SEI), que consistem em uma série de atividades cujo objetivo central é a resolução de um determinado problema. A investigação nesse processo pode envolver a manipulação de materiais, a leitura de textos ou o uso de vídeos ou simulações computacionais (Carvalho; Sasseron, 2012; Carvalho, 2013; Sasseron, 2015). Sasseron (2015, p. 59) define uma SEI como "o encadeamento de atividades e aulas em que um tema é investigado e as relações entre esse tema, conceitos, práticas e outras esferas sociais e de conhecimento são trabalhadas".

A partir de referências sociointeracionistas, Carvalho (2011) apresenta oito tópicos que guiam tanto o planejamento das sequências investigativas quanto a postura requerida do professor durante o ensino. Esses tópicos incluem: (1) participação ativa dos estudantes; (2) a importância da interação entre os estudantes; (3) o papel do professor como elaborador de questões; (4) a criação de um ambiente encorajador; (5) o ensino com base no conhecimento prévio dos estudantes; (6) a relevância do conteúdo para os estudantes; (7) a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), e (8) a transição da linguagem cotidiana para a linguagem científica.

As abordagens investigativas são formas de permitir que os estudantes entrem em contato com a cultura científica. As SEI, em particular, são uma abordagem que podem promover a AC, pois envolvem os estudantes em uma investigação ativa, na qual eles devem formular hipóteses, coletar dados, analisar esses dados e tirar conclusões. Esses processos contribuem para o desenvolvimento dos eixos estruturantes da AC, como a compreensão de termos e conceitos científicos básicos, a compreensão da natureza da ciência e dos fatores que influenciam sua prática, e o entendimento das relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

A PESQUISA

Esta pesquisa é de natureza social, com abordagem qualitativa (Bogdan; Biklen, 1994), tendo a sala de aula e as interações que acontecem nesse ambiente como nosso campo de investigação. A escolha deliberada do espaço amostral ocorreu devido à oportunidade de desenvolver a sequência didática e foi realizada nos dias 25 e 26 de novembro do ano de 2019, em uma escola particular localizada no sul do estado do Rio de Janeiro. Os sujeitos da pesquisa foram estudantes de uma turma do terceiro ano do ensino médio. Algumas peculiaridades influenciaram no desenvolvimento da sequência. Citam-se o fato de as atividades ocorrerem às vésperas das provas finais e em dias chuvosos, levando à ausência de alguns estudantes e à impossibilidade de realizar a manipulação do aparato experimental em ambiente externo à sala de aula, como o planejado.

A Sequência Didática e sua Ação em Sala de Aula

Para elaborar a sequência didática, conforme apresentado no Quadro 1, utilizamos um painel fotovoltaico, cuja construção e alterações são apresentadas em Silva (2017), Silva, Santos e Amaral (2017). Esse equipamento, conforme os autores, possui custo reduzido, é de

fácil manuseio e versátil. Além do aparato experimental, fizemos uso de duas simulações computacionais com o objetivo de desenvolver modelos explicativos para o painel fotovoltaico.

Quadro 1: Apresentação dos objetivos das atividades e os questionamentos centrais

ATIVIDADE	OBJETIVO DE ENSINO	QUESTIONAMENTOS CENTRAIS
O que é esse material?	Identificar as concepções dos estudantes acerca do funcionamento dos painéis solares; Abordar conceitos de transformação de energia para a compreensão do efeito fotovoltaico	1. Como esse painel pode fazer o motor funcionar? Existe alguma bateria nesse material? 2. Existe alguma diferença no funcionamento do painel quando ele está coberto por uma folha de papel reciclado de quando ele não está coberto por esse papel? 3. A luz da lanterna de um celular ao incidir no painel pode fazê-lo funcionar? 4. Existe algum processo de transformação de energia para que o motor funcione? Se sim, quais? 5. O painel seria capaz de fazer algum outro dispositivo, além do motor, funcionar?
O que ele faz?	Caracterizar o painel solar como um gerador elétrico	1. Existe alguma diferença entre o valor da d.d.p medido nos terminais do painel coberto pelo papel cartão de quando ele não está coberto? Quais valores você encontrou? 2. O que ocorre com a diferença de potencial medida nos polos do painel ao ligá-lo no motor? Justifique apresentando os valores encontrados nas medições. 3. Existe alguma relação da d.d.p medida nos terminais do painel e da corrente elétrica que circula pelo circuito?
Como ele funciona?	Sistematizar o conhecimento, através da abordagem dos processos de transformação de energia presentes no funcionamento do painel fotovoltaico, caracterizando-o como um gerador elétrico, para então elucidar o efeito fotovoltaico	1. De que forma é possível relacionar a simulação com o aparato utilizado nas atividades anteriores? Justifique. 2. O fato de você simplesmente enxergar o painel solar, implica dizer que existe luz incidindo sobre ele. Isso quer dizer que toda vez que conseguirmos enxergar o painel ele estará a gerar energia elétrica? Explique.
Avaliação do conhecimento	Avaliar os conceitos presentes na sequência didática	4. Como se explica o surgimento de uma corrente elétrica quando os painéis solares são expostos à luz? 5. Existe alguma bateria no painel solar? Justifique sua resposta. 6. Toda luz incidente nesses dispositivos é convertida em energia elétrica? 7. Quais fatores podem influenciar na diminuição da intensidade da energia elétrica obtida através da tecnologia fotovoltaica?

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com a sequência didática (Quadro 1), buscamos promover: a) O engajamento na cultura científica, investigando problemas e buscando soluções de forma autônoma, o que pode ter levado os alunos a desenvolverem interesse pelos temas abordados e construindo uma visão

mais ampla da ciência; b) Compreender a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), investigando temas relevantes como a energia limpa e renovável, conectando o conhecimento científico à realidade social; c) Desenvolver habilidades de investigação, estimulando o pensamento crítico, a capacidade de formular hipóteses, analisar dados e comunicar resultados.

Na primeira atividade, os alunos manipularam o aparato experimental para compreendê-lo. Na segunda, o painel foi caracterizado com um gerador elétrico, já estudado. Na terceira, buscou-se compreender o funcionamento do painel e sistematizar o conhecimento. Por fim, a quarta atividade foi dedicada à avaliação. Cada atividade (Quadro 1) apresenta problemas abertos, que os alunos solucionam utilizando o aparato experimental, simuladores e interações em sala de aula. Espera-se que os problemas abertos tenham estimulado os estudantes a apresentarem hipóteses e estratégias para solucioná-los (Carrascosa *et al.*, 2006).

Ao longo da sequência, os estudantes investigaram a conversão direta de radiação em eletricidade, solucionando situações-problema que possivelmente os levaram a reconhecer o aparato experimental, sua função e funcionamento. Acredita-se que a sequência tenha criado um ambiente investigativo que promoveu a Alfabetização Científica.

Construção dos Dados

A sequência didática, composta por quatro atividades investigativas, foi implementada em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio de uma escola particular no sul do estado do Rio de Janeiro, totalizando seis horas-aula, com duração de 50 minutos cada. Durante a aplicação da sequência, foram observadas diversas interações entre os alunos e o professor, bem como entre os próprios alunos, evidenciando o caráter dinâmico e colaborativo das atividades propostas.

Com o intuito de obter uma compreensão abrangente do processo de ensino e aprendizagem durante a implementação da sequência didática, foram utilizados os seguintes instrumentos para a coleta de dados: 1) Materiais escritos, sendo as respostas dos alunos às atividades propostas cuidadosamente coletadas e analisadas, fornecendo percepções sobre a compreensão dos conceitos abordados, o desenvolvimento de habilidades científicas e a capacidade de argumentação e comunicação, e o corpus de análise consistiu nas respostas escritas aos questionamentos apresentados no Quadro 1, e 2) Diário de campo, onde o professor registrou observações detalhadas sobre o desenvolvimento das atividades, as interações entre os alunos, as dificuldades e os desafios encontrados durante o processo, e reflexões sobre as estratégias didáticas utilizadas.

A análise dos dados coletados se deu por meio da Análise de Conteúdo (Bardin, 1997; Moraes, 1999), buscando interpretar os significados expressos nos materiais escritos e no diário de campo, e compreender como esses significados se relacionam com a construção do conhecimento científico pelos alunos. Para isso, as seguintes etapas foram seguidas: Pré-análise, Exploração do material, e Tratamento dos resultados. Na pré-análise os dados foram organizados e sistematizados, com as respostas dos alunos e os registros do diário de campo sendo lidos e examinados, buscando uma visão geral do material. Na exploração do material as informações relevantes foram extraídas dos dados brutos, e as unidades de análise foram definidas e classificadas em categorias, de acordo com os objetivos da pesquisa, enquanto no tratamento dos resultados, os resultados da análise foram interpretados e relacionados à fundamentação teórica da pesquisa, e as inferências e conclusões foram elaboradas com base nos dados analisados, buscando responder à pergunta de pesquisa e atingir o objetivo do estudo.

As categorias de análise foram construídas a posteriori, a partir da análise dos dados coletados, e não definidas a priori. Essa abordagem indutiva permitiu que as categorias emergissem dos próprios dados, garantindo maior fidelidade à realidade investigada. Vale ressaltar que a presente pesquisa se preocupou em atender aos princípios éticos da pesquisa com seres humanos, garantindo o anonimato dos participantes e a confidencialidade dos dados coletados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A primeira atividade, "O que é esse material?", foi realizada no dia 25 de novembro de 2019 em uma hora-aula, teve como objetivo introduzir o conceito de energia solar fotovoltaica e estimular a curiosidade dos alunos sobre o funcionamento do painel solar. Participaram dessa atividade 18 estudantes, identificados de A a R. Devido a chuva, a atividade ocorreu em sala de aula, com a turma dividida em dois grupos de 9 integrantes. O G1 (estudantes A a I) e o G2 (estudantes de J a R). Cada grupo escolheu um representante para apresentar suas respostas à turma.

Inicialmente, o professor forneceu a cada grupo um painel solar, um motor corrente contínua (CC) de 3V e uma folha de papel reciclado, e explicou brevemente a composição das células fotovoltaicas. Em seguida, os grupos discutiram estratégias para responder às questões da atividade (Quadro 1). Ao fornecer os materiais, na atividade buscou promover a participação dos estudantes na investigação, incentivando-os a levantar hipóteses, realizar testes e formular explicações sobre o fenômeno observado, conforme preconizado por Azevedo (2004) e Sasseron (2015).

Os grupos utilizaram estratégias distintas para manusear os painéis, demonstrando a autonomia dos estudantes na condução da investigação. O G1 conectou o motor ao painel fora da sala de aula e observou sua rotação, buscando uma resposta prática e direta para o problema proposto. O G2 optou por analisar o funcionamento do dispositivo descrevendo os processos de transformação de energia envolvidos. As diferentes estratégias adotadas pelos grupos (G1 e G2) para manusear os painéis;

Depois de manusear os painéis fotovoltaicos, cada grupo consolidou suas respostas no material escrito que foi apresentado para toda turma. No Quadro 2, apresentamos essas respostas, pois durante a análise notamos algumas diferenças substanciais entre elas, que em alguma medida se complementam ou elucidaram o apresentado de forma escrita.

Quadro 2: Respostas dos grupos aos problemas da primeira atividade, no material escrito (M.E) e na apresentação (Ap.)

1. Como esse painel pode fazer o motor funcionar? Existe alguma bateria nesse material?		
G1	M.E	Devido a composição do painel ser de silício, a energia dada aos elétrons desses átomos proporciona a ejeção dessas partículas a fim de que uma corrente elétrica seja gerada. Não existe uma bateria nesse material, pois as células fotovoltaicas funcionam como um gerador.
G1	Ap.	Acreditamos que se o painel tiver uma bateria para armazenar energia elétrica, precisamos carregá-la no pátio e cobrir por vários agasalhos para a luz não chegar ao painel. Se ela tiver bateria, o motor vai girar. Logo, o grupo constatou que o painel coberto com os diversos agasalhos não fez o motor girar, mostrando que não existe bateria na placa solar.
G2	M.E	Transformando a energia luminosa absorvida em energia elétrica com a presença de d.d.p. Ligado ao painel, há o receptor que transforma energia elétrica em cinética. Sim, porque há diferença de potencial.

G2	Ap.	Decidimos carregar o painel com as lanternas. Se ele tiver uma bateria mesmo, quando a gente diminuir a quantidade de luz no interior da sala, o motor vai continuar girando. Quando fizemos isso ele não girou. Então não tem bateria.
2. Existe alguma diferença no funcionamento do painel quando ele está coberto por uma folha de papel reciclado de quando ele não está coberto por esse papel?		
G1	M.E	Sim, por mais que não cesse a corrente elétrica devido a folha não ser totalmente opaca e permitir a passagem de luz, o dispositivo ainda funciona (a corrente elétrica é reduzida)
G1	Ap.	Percebemos que com a presença da folha, o motor girou de forma mais fraca. Então a corrente elétrica não deixou de existir. Apenas diminuiu sua intensidade.
G2	M.E Ap.	A folha reflete a luz impedindo que parte dela não atinja a placa (não é 100% opaca).
3. A luz da lanterna de um celular ao incidir no painel pode fazê-lo funcionar?		
G1	M.E	Sim, a luz do celular, do Datashow e de outras lanternas.
G1	Ap.	Se a luz do Datashow fez o motor funcionar, então a do celular também faria. Mas teríamos que reunir muitos celulares para ter a mesma quantidade de luz.
G2	M.E	Sim.
G2	Ap.	Sim, foi o que fizemos para responder a primeira pergunta.
4. Existe algum processo de transformação de energia para que o motor funcione? Se sim, quais?		
G1	M.E Ap.	Transforma energia luminosa em energia elétrica, que por sua vez é transformada em energia mecânica.
G2	M.E Ap.	Sim, Energia Luminosa → Energia Elétrica → Energia Cinética
5. O painel seria capaz de fazer algum outro dispositivo, além do motor, funcionar?		
G1	M.E	Sim, já que a energia elétrica produzida pode ser usada para realizar qualquer outra ação.
G1	Ap.	O painel gera energia elétrica, que pode alimentar outros equipamentos. Mas aí temos que saber qual a quantidade de corrente que o equipamento precisa receber para funcionar.
G2	M.E	Sim, Observação: O grupo percebeu que ao inverter os fios nos polos, o sentido do giro mudou, visto que o sentido da corrente mudou.
G2	Ap.	Nós percebemos que quando a gente troca a ordem dos fios do motor ligados no painel, a hélice feita de papel gira no sentido contrário. Acreditamos que é porque a corrente inverte de sentido.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a análise das respostas dos grupos para o problema 1, apresentadas no Quadro 2, notamos que ambos concordam que o painel solar converte energia luminosa em energia elétrica e que não possui bateria, funcionando como um gerador. As respostas do G1 foram mais detalhadas, explicando o efeito fotovoltaico e fornecendo exemplos de fontes de luz que podem alimentar o painel.

No problema 2 (Quadro 2), os grupos reconheceram que a folha de papel reciclado não é totalmente opaca, permitindo a passagem de parte da luz solar e reduzindo a quantidade de energia luminosa no painel solar, consequentemente a corrente elétrica. No problema 3, concordaram que qualquer fonte de luz pode gerar energia elétrica no painel. No problema 4, ambos entenderam a conversão de energia luminosa em elétrica e, em seguida, em mecânica,

com o G2 descrevendo as etapas de forma mais detalhada. Por fim, no problema 5, os grupos concordaram que o painel pode alimentar qualquer dispositivo que funcione com energia elétrica.

Com base nas respostas dos estudantes, podemos inferir que eles desenvolveram uma compreensão inicial sobre o funcionamento básico do painel solar. As respostas indicam que eles entenderam que o painel solar converte energia luminosa em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico, e que a quantidade de energia elétrica gerada é proporcional à intensidade da luz incidente. Evidenciando a compreensão do conceito de conversão de energia luminosa em energia elétrica, um dos Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica propostos por Sasseron e Carvalho (2011). Além disso, os alunos demonstraram compreender que o painel solar funciona como um gerador, sem a necessidade de uma bateria, e que a energia elétrica produzida pode ser utilizada para alimentar diferentes dispositivos. A observação dos alunos sobre a inversão do sentido de rotação do motor ao inverter os fios indica uma compreensão inicial sobre o conceito de corrente elétrica e seus efeitos. No entanto, é importante ressaltar que essa compreensão ainda é superficial e necessita ser aprofundada e consolidada ao longo das próximas atividades.

A segunda atividade, "O que ele faz?", foi realizada no mesmo dia da atividade anterior, buscou aprofundar a investigação sobre o funcionamento do painel solar, introduzindo o uso do multímetro, para medir a diferença de potencial (ddp) e a corrente elétrica, e explorando a relação entre a intensidade luminosa e a energia elétrica gerada. O professor iniciou a atividade explicando o funcionamento do multímetro e como realizar medidas no circuito. Mesmo com a turma um pouco agitada, os estudantes foram questionados sobre o tipo de associação que as células fotovoltaicas (série ou paralelo) e o professor apresentou às células como semicondutores, sem aprofundar o conceito.

Os grupos ocuparam lados opostos da sala e iluminaram os painéis com as lanternas dos seus *smartphones* e realizaram medidas de tensão e corrente. Os valores medidos variaram, pois os celulares eram diferentes e suas lanternas apresentavam intensidades distintas. No Quadro 3, organizamos as respostas dos grupos ao realizar a atividade.

Quadro 3: Respostas apresentadas pelos grupos ao término da segunda atividade

1. Existe alguma diferença entre o valor da ddp medido nos terminais do painel coberto pelo papel cartão de quando ele não está coberto? Quais valores você encontrou?
G1: Sim, de 156,9 mV foi para 103,6 mV. G2: Sim. 192 mV antes e 129,6 mV depois.
2. O que ocorre com a diferença de potencial medida nos polos do painel ao ligá-lo no motor? Justifique apresentando os valores encontrados nas medições.
G1: Reduziu, dada a resistência interna do motor. G2: Diminuiu de 198 mV para 149 mV. Porque perde ddp por causa do motor (receptor).
3. Existe alguma relação da ddp medida nos terminais do painel e da corrente elétrica que circula pelo circuito?
G1: Sim, devido a primeira lei de Ohm $U = Ri$. G2: Sim, de acordo com a primeira lei de Ohm, para uma resistência constante, a tensão e a corrente são inversamente proporcionais.

Fonte: Autores.

A análise dos dados coletados pelos grupos (Quadro 3) revela que os estudantes conseguiram identificar a relação entre a ddp e a intensidade luminosa, observando que a ddp diminui quando o painel é coberto com papel reciclado, bloqueando parte da luz incidente (Pergunta 1). Essa observação pode demonstrar a capacidade dos alunos de relacionar causa e efeito e de interpretar dados numéricos, habilidades importantes para a Alfabetização

Científica. Além disso, os estudantes também perceberam que a ddp diminui ao conectar o motor ao painel solar, atribuindo essa diferença à resistência interna do motor (Pergunta 2 e 3), contudo não apresentaram os valores específicos para a corrente elétrica, e referiram-se ao aparato experimental como um resistor ôhmico ao mencionar a primeira lei de Ohm. Essa constatação indica que os estudantes estão começando a construir uma compreensão mais complexa do circuito elétrico, considerando a influência de diferentes componentes na geração e no consumo de energia.

Apesar de terem dificuldades em medir a corrente elétrica devido à baixa luminosidade e à oscilação dos valores no multímetro, os alunos reconheceram a relação entre a ddp e a corrente elétrica, mencionando a primeira lei de Ohm. As dificuldades encontradas pelos estudantes na realização das medidas de corrente elétrica evidenciam os desafios da prática científica e a necessidade de lidar com a imprecisão e a incerteza, aspectos inerentes à natureza da ciência. A intervenção do professor, explicando o funcionamento do multímetro e auxiliando na interpretação dos resultados, demonstra a importância do papel mediador do professor no ensino por investigação, conforme defendido por Carvalho (2018).

Houve bastante questionamento sobre a utilização da tecnologia fotovoltaica, desde os tipos de painéis existentes até o preço para implementação. Foi solicitado aos estudantes que pesquisassem, para a próxima aula, sobre a matriz elétrica brasileira e os aspectos negativos da tecnologia fotovoltaica. Esse interesse dos estudantes pela tecnologia fotovoltaica demonstra o potencial das atividades investigativas para despertar a curiosidade e promover a reflexão sobre questões sociocientíficas relevantes.

A terceira atividade, "Como ele funciona?", ocorreu em duas horas-aula no dia 26 de novembro, buscou aprofundar a compreensão dos alunos sobre a energia solar fotovoltaica, explorando suas aplicações, desafios e o funcionamento microscópico das células solares. A atividade foi dividida em três momentos principais: pesquisa e debate sobre a matriz energética brasileira e os aspectos da tecnologia fotovoltaica, discussão sobre a construção e instalação de painéis solares e, por fim, utilização de simulações computacionais para explorar o efeito fotovoltaico. No primeiro momento, com a turma novamente dividida nos mesmos grupos das atividades anteriores, eles discutiram a pesquisa sobre a matriz elétrica brasileira e os aspectos negativos da tecnologia fotovoltaica, previamente solicitada. As informações foram apresentadas por cada grupo e registradas no Quadro 4.

Quadro 4: Pesquisa realizada pelos estudantes sobre a matriz elétrica brasileira e os aspectos negativos da tecnologia fotovoltaica

G1	Vimos que no Brasil tem muitas maneiras de gerar energia. Não somente as hidrelétricas. Tem também as usinas termelétricas, as eólicas e as nucleares. E a solar é muito pouco usada em relação às outras. E a desvantagem da energia solar é que ela é muito cara e não tem sol de noite.
G2	A gente viu que tem muitos tipos de usina no Brasil. Reparamos que a solar e a nuclear são menos utilizadas. Uma coisa legal que encontramos é que tem como usar as ondas do mar para gerar energia elétrica.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As respostas dos grupos (Quadro 4) demonstram que os estudantes conseguiram identificar diferentes fontes de energia utilizadas no Brasil, reconhecendo a baixa participação da energia solar na matriz energética. Além disso, os estudantes apontaram o alto custo e a intermitência da energia solar como desafios a serem superados. É importante destacar que o G2 mencionou a possibilidade de utilizar as ondas do mar para gerar energia elétrica, demonstrando interesse em explorar fontes de energia alternativas. A pesquisa e o debate

sobre a matriz energética e os desafios da tecnologia fotovoltaica contribuíram para o desenvolvimento do eixo estruturante da Alfabetização Científica relacionado à compreensão das relações entre ciência, tecnologia e sociedade (Sasseron; Carvalho, 2011). Ao discutirem a viabilidade da energia solar no contexto brasileiro, os estudantes tiveram a oportunidade de analisar as implicações socioeconômicas e ambientais da tecnologia.

No segundo momento, após as apresentações, alguns estudantes questionaram sobre a possibilidade de construção do painel solar de baixo custo e o professor forneceu as informações sobre os materiais utilizados. Durante as discussões, os estudantes exploraram as possibilidades dos painéis solares, considerando sua viabilidade para residências ou escolas. Observou-se a necessidade de um grande número de placas, dada a baixa demanda de energia de um motor pequeno, como o utilizado na atividade, indicou a necessidade de um espaço significativo no telhado para acomodar o número necessário de placas. Um estudante adicionou a importância de considerar a orientação do telhado em relação à incidência solar. Ao término das discussões, o professor destacou as estimativas de redução de preço dos painéis solares nos próximos anos, tornando essa tecnologia mais acessível. Ele enfatizou a necessidade de considerar vários detalhes na construção de painéis solares, incluindo o uso de materiais transparentes e antirreflexo para envolver as células fotovoltaicas, a determinação da região de maior incidência luminosa no telhado e a integração adequada na instalação elétrica da casa.

Entendemos que a observação da necessidade de um grande número de placas para gerar energia suficiente para um pequeno motor e a discussão sobre a orientação do telhado em relação à incidência solar demonstram que os alunos conseguiram aplicar os conceitos aprendidos em situações reais, desenvolvendo a capacidade de analisar e resolver problemas.

O terceiro momento da atividade envolveu a utilização de simulações computacionais para explorar o efeito fotovoltaico. Antes de iniciar o estudo com as simulações, o professor convidou os estudantes a compartilharem suas hipóteses sobre o funcionamento dos painéis solares. Durante as explanações, um estudante explicou o efeito fotovoltaico, descrevendo-o como a luz solar atinge o painel solar, aumentando sua temperatura. Esse aumento de temperatura provocaria uma maior agitação das partículas no painel, resultando no desprendimento dos elétrons da camada de valência. Esses elétrons livres são responsáveis pela geração da corrente elétrica.

Após essa explicação inicial, os estudantes utilizaram seus *smartphones* e/ou o computador disponibilizado pelo grupo para interagir com o simulador do PhET (*Physics Education Technology*) sobre transformação de energia. Cada grupo registrou suas respostas para a primeira questão (Quadro 5). As respostas dos grupos à primeira questão do Quadro 5 indicam que os estudantes conseguiram relacionar a simulação com o aparato experimental utilizado nas atividades anteriores, destacando a conversão de energia luminosa em energia elétrica. No entanto, apenas o G2 mencionou a influência da intensidade luminosa na geração de energia elétrica, demonstrando uma compreensão mais profunda do fenômeno.

A segunda questão do Quadro 5 buscou explorar a relação entre a luz visível e a geração de energia elétrica. Nela, apenas o G2 compreendeu a questão sobre a necessidade de luz para gerar energia elétrica, enquanto o G1 se ateve à possibilidade de enxergar o painel. O G2 demonstrou uma compreensão mais acurada do conceito, reconhecendo que a intensidade da luz pode ser insuficiente para gerar energia elétrica, mesmo que o painel seja visível. Essa resposta sugere que o G2 conseguiu estabelecer uma conexão entre o modelo microscópico do efeito fotovoltaico e o funcionamento macroscópico do painel solar.

Quadro 5: Respostas apresentadas pelos grupos ao término da terceira atividade.

1. De que forma é possível relacionar a simulação com o aparato utilizado nas atividades anteriores? Justifique.		
G1	M.E	Na simulação, assim como no experimento, há conversão de energia a fim de que uma ação final seja realizada.
G1	Ap.	Na simulação, a gente percebeu que o semicondutor absorve a energia da luz e o elétron se movimenta na célula solar. É assim que a luz é transformada em energia elétrica
G2	M.E	A lanterna que utilizamos representa a luz solar, o painel é semelhante ao painel do simulador e o motor tem o mesmo papel que a hélice. Ocorrem as mesmas etapas de transformação de energia e a hélice gira devagar quando aumentamos as nuvens na simulação. Aconteceu o mesmo com o motor quando cobrimos o painel com uma folha quase opaca.
G2	Ap.	O elétron pega a energia dos quanta e se movimenta dando origem a corrente elétrica
2. O fato de você simplesmente enxergar o painel solar, implica em dizer que existe luz incidindo sobre ele. Isso quer dizer que toda vez que conseguirmos enxergar o painel ele estará a gerar energia elétrica? Explique.		
G1	M.E	Sim, porque para nós enxergarmos o painel solar há a necessidade de que luz esteja incidindo sobre ele, pois parte dessa luz foi refletida para os nossos olhos.
G2	M.E	Não, pois pode não atingir a quantidade mínima de energia luminosa para começar a conversão e superar a resistência.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a realização das simulações, o professor utilizou o *datashow* para apresentar uma simulação sobre o efeito fotovoltaico e abordou a constituição das células fotovoltaicas e a teoria de Planck para a quantização da luz. A utilização de simulações computacionais permitiu que os alunos visualizassem o efeito fotovoltaico em nível microscópico, complementando as atividades experimentais e promovendo a construção de modelos mentais mais sofisticados. A explicação do professor sobre a constituição das células fotovoltaicas e a teoria de Planck contribuiu para aprofundar a compreensão dos alunos sobre os conceitos físicos envolvidos no processo.

A quarta atividade, "Avaliação do conhecimento", ocorreu em 26 de novembro de 2019, com duração de uma hora-aula. Nela, buscou avaliar a compreensão individual dos estudantes sobre os conceitos e princípios físicos relacionados à energia solar fotovoltaica, bem como suas percepções e posicionamentos sobre essa temática. A atividade, composta por quatro questões discursivas e três objetivas, abordou tópicos como os processos de transformação de energia, o efeito fotovoltaico, a eficiência dos painéis solares e os fatores que influenciam a geração de energia elétrica. As respostas às questões discursivas foram analisadas e são apresentadas nos Quadros 6, 7, 8 e 9.

A questão 4 (Quadro 6) investigou a capacidade dos estudantes de explicar o surgimento da corrente elétrica em painéis solares expostos à luz. As respostas foram categorizadas em cinco grupos, revelando diferentes níveis de compreensão do efeito fotovoltaico. Na Categoria (i), os estudantes (B, F, G, M) que se limitaram a descrever a transformação de energia luminosa em energia elétrica demonstraram uma compreensão superficial do fenômeno, sem mencionar o mecanismo pelo qual essa conversão ocorre. Nas Categorias (ii) a (iv), os estudantes que mencionaram a absorção de energia luminosa (J, K, L, P, Q), a composição das células solares (C, E, I) ou o efeito fotovoltaico (O, R) demonstraram uma compreensão mais aprofundada do fenômeno, evidenciando a apropriação de conceitos e termos científicos

específicos. Enquanto na Categoria (v), o estudante (N) que explicou o efeito fotovoltaico como o mecanismo responsável pela movimentação dos elétrons e geração da corrente elétrica demonstrou o maior nível de compreensão entre os respondentes. A análise das respostas à questão 4 revela que a maioria dos estudantes conseguiu compreender o princípio básico da conversão de energia luminosa em energia elétrica. No entanto, a capacidade de explicar o efeito fotovoltaico de forma mais completa e detalhada ainda precisa ser desenvolvida em alguns estudantes.

Quadro 6: Compreensão do Efeito Fotovoltaico

4. Como se explica o surgimento de uma corrente elétrica quando os painéis solares são expostos à luz?
A: Ausente. B: Há transformação de energia luminosa (quanta) em energia elétrica (elétrons). C: As placas se agitam e transportam elétrons. D: As placas e materiais metálicos do painel ficam excitados com a radiação solar e, assim, promovem o deslocamento de elétron. E: O painel solar transforma energia luminosa em energia elétrica, com ajuda das placas e dos semicondutores elétricos. A energia luminosa é transportada até o gerador pelos materiais condutores. F: Transformação de energia luminosa em energia elétrica. G: A partir da transformação da energia luminosa em energia elétrica. H: Ausente. I: A corrente surge a partir de uma diferença de potencial presente em diferentes partes da placa solar. Quando a energia luminosa atinge uma parte do painel, ela faz com que elétrons se movam gerando corrente elétrica. J: A energia emitida pela luz excita os elétrons que, agitados, causam corrente elétrica. K: A energia emitida pela luz excita os elétrons, causando corrente elétrica. L: A energia emitida pela luz excita os elétrons formando corrente elétrica. M: A partir da transformação de energia luminosa em energia elétrica. N: O surgimento da corrente elétrica ocorre devido ao efeito fotovoltaico, que é gerar a movimentação dos elétrons a partir da energia luminosa. O: Pelo efeito fotovoltaico há transformação de energia luminosa em energia elétrica, os fótons emitidos promovem uma corrente com o auxílio de uma diferença de potencial. P: Segundo o efeito fotovoltaico, há incidência de quanta em elétrons que absorvem-na, gerando, assim, a movimentação desses, ou seja, surge corrente elétrica no painel. Q: Efeito fotovoltaico: elétrons absorvem energia luminosa, excitam-se e se movimentam, gerando uma corrente elétrica. R: A absorção de energia pelos elétrons, promovendo dessa forma o deslocamento deles para a parte que possui menos elétrons, gerando assim uma corrente elétrica devido o surgimento de uma ddp.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A questão 5 (Quadro 7) buscou avaliar a compreensão dos alunos sobre o funcionamento do painel solar, especificamente sobre a presença ou ausência de uma bateria no dispositivo. As respostas foram categorizadas em três grupos, revelando diferentes níveis de compreensão sobre o tema. Na Categoria (i), a maioria dos estudantes (B, C, D, F, J, K, N, Q, R) compreendeu que o painel solar não possui uma bateria integrada, demonstrando que assimilaram a função do painel como um conversor de energia e não como um dispositivo de armazenamento. Na Categoria (ii), alguns estudantes (E, I, P) reconheceram a possibilidade de acoplar uma bateria ao painel solar para armazenar a energia gerada, demonstrando uma compreensão mais ampla sobre os sistemas de energia solar. Já na Categoria (iii), alguns estudantes (G, L, M, O) confundiram os conceitos de gerador e bateria, associando a manutenção da diferença de potencial (ddp) à presença de uma bateria. Essa confusão conceitual revela a necessidade de reforçar a distinção entre esses componentes e seus respectivos papéis no circuito elétrico.

Quadro 7: Compreensão do Funcionamento do Pannel Solar**5. Existe alguma bateria no painel solar? Justifique sua resposta.**

- A: Ausente.
 B: Não, pois não armazena energia.
 C: Não, porque não armazena energia.
 D: Não. Pois no experimento o painel não foi capaz de armazenar carga.
 E: Pode haver ou não. Quando se quer armazenar a energia elétrica é possível utilizar uma bateria, mas se quiser manter uma utilização contínua de energia, não faz-se necessário o uso da bateria.
 F: Não. Porque a energia elétrica que é produzida não é armazenada, ou seja, os painéis solares só geram energia de dia, quando tem luz solar.
 G: Sim, porque a ddp é mantida.
 H: Ausente.
 I: Pode haver, mas no painel em si não há. Utilizando puramente o painel, a energia não será armazenada a não ser que se coloque uma bateria fora do painel.
 J: Não, porque não conserva energia.
 K: Não. Porque não há conservação de energia.
 L: Sim. Existe uma bateria para gerar a diferença de potencial.
 M: Sim, porque tem ddp.
 N: Não. Vimos que não armazenou.
 O: Sim, para armazenar energia e estabelecer a ddp.
 P: Depende do tipo de painel. Aqueles mais caros apresentam bateria para armazenar energia (necessária para momentos de pouca luz), mas alguns não. Por exemplo, o que fizemos em sala percebemos que não armazenamos. Logo, depende do sistema utilizado.
 Q: Não, pois quando a luz para de incidir sobre o painel, não há mais corrente circulante.
 R: Depende do dispositivo, visto que uns armazenam e outros não.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A questão 6 (Quadro 8) abordou a eficiência dos painéis solares na conversão de energia luminosa em energia elétrica. As respostas foram categorizadas em três grupos, refletindo diferentes níveis de compreensão sobre o tema. Na Categoria (i), os estudantes (B, C, D, G, N, O) que negaram a conversão integral da luz em energia elétrica, sem justificar sua resposta, demonstraram uma compreensão intuitiva da ineficiência do processo, mas sem a capacidade de explicar os fatores envolvidos. Na Categoria (ii), os estudantes (F, J, K) que afirmaram que toda a luz incidente é convertida em energia elétrica demonstraram uma concepção equivocada sobre o funcionamento dos painéis solares. Enquanto na Categoria (iii), os estudantes (E, I, L, M, P, Q, R) que negaram a conversão integral e forneceram justificativas para sua posição demonstraram uma compreensão mais completa sobre a eficiência dos painéis solares, mencionando fatores como perdas térmicas, reflexão da luz e limitações do efeito fotovoltaico.

Quadro 8: Eficiência na Conversão de Energia**6. Toda luz incidente nesses dispositivos é convertida em energia elétrica?**

- A: Ausente.
 B: Não.
 C: Não.
 D: Não.
 E: As placas não são capazes de transformar toda energia luminosa em energia elétrica.
 F: Sim.
 G: Não.
 H: Ausente.
 I: Não, parte da energia é convertida em energia térmica.
 J: Sim.
 K: Sim.
 L: Não, parte dela se perde.

M: Não, há perdas no interior da bateria.

N: Não.

O: Não.

P: Não, somente o quantum com energia suficiente para fazer o elétron se desprender do átomo. Também há perda de energia térmica, por exemplo.

Q: Não, há perda de energia com o aquecimento do painel, além da parcela de luz refletida.

R: Não, pois não existe aproveitamento total com 100% de rendimento, visto que sempre há perdas térmicas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise das respostas à questão 6 revela que a maioria dos alunos reconhece que nem toda a luz incidente é convertida em energia elétrica. No entanto, a capacidade de explicar os fatores que limitam a eficiência dos painéis solares varia entre os estudantes, demonstrando a necessidade de aprofundar a discussão sobre o tema.

A questão 7 (Quadro 9) investigou a capacidade dos estudantes de identificar os fatores que podem influenciar na geração de energia elétrica por painéis solares. As respostas foram categorizadas em dois grupos, com base no nível de detalhamento das explicações. Na Categoria (i), os estudantes (C, F, J, K, M) que mencionaram apenas as condições de luz insuficiente ou ausente demonstraram uma compreensão básica dos fatores que afetam a geração de energia solar. Na Categoria (ii), os estudantes (B, E, G, I, L, N, O, P, Q, R) que forneceram explicações mais detalhadas, mencionando fatores como a baixa incidência de luz, a resistência interna da bateria e problemas mecânicos na placa, demonstraram uma compreensão mais completa dos desafios e limitações da tecnologia fotovoltaica. A análise das respostas à questão 7 indica que todos os estudantes reconheceram a importância da luz solar para a geração de energia elétrica. No entanto, a capacidade de identificar outros fatores que podem influenciar a eficiência do processo varia entre os estudantes.

Quadro 9: Fatores que Influenciam a Geração de Energia

7. Quais fatores podem influenciar na diminuição da intensidade da energia elétrica obtida através da tecnologia fotovoltaica?

A: Ausente.

B: Pouca incidência de luz.

C: A não presença de luz, ou quantidade insuficiente.

D: Algum material entre a placa e a fonte luminosa e baixa intensidade luminosa.

E: Uma menor quantidade de energia luminosa incidente pode acarretar em uma menor quantidade de energia elétrica produzida.

F: Ausência de luz e mau funcionamento dos painéis solares.

G: Baixa incidência de luz e maior resistência interna da bateria.

H: Ausente.

I: A baixa incidência de luz, algum problema relacionado a mecânica da placa, sombras e qualquer outro meio que reduza ou impeça a passagem da luz.

J: Colocar material que inibe a passagem de luz na frente do painel.

K: Colocar material opaco ou sombra (em ambiente sem nenhuma emissão de luz).

L: A frequência e intensidade da luminosidade.

M: Sombras, materiais opacos, qualquer material que interfira na passagem de luz.

N: A diminuição de incidência luminosa.

O: A diminuição de raios solares incidentes.

P: Diminuição da intensidade da luz.

Q: A diminuição da intensidade luminosa, a resistência interna do painel etc.

R: A diminuição da quantidade de luz no painel.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As respostas dos alunos às questões discursivas mostram diferentes níveis de apropriação do conhecimento, desde a simples reprodução de conceitos até a elaboração de explicações mais complexas e a aplicação do conhecimento em diferentes contextos. A análise das respostas permite identificar os avanços dos alunos em relação à Alfabetização Científica, como a compreensão de termos e conceitos e princípios físicos relacionados à energia solar fotovoltaica, bem como a capacidade de interpretar dados, formular hipóteses e analisar criticamente as implicações da tecnologia. No entanto, os resultados também indicam a necessidade de continuar trabalhando alguns conceitos e de incentivar o desenvolvimento de habilidades de argumentação e comunicação científica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado buscou desenvolver e avaliar uma sequência didática sobre os conceitos de energia e efeito fotovoltaico por meio de atividades investigativas. A aplicação da sequência em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio revelou que as atividades investigativas podem promover o engajamento dos alunos, a interação colaborativa e a participação ativa na construção do conhecimento. Observou-se que os estudantes se envolveram ativamente nas atividades, assumindo diferentes papéis e responsabilidades dentro dos grupos, como a anotação de dados, o manuseio de materiais e a redação de respostas. Os debates e testes realizados para validar hipóteses estimularam a argumentação e a comunicação entre os alunos, favorecendo a construção de consensos e a negociação de significados.

As respostas dos alunos às atividades e à avaliação final indicam que a sequência didática contribuiu para a compreensão dos conceitos básicos sobre energia solar fotovoltaica, o efeito fotovoltaico e os fatores que influenciam a geração de energia elétrica. A apropriação de termos científicos e a capacidade de formular explicações e justificativas sobre o funcionamento do painel solar evidenciam o desenvolvimento da Alfabetização Científica dos estudantes. O interesse demonstrado pelos alunos em relação à aplicação da tecnologia fotovoltaica em residências e escolas, bem como suas pesquisas espontâneas sobre os tipos de painéis e a matriz elétrica brasileira, reforçam o potencial das atividades investigativas para despertar a curiosidade e promover a reflexão sobre questões sociocientíficas relevantes.

A análise da sequência didática também propiciou uma reflexão sobre a prática docente e o papel do professor no ensino por investigação. As atividades investigativas demandam um papel mais ativo do professor na elaboração de perguntas desafiadoras, na mediação das interações entre os alunos e na sistematização do conhecimento. A escolha de temas e problemas relevantes para os alunos, a criação de um ambiente de aprendizagem colaborativo e o incentivo à autonomia dos estudantes são aspectos fundamentais para o sucesso das atividades investigativas. É importante reconhecer as dificuldades e limitações encontradas durante a aplicação da sequência didática, como a restrição de tempo e as condições climáticas desfavoráveis. No entanto, os resultados do estudo indicam que as atividades investigativas têm um grande potencial para promover a Alfabetização Científica e o desenvolvimento de habilidades e competências essenciais para a formação de cidadãos críticos e conscientes.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella de. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2004. p. 19-33.

BARDIN, Lawrence. **Análise de conteúdo**. Lisboa: edições, 1997.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto editora, 1994.

BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.

BORGES, Antônio Tarciso. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

CARRASCOSA, Jaime *et al.* Papel de la actividad experimental en la educación científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 2, p. 157-181, ago. 2006.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. As práticas experimentais no ensino de Física. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* **Ensino de Física**. 1. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. p. 53-77. (Coleção ideias em ação)

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: Daniel Loghini. (Org). **O uno e o diverso na educação**. Uberlândia: EDUFU, p. 253-266, 2011.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (Org.). **Ensino de ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013. p. 1-20.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de *et al.* **Calor e temperatura: um ensino por investigação**. São Paulo: Livraria da Física, 2014

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SASSERON, Lúcia Helena. Sequências de Ensino Investigativas-SEIS: o que os alunos aprendem? In: TAUCHEN, Gionara; SILVA, João Alberto da (org.). **Educação em ciências: epistemologias, princípios e ações educativas**. Curitiba: CRV, 2012. p. 151-172.

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista brasileira de educação**, p. 89-100, 2003.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

MORAES, Roque. Análise de conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 37, p. 7-32, 1999.

OLIVEIRA, Jane Raquel Silva de. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no ensino de ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, v. 12, n. 1, p. 139-153, 2012.

NETTO, Jader da Silva; CAVALCANTI, Cláudio José de Holanda; OSTERMANN, Fernanda. Estratégias discursivas adotadas por professores em formação na compreensão do fenômeno da complementaridade em atividades didáticas mediadas pelo interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**. Porto Alegre. Vol. 15, n. 2 (2015), p. 293-320, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 17, n. spe, p. 49-67, 2015.

SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1061-1085, 2018.

SILVA, Jonatas Rodrigues. **A construção de um painel solar de baixo custo para o ensino do efeito fotovoltaico**. 2017. 67 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Volta Redonda, 2017.

SILVA, Jonatas Rodrigues; SANTO, Marco Aurelio do Espírito; AMARAL, Monique Pacheco do. Um painel fotovoltaico de custo reduzido para o ensino da conversão fotovoltaica. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA (22: 2017: São Carlos, SP). **Anais do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2017. Disponível em: Acesso em: 19 mar. 2024.

VITOR, Fernanda Cavalcanti; SILVA, Ana Paula Bispo da. Alfabetização e educação científicas: consensos e controvérsias. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 98, p. 410-427, 2017.