



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÂNICA E INORGÂNICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

MATEUS ARAUJO DE ALMEIDA

USO DE UM PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA SOLAR COMO FERRAMENTA
PEDAGÓGICA

FORTALEZA

2025

MATEUS ARAUJO DE ALMEIDA

USO DE UM PROTÓTIPO DE UMA CÉLULA SOLAR COMO FERRAMENTA
PEDAGÓGICA

Monografia apresentada ao Curso de
Licenciatura em Química da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Dieric dos Santos de
Abreu

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A449u Almeida, Mateus Araujo de.
Uso de um protótipo de uma célula solar como ferramenta pedagógica / Mateus Araujo de Almeida. –
2025.
52 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências,
Curso de Química, Fortaleza, 2025.
Orientação: Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu.
1. Aprendizagem significativa. 2. Sustentabilidade. 3. Experimentação. 4. Protótipo de uma célula solar .
I. Título.

CDD 540

MATEUS ARAUJO DE ALMEIDA

USO DE UM PROTÓTIPO DE CÉLULA SOLAR COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA

Monografia apresentada ao Curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Química.

Orientador: Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof Dr. Rômulo Batista Vieira
Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB)

Me. Felipe Augusto Gomes Braga

A Deus, familiares, amigos. E em especial ao
meu amor e melhor amiga, Arlene Lima.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho me deixa mais endividado do que nunca. Pois é a soma de inúmeros esforços. Faço as palavras de Isaac Newton as minhas “se eu vi mais longe, foi por estar sobre ombros gigantes”.

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus pois sem ele nada posso fazer. A cada energia extra que ele me concedeu. Saúde. Recursos financeiros. Por ter me guiado pelo caminho da retidão. Tudo agradeceu a ele.

Gostaria de expressar minha profunda gratidão ao Prof. Dr. Dieric dos Santos de Abreu, cuja orientação e apoio inestimáveis foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Sua dedicação à ciência no Brasil é uma fonte constante de inspiração, e sou imensamente grato pela oportunidade de aprender com sua vasta experiência. Aproveitando o ensejo estendo meu agradecimento a todos os professores que contribuíram para minha formação e à Universidade Federal do Ceará, pelo excelente nível acadêmico oferecido durante o curso.

Agradeço imensamente ao meu companheiro e professor Davi Janô, bem como aos seus alunos, pelo apoio generoso e imprescindível ao longo desta jornada. Sua contribuição na coleta de dados foi fundamental para a elaboração e realização deste trabalho, fornecendo a base necessária para o sucesso deste projeto.

Agradeço a todos os meus colegas de curso, com um carinho especial para João Victor, Francisco Breno, Rebeca Silva, Marcos Ernande, Monique Kelly pelas trocas diárias e pelo apoio mútuo nas disciplinas que compartilhamos, enfrentando juntos os desafios e aprendizados. As conversas e experiências enriquecedoras tornaram essa trajetória mais leve e significativa, e sou imensamente grato por cada momento vivido ao lado de vocês.

Aos meus amigos de toda uma vida, Lucas Uchôa, Aysmirla Lima e Laudenir Filho, expresso meu mais profundo agradecimento. Sou imensamente grato por cada palavra de incentivo, pelas risadas e momentos compartilhados que tornaram os períodos difíceis mais leves, e pela amizade que, com lealdade e carinho, atravessa os anos. Ter vocês ao meu lado, especialmente nos momentos mais desafiadores, fizeram toda a diferença nesta jornada.

Agradeço também aos meus colegas de trabalho, Elizângela Verçosa, Jesus Nazário, Ailton Rodrigues, Felipe Rodrigues, Weber Lira, Felipe Silva e Wellington Silva, que foram muito mais do que simples companheiros de rotina profissional. Ao longo dessa jornada, ofereceram apoio, compreensão e incentivo nos momentos em que mais precisei. Sou grato por

cada conversa, cada gesto de empatia e por todo o suporte recebido, especialmente nos desafios de conciliar o trabalho com os estudos.

À minha família, que é minha base, deixo minha gratidão mais profunda. Começando por minha sogra, Maria Silva, cuja dedicação incansável me incentivou a acordar cedo – um verdadeiro desafio, especialmente após um turno noturno – e que esteve ao meu lado em cada passo dessa jornada. Samuel, meu filho de criação, desejo que meu esforço e exemplo de força e generosidade sejam uma fonte eterna de inspiração e orgulho para você. Aos meus pastores, Laudenir e Rute, por compartilharem comigo suas experiências, muitas vezes tão inusitadas que poderiam facilmente virar um stand-up, mas também por oferecerem palavras de força, gestos de cuidado e um amor imensurável. São verdadeiros pais adotivos que Deus me deu, e sou eternamente grato por tê-los em minha vida. Não posso deixar batido a Ruthe Ellen e seu esposo Juscelino Alves por ser uma inspiração de verdadeiro sucesso.

Ao amor da minha vida, Arliene Lima, minha gratidão por você é imensurável. Em cada passo dessa jornada, você foi minha base sólida, sempre presente com apoio, paciência e uma força silenciosa que me ajudaram a seguir em frente, especialmente nos momentos mais difíceis. Você acreditou em mim quando eu mesmo duvidava de mim, e sua presença constante foi o maior impulso para que eu superasse cada desafio. Seu amor, sua compreensão e sua dedicação tornaram cada etapa mais leve, mais significativa. Sou profundamente grato por ter você ao meu lado, não apenas como minha companheira, mas como minha fonte de motivação, tranquilidade e inspiração.

Por fim, expresso minha gratidão a mim mesmo. Por ter persistido, apesar das incertezas, obstáculos e da exaustão. Por cada avanço resoluto, cada noite em claro, cada escolha ousada feita ao longo dessa trajetória. Enfrentar os desafios com coragem e perseverança foi uma das maiores lições que esta jornada me trouxe, e é com orgulho que reconheço a força que descobri dentro de mim. Jamais será tarde demais.

A todos, minha eterna gratidão.

Tudo posso naquele que me fortalece.
Filipenses 4:13

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo utilizar um protótipo de célula solar como estratégia de ensino baseada na experimentação, visando à aprendizagem de conceitos relacionados a composição e funcionamento de uma célula fotovoltaica para a geração de eletricidade. A abordagem proposta busca superar as dificuldades dos docentes na explicação de conceitos abstratos, utilizando atividades práticas como ferramenta pedagógica, facilitando para esse caso a compreensão dos conceitos físicos e químicos envolvidos. Além disso, a pesquisa visa promover a conscientização acerca dessa tecnologia na âncora da sustentabilidade. A pesquisa foi realizada em uma escola pública de Fortaleza, Ceará, com alunos do 2º ano do Ensino Médio. O processo foi desenvolvido em duas etapas: a primeira consistiu em uma breve aula contextualizada para elucidar os conhecimentos básicos necessários para compreender o tema, e a segunda envolveu experimentação com materiais de baixo custo, complementada por questionamentos que proporcionaram a conexão entre as duas etapas através de uma aprendizagem significativa, alinhada aos princípios da BNCC. Os resultados obtidos foram baseados nos parâmetros de uma pesquisa qualitativa-quantitativa que incluiu registros fotográficos, observações das atividades experimentais e coleta de dados por questionários, onde indicaram um maior envolvimento e produtividade dos alunos na construção do próprio conhecimento. Este processo contribuiu para a compreensão conceitual dos alunos sobre os mecanismos nos entornos de uma célula solar.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa; Sustentabilidade; Experimentação; Protótipo de uma célula solar;

ABSTRACT

This study uses a solar cell prototype as an experimental teaching strategy to teach concepts related to the composition and functioning of a photovoltaic cell for generating electricity. The proposed approach seeks to overcome teachers' difficulties in explaining abstract concepts by using hands-on activities as a pedagogical tool, facilitating the understanding of the physical and chemical concepts involved. Furthermore, the research aims to raise students' awareness of this technology as an anchor for sustainability. The research was conducted at a public school in Fortaleza, Ceará, with second-year high school students. The process was developed in two stages: the first consisted of a brief contextualized lesson to elucidate the basic knowledge necessary to understand the topic, and the second involved experimentation with low-cost materials, complemented by questions that provided a connection between the two stages through meaningful learning, aligned with the principles of the BNCC. The results obtained were based on the parameters of a qualitative-quantitative study that included photographic records, observations of experimental activities, and data collection through questionnaires. These findings indicated greater student engagement and productivity in constructing their own knowledge. This process contributed to the students' conceptual understanding of the mechanisms involved in a solar cell.

Keywords: Meaningful Learning; Sustainability; Experimentation; Prototype of a solar cell;

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Potência outorgada em GW (acumulada).....	13
Figura 2 – Classe de consumo – geração distribuída.....	14
Figura 3 – Estrutura física de uma junção p-n de uma célula fotovoltaica.....	15
Figura 4 – Estrutura em bandas (a) condutor (b) semicondutor (c) banda de valência....	16
Figura 5 – Zona de depleção.....	16
Figura 6 – Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino.....	21
Figura 7 – Ministração da aula sobre fundamentos da energia solar.....	30
Figura 8 – Protótipo pré-elaborado.....	31
Figura 9 – Montagem.....	31
Figura 10 – Registro.....	31
Figura 11 – Estrutura e Plano de Ligação (a) LED de alto brilho utilizado (b) organização dos LEDs no papelão.....	32

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	– Questão 01 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	35
Gráfico 2	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	36
Gráfico 3	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	36
Gráfico 4	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	37
Gráfico 5	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	38
Gráfico 6	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	39
Gráfico 7	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	40
Gráfico 8	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	40
Gráfico 9	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	41
Gráfico 10	– Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPS	Educação para a Sustentabilidade
<i>et al.</i> ,	E outros
eV	Elétron-volt
GAP	Banda de Lacuna
ONU	Organização das Nações Unidas
LEDs	Light Emitting Diode
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

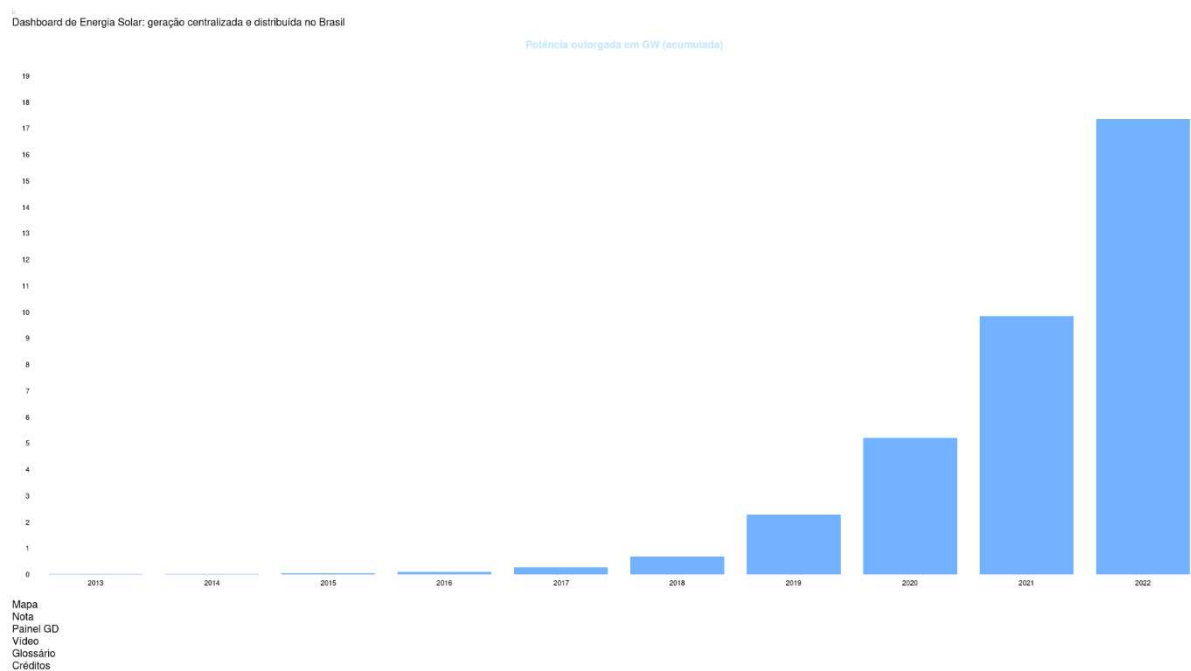
1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	Fundamentos Físicos e Químicos da Conversão Fotovoltaica.....	18
2.2	Características Básica de uma Célula Solar.....	20
2.3	A Experimentação como Instrumento da Aprendizagem.....	23
2.4	Sustentabilidade e a Legislação Brasileira.....	24
2.5	Intervenção Pedagógica.....	26
3	OBJETIVOS	28
3.1	Objetivo Geral	28
3.2	Objetivos Específicos	28
4	METODOLOGIA	29
4.1	Tipo de Pesquisa	29
4.2	Participantes	29
4.3	Procedimentos de Coleta de Dados	29
4.3.1	<i>Introdução Teórica - Revisão Teórica dos Conceitos.....</i>	29
4.3.2	<i>Ação Pedagógica - Construção do protótipo de uma célula solar.....</i>	30
4.3.3	<i>Avaliação Final - Percepção dos Alunos.....</i>	31
4.4	Análise dos Dados	31
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1	Análise da Compreensão dos Estudantes.....	33
5.2	Análise da Metodologia Aplicada.....	43
6	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A – PLANO DE AULA 01	48
	APÊNDICE B – PLANO DE AULA 02.....	49
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO REFLEXIVO E AUTO AVALIATIVO.....	50

1 INTRODUÇÃO

As tecnologias baseadas em energia solar tiveram um desenvolvimento notável nas últimas décadas. Isso é observado em todo o mundo. As preocupações relacionadas ao custo e disponibilidade de combustíveis fósseis, os efeitos das mudanças climáticas são os principais impulsionadores do uso dessa tecnologia. Nesse sentido, diversos pesquisadores ao redor do mundo estão trabalhando na área de energia solar.

Conforme dados do dashboard de energia solar da EPE Figura 1, a Geração Distribuída (GD) apresenta crescimento expressivo no estado do Ceará, com destaque para a classe residencial, que concentra cerca de 43% das conexões conforme a Figura 2. Tal avanço suscita reflexões sobre os hábitos de consumo/geração e o nível de conscientização energética da população.

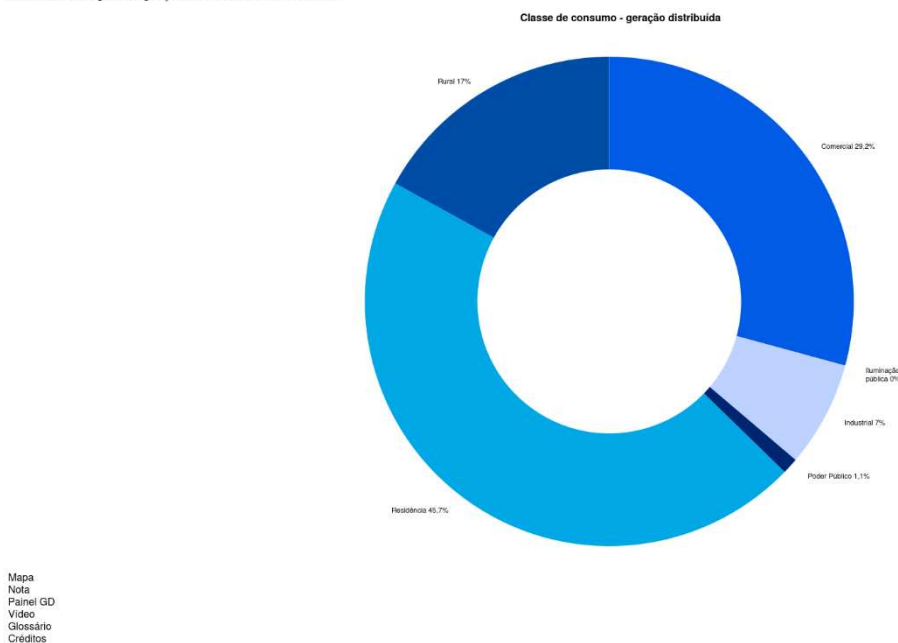
Figura 1 – Potência outorgada em GW (acumulada)



Fonte: [ArcGIS Dashboards](#)

Figura 2 – Classe de consumo – geração distribuída

Dashboard de Energia Solar: geração centralizada e distribuída no Brasil

Fonte: [ArcGIS Dashboards](#)

A energia solar fotovoltaica surge como um meio para atender as necessidades existentes e promover o desenvolvimento de forma que haja sustentabilidade, ou seja, alcançando o desenvolvimento nos aspectos: econômico, social e ambiental, promovendo um futuro mais justo e próspero para todos (FIA 2023)

Nesse sentido, os fenômenos físicos e químicos observado são de grande interesse tanto pela aplicabilidade tecnológicas quanto na ciência básica. Por isso, trabalhar o assunto no ensino de Química fornece aos alunos a capacidade cognitiva para interpretações sobre questões do dia a dia. Como a tecnologia está cada vez mais presente na vida das pessoas, ter conhecimentos científicos se torna primordial para analisar questões contemporâneas e se posicionar diante delas.

Um problema relacionado a este tema é que geralmente ele não faz parte da matriz curricular pois é comum que a Química ensinada nas escolas é fundamentada na maioria das vezes apenas em aspectos teóricos. Pode-se concluir, dessa forma, devido a observação dos livros didáticos nos quais se concentram mais os exercícios de fixação voltados somente a conceitos, sendo uma das problemáticas que implicam em sua qualidade. Conforme afirmam Galiazzi et al., (2001) a experimentação representa uma atividade fundamental no ensino de ciências e que sua

importância faz parte da crença dos professores, mas que, na realidade das escolas, é pouco frequente.

Assim sendo, pretende-se analisar se a estratégia pedagógica realizada em sala de aula promove uma aprendizagem significativa para os alunos, além de verificar se essa metodologia são motivadoras e despertam maior interesse e participação nas aulas. Busca-se, ainda, auxiliar os alunos na assimilação dos conceitos físicos e químicos do efeito fotovoltaico utilizado nesse componente para geração de eletricidade.

Conforme propõe Goi (2018) A experimentação se enquadra em tendências teórico-metodológicas e tem um papel relevante na aprendizagem escolar, ela instiga o aluno a pensar, a criar e a testar hipóteses, como também faz o educando se sentir atuante em sua aprendizagem. Ferreira (2010) A experimentação no ensino de Química tem sido defendida por diversos autores, pois constitui um recurso pedagógico importante que pode auxiliar na construção de conceitos.

Este estudo justifica-se pela necessidade de melhorar a qualidade do ensino de Química, por meio de propostas metodológicas baseadas em práticas experimentais. Nesse contexto, tendo a energia solar como eixo temático.

Dessa forma, ao incorporar temas sustentáveis no ensino de Química, torna-se possível não apenas contextualizar os conteúdos, mas também fomentar a conscientização acerca de problemas ambientais, como a poluição, o esgotamento de recursos e os impactos das ações humanas sobre o planeta. Através da Educação para a Sustentabilidade (EPS) é possível incentivar a reflexão crítica sobre o uso dos recursos naturais e a responsabilidade ambiental. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça essa perspectiva ao destacar a importância de práticas pedagógicas que promovam o desenvolvimento de competências socioambientais nos alunos (BRASIL, 2018).

Além disso, as metodologias ativas de ensino têm ganhado destaque por colocarem o aluno no centro do processo de aprendizagem. Abordagens como a resolução de problemas, o uso de tecnologias, a experimentação e a construção coletiva do conhecimento têm demonstrado maior eficácia na assimilação de conteúdos abstratos (Bacich; Moran, 2018). Nesse mesmo sentido, Freire (1996) argumenta que uma educação verdadeiramente transformadora deve estimular a autonomia, a criticidade e o protagonismo do estudante.

Assim, a integração de um protótipo de célula solar às atividades pedagógicas, aliada à temática da sustentabilidade, constitui uma proposta interdisciplinar inovadora. Alinhada aos princípios da educação transformadora, essa estratégia favorece não apenas a compreensão de conteúdos científicos, mas também o desenvolvimento da consciência cidadã e ambiental dos

estudantes.

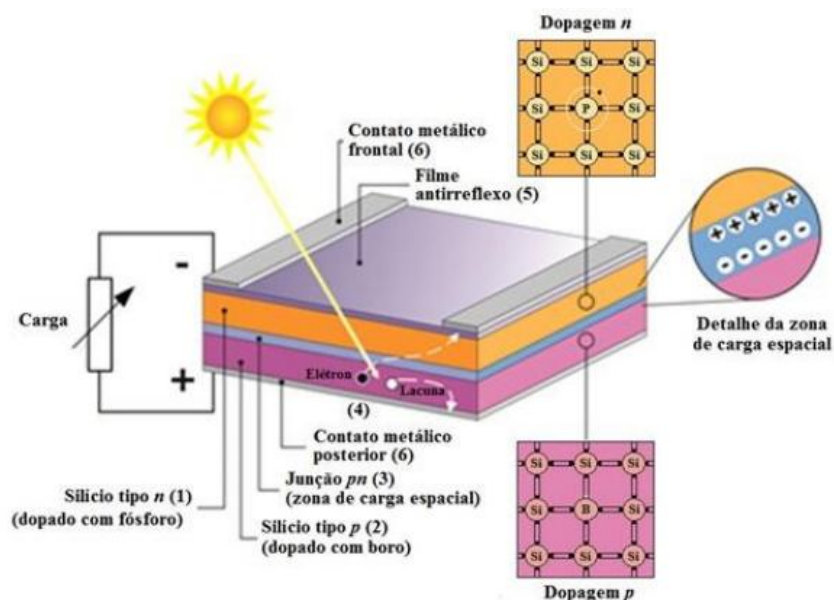
Assim sendo, esta pesquisa pretende contribuir com a prática docente, oferecendo uma alternativa metodológica viável, atual e contextualizada. Ao integrar o ensino de Química com a sustentabilidade e com o uso de tecnologias, busca-se formar estudantes mais críticos, conscientes e engajados com os desafios sociais e ambientais do século XXI

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Fundamentos Físicos e Químicos da Conversão Fotovoltaica

O efeito fotovoltaico foi descoberto em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel, utilizando uma célula eletroquímica para gerar uma diferença de potencial entre dois eletrodos, quando o dispositivo era submetido a luz. Machado (2015). Guimarães (1999) Essa diferença de potencial elétrico entre dois terminais esteja associada a uma estrutura denominada junção p-n Figura 3. No dispositivo sob iluminação o efeito fotoelétrico interno é capaz de gerar um buraco pela absorção de um fóton.

Figura 3 – Estrutura física de uma junção p-n de uma célula fotovoltaica



Fonte: Moehlecke e Zanesco (2005, com adaptação)

Atualmente a radiação solar é uma das mais importantes fontes de energia renovável, sobretudo na região do espectro do infravermelho e visível, podendo ser convertida diretamente em calor ou energia. Denominamos como célula fotovoltaica a capacidade de um dispositivo converter luz diretamente em energia elétrica, através da produção de uma tensão e corrente elétrica sob iluminação. Normalmente, um ponto arbitrário na superfície do nosso planeta recebe do sol uma densidade de aproximadamente 1000 W/m^2 , nos momentos de maior iluminação. Vale ressaltar, que isso varia de acordo com estações e/ou localizações geográficas Lima, Ariane A., et al. (2019)

Ao realizarmos uma análise minuciosa de certas aplicações tecnológicas, percebe-se que muitas delas são fundamentalmente dependentes da conversão fotovoltaica de energia para

operar, como por exemplo, telescópio Hubble, antenas repetidoras de sinais e regiões remotas do planeta sem acesso às redes de energia elétrica de forma convencional.

Para entender os fenômenos fotovoltaicos, é importante compreender como a luz interage com a matéria, um processo que envolve conceitos da física quântica, além de utilizar um modelo físico que descreva corretamente os materiais envolvidos. Barthém, Ricardo Borges (2005) por definição, a luz é um fenômeno eletromagnético ondulatório, contudo, a compreensão do comportamento da interação entre a luz e a matéria não pode ser alcançada exclusivamente por meio dessa abordagem, sendo imprescindível a introdução do conceito de fóton, que representa o quantum de energia de radiação eletromagnética, evidenciando dessa forma a natureza corpuscular da luz.

Toda matéria ordinária é composta por átomos que, individualmente, apresentam níveis de energia discretos. O estado fundamental de um átomo corresponde ao seu nível de energia mais baixo. No entanto, é possível excitar um átomo, promovendo-o a um estado de energia mais elevado por meio da absorção de fótons, desde que esses fótons possuam energia suficiente para realizar a transição entre os níveis energéticos.

Do ponto de vista corpuscular, quando um fóton interage com uma partícula material, como um elétron, ele pode ser **absorvido**, **emitido** ou **espalhado**, dependendo das condições energéticas. Tais interações são fundamentais para a compreensão de fenômenos como a absorção de luz por átomos e semicondutores, os quais constituem a base do funcionamento de dispositivos fotovoltaicos.

Os níveis de energia eletrônicos em um átomo podem ser divididos em: i) internos, para aqueles elétrons mais próximo ao núcleo, que, portanto, ficam mais fortemente ligados, e ii) valência, que correspondem aos elétrons mais externo. A ligação química tem origem na camada valência (Pauling, 1926b).

A matéria em estado sólido é um arranjo estável de átomos capaz de minimizar a energia de todo o conjunto de átomos através da interação entre os orbitais de valência deles. É sabido, que uma interação geralmente produz desdobramentos dos níveis energéticos que podem eliminar o nivelamento. Em alguns átomos, os desdobramentos produzem bandas contínuas de níveis de energia permitidos, e entre essas bandas, regiões proibidas conhecidas como gaps de energia.

Lima, Ariane A., et al. (2019) A estruturação dessas bandas de um material qualquer depende de forma exclusiva essencialmente dos tipos de átomos que o formam, do número de elétrons de valência e da forma de seus orbitais. Um metal é, por natureza, um bom condutor

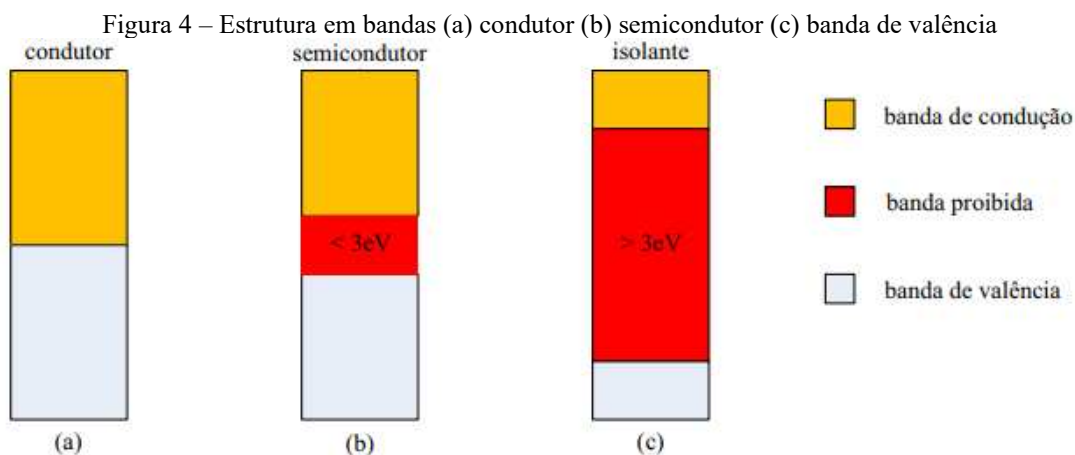
elétrico devido à ausência de lacuna de energia (band gap) entre a sua banda de valência e a banda de condução, permitindo que os elétrons se movimentem livremente mesmo em temperatura ambiente. Já os materiais semicondutores ou isolantes apresentam uma lacuna de energia entre essas bandas. Nos semicondutores, essa lacuna é relativamente pequena (menor que 3eV), o que permite que elétrons da banda de valência sejam excitados termicamente ou por radiação para a banda de condução, possibilitando certa condutividade elétrica. Por outro lado, os isolantes possuem uma band gap significativamente maior, dificultando a transição eletrônica e, conseqüentemente, impedindo a condução de corrente elétrica sob condições normais

Dessa forma, torna-se possível promover elétrons da banda de valência para a banda de condução de um determinado material por meio da absorção de fótons com energia suficiente. Uma vez na banda de condução, esses elétrons passam a se movimentar livremente, contribuindo para o aumento da condutividade elétrica do material. Simultaneamente, a ausência do elétron na banda de valência origina uma vacância, denominada **buraco**, a qual se comporta efetivamente como uma carga positiva, desempenhando papel fundamental na condução elétrica dos semicondutores.

Como a radiação solar tem espectro dentro do visível e infravermelho, sendo fortemente atenuado na região UV e acima, os materiais empregados na construção de dispositivos fotoativos devem ser sensíveis ao espectro visível e abaixo. Geralmente, materiais semicondutores com gap de energia na faixa de 0,5 eV e 2 eV, como o silício, o germânio e combinações de elementos como arseneto de gálio, além de alguns materiais poliméricos orgânicos, apresentam boas características para aplicações fotovoltaicas.

2.2 Características Básica de uma Célula Solar

Conforme já retratado existem na natureza materiais que se comportam como semicondutores, isto é, banda de condução “vazia” e uma banda de valência totalmente preenchida conforme a Figura 4. Esses elementos são distribuído na tabela periódica entre os grupos 14 a 16 tendo como principal o silício.



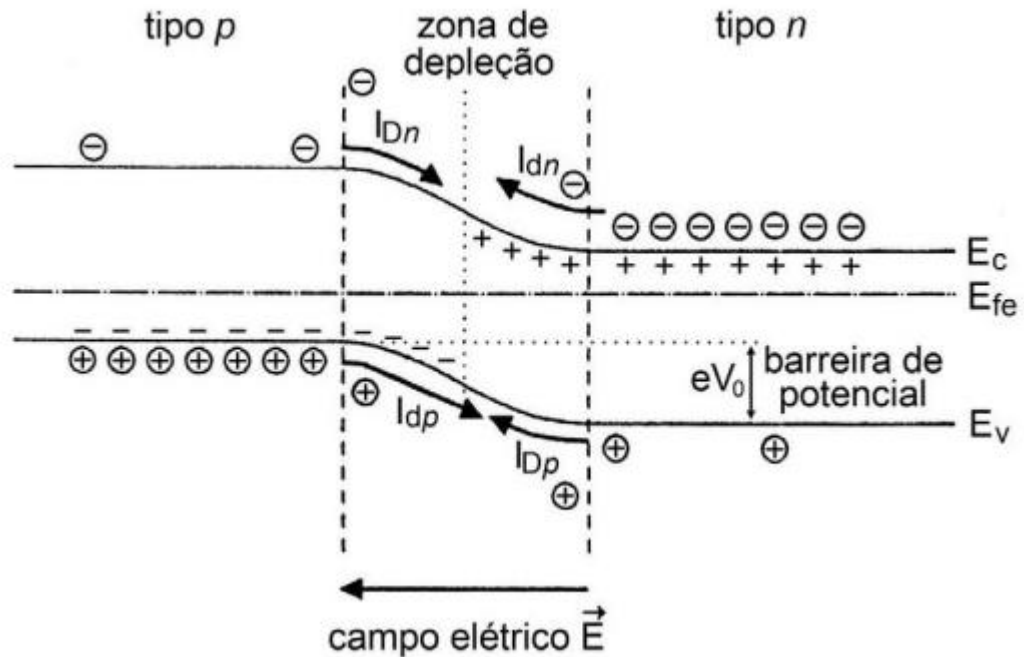
Fonte: Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos (2014, com adaptação)

Logo uma célula solar eficaz deve conter duas coisas essenciais: i) materiais fotoativos, capazes de absorver a radiação eletromagnética ii) um campo elétrico interno suficientemente intenso para separar esses portadores antes que ocorram recombinações. A descrição detalhada dos diversos tipos de células solares, que empregam diferentes materiais e configurações, é uma tarefa extensa e não faz parte do escopo deste trabalho. Vamos analisar as células que utilizam junções do tipo p-n, as quais, na ausência de luz, funcionam como diodos convencionais.

(REZENDE 2004) Junção é o termo utilizado para designar o contato entre dois materiais diferentes ou entre duas regiões de um mesmo material que apresentam propriedades distintas. Ela pode ser formada por dois semicondutores, por um semicondutor e um metal, ou ainda por dois metais. Um exemplo clássico é a junção p-n, que consiste na interface entre duas regiões de um mesmo semicondutor: uma dopada com impurezas do tipo p (com excesso de lacunas) e a outra dopada com impurezas do tipo n (com excesso de elétrons livres), resultando em um comportamento característico de dispositivos semicondutores.

Pelo fato de duas regiões estejam dopadas distintamente, surge uma região internamente no material, denominada camada de depleção, nas proximidades da interface entre os materiais do tipo p do tipo n, onde passa a existir um campo elétrico intenso, que é capaz de produzir dissociação, levando elétrons para um lado e buracos para o outro lado da junção. Nesse caso os buracos serão conduzidos para o lado p e os elétrons foto-gerada para o lado n da junção. Ilustração Figura 5

Figura 5 – Zona de depleção



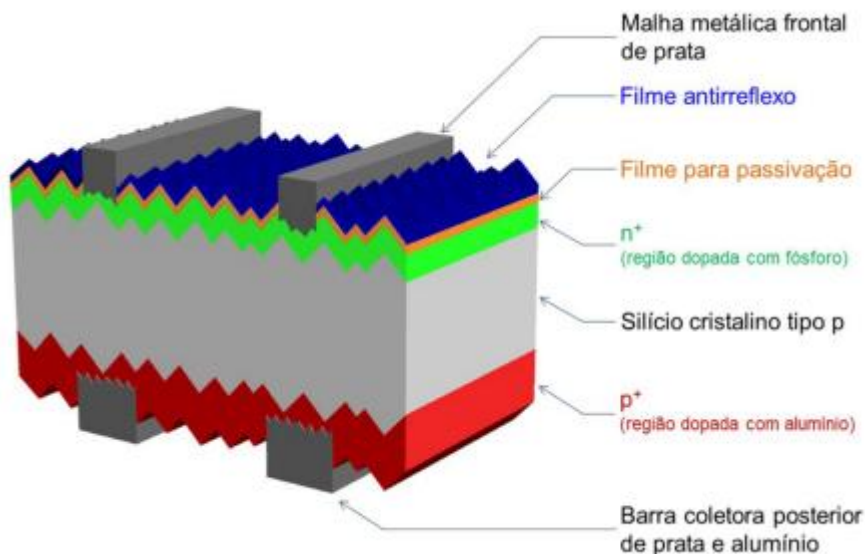
Fonte: OLDENBURG (1994)

Normalmente as células solares recebem seus nomes de acordo com o semiconductor selecionado para aplicação nos dispositivos. Dentre os diferentes tipos de células encontram-se os dispositivos fabricados com silício, semicondutores orgânicos, telureto de cádmio (CdTe), perovskitas, et.al.

Uma célula solar é composta basicamente de cinco componentes: i) placa metálica que permite o fluxo de eletricidade, ii) o silício com duas camadas uma tipo p e outra tipo n, também chamada de HTL/ETL iii) vidro antirreflexo para evitar reflexão da luz, iv) grade metálica, v) vidro resistente para durabilidade da célula. Conforme Figura 6

O silício empregado na fabricação das células fotovoltaica podem ser classificada pelo método de confecção bem como sua pureza

Figura 6 – Estrutura básica de uma célula fotovoltaica de silício cristalino



2.3 A Experimentação como Instrumento da Aprendizagem

O ensino de Química, muitas vezes, ainda é conduzido de forma abstrata, afastando-se da realidade dos estudantes e, como consequência, gerando desinteresse pelos conteúdos abordados. Diante desse cenário, torna-se essencial reforçar os conceitos teóricos por meio de atividades práticas, sendo a experimentação um elemento central no ensino de Química. Mais do que transmitir conteúdos, é necessário promover uma abordagem que vá além da mera exposição teórica e do ensino de procedimentos. A experimentação permite a integração entre teoria e prática, favorecendo a construção de conhecimentos sobre fatos, leis, modelos e teorias científicas, ao mesmo tempo em que desenvolve a consciência dos alunos sobre os múltiplos aspectos que envolvem e influenciam a prática científica.

Para tal, ensinar Química passa por metodologias que favoreçam processos desenvolvimento de hipóteses, testes, estímulo à curiosidade e reflexão crítica, de forma que, aprender é consequência de estar incluído na investigação e exploração do próprio contexto de vivência (Cardoso; João, 2019)

Para a aula experimental se torna motivador para os alunos a participarem de forma efetiva, o professor tem um papel essencial, por meio de questionamentos, problematização de conteúdo, gerando dúvidas, instigando a curiosidades dos discentes a fim de promovê-los a refletir sobre a temática discutida.

Com intuito de mudar os pensamentos negativos que os alunos têm sobre conteúdos

relacionados a ciência, tornando-o mais compreensível. É inegável que as atividades práticas têm um papel fundamental no processo de ensino aprendizagem nos conteúdos de ciências da natureza.

Muitos docentes reconhecem o potencial transformador do ensino de Química por meio da experimentação. No entanto, atividades experimentais ainda são pouco recorrentes nas escolas, de acordo com Costa e Barros (2015, p. 14), “ainda é bastante evidente no ensino de Física e Ciências Naturais nas escolas públicas do país a ausência de laboratórios na área de Ciências, a formação descontextualizada dos professores e a carência de recursos tecnológicos, entre outros fatores.”

Além disso, aprendizagem significativa, conforme desenvolvida por David Ausubel e aprofundada por pesquisadores como Moreira (2006), é um dos fundamentos mais importantes para o ensino de Ciências, especialmente em áreas como a Química, cujos conteúdos frequentemente exigem alto grau de abstração. De acordo com essa teoria, o aprendizado ocorre de forma mais eficaz quando os novos conhecimentos são incorporados a estruturas cognitivas já existentes no aluno, de maneira não arbitrária e não literal. Para que isso ocorra, é necessário que o conteúdo tenha relevância potencial e que o aluno esteja disposto a aprender significativamente, ou seja, que se engaje ativamente na construção do conhecimento.

Portanto, a articulação entre a Teoria da Aprendizagem Significativa e o uso da experimentação no ensino de Química representa não apenas uma estratégia pedagógica, mas uma filosofia educacional que coloca o aluno como protagonista na construção do conhecimento. Ao favorecer a integração entre o saber científico e as vivências pessoais, essa abordagem contribui para uma educação mais apropriada, crítica e transformadora.

2.4 Sustentabilidade e a Legislação Brasileira

Ao conectar os conceitos à sustentabilidade e à vida cotidiana, amplia-se a relevância social do conteúdo, conforme recomenda a BNCC (Brasil, 2018). O contexto sociocultural dos alunos exerce influência significativa sobre o processo de ensino-aprendizagem, especialmente em disciplinas como a Química, cujos conteúdos são, muitas vezes, abstratos e descontextualizados da realidade cotidiana dos estudantes. Conforme Vygotsky (1978), o conhecimento é construído socialmente por meio da interação entre sujeitos e o meio em que estão inseridos. Assim, para que o ensino seja significativo, é fundamental que as estratégias pedagógicas adotadas – como o uso de um protótipo de uma célula solar – considerem a vivência,

a linguagem e o repertório sociocultural dos estudantes.

Paralelamente, a abordagem da sustentabilidade na educação científica se insere como uma demanda urgente da contemporaneidade. Temas como mudanças climáticas, escassez de recursos, consumo consciente e reciclagem precisam ser abordados de maneira transversal, crítica e integrada ao ensino de Química. O protótipo de uma célula solar abordada nesta pesquisa contribuem diretamente para esse objetivo, ao relacionar os conceitos físicos e químicos com práticas sociais de colaboração, reaproveitamento e equilíbrio de recursos.

No Brasil, esse compromisso com a educação ambiental está previsto em legislações e documentos normativos. A Lei nº 9.795/1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental, determina que a educação ambiental deve estar presente em todos os níveis e modalidades do ensino, como um componente essencial e permanente (Brasil, 1999). Essa legislação reconhece a importância de formar cidadãos críticos, autônomos e comprometidos com a preservação da vida e do planeta.

Complementarmente, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), estabelecida pela Resolução CNE/CP nº 2/2017, destaca a Educação para a Sustentabilidade (EPS) como um dos pilares do processo formativo. Entre as Competências Específica na Educação Básica, destacam-se:

- **Competência Específica 1:** Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.
- **Competência Específica 2:** Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.
- **Competência Específica 3:** Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC)

A proposta didática deste trabalho, ao integrar a Química com a sustentabilidade por meio do uso de um protótipo de uma célula solar, atende diretamente às competências previstas na BNCC. As atividades propostas promovem a interdisciplinaridade, fortalecem a capacidade argumentativa, incentivam a cooperação entre os alunos e estimulam o pensamento crítico e científico sobre questões socioambientais.

Essas diretrizes justificam e validam o uso de estratégias pedagógicas inovadoras, como a adotada nesta pesquisa, que integra conhecimento conceitual e experimental, metodologias ativas e um compromisso com a formação cidadã. Assim, a utilização de um protótipo de célula solar, além de ser eficaz do ponto de vista cognitivo, encontra sólido respaldo legal, curricular e pedagógico, configurando-se como uma prática inovadora e alinhada aos desafios da educação contemporânea.

2.5 Intervenção Pedagógica

O desenvolvimento de um protótipo de célula solar como recurso pedagógico exige não apenas um planejamento cuidadoso, mas também uma postura ativa do professor na mediação do processo de ensino-aprendizagem. Essa mediação torna-se mais eficaz quando combinada com práticas avaliativas formativas e com a contextualização dos conteúdos, criando um ambiente favorável para a promoção de uma aprendizagem significativa e crítica.

A avaliação formativa é compreendida como um processo contínuo e sistemático de acompanhamento da aprendizagem, que permite ao professor ajustar sua prática pedagógica conforme as necessidades dos alunos (Luckesi, 2011). No ensino de Química, a avaliação formativa é fundamental devido à complexidade dos conteúdos e à diversidade das turmas. Ao contrário da avaliação somativa, que se concentra nos resultados finais, a avaliação formativa valoriza o processo de aprendizagem, oferecendo feedback construtivo e criando oportunidades para intervenções pedagógicas ao longo de todo o percurso educativo.

De acordo com Zabala (1998), a produção de significados pelos alunos – como no caso da elaboração de protótipo de uma célula solar – é uma forma autêntica de demonstrar e aprofundar a aprendizagem, pois estimula a criatividade, a reflexão crítica e a articulação de conceitos científicos com experiências do cotidiano.

A contextualização dos conteúdos, nesse sentido, reforça a aprendizagem significativa. Segundo Delizoicov e Freire (2005), a contextualização vai além da simples utilização de exemplos cotidianos: ela articula os saberes escolares às experiências socioculturais

e ambientais dos estudantes, tornando o conhecimento escolar relevante e transformador. A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) também endossa essa perspectiva ao enfatizar o desenvolvimento de competências voltadas para a resolução de problemas reais e o exercício da cidadania.

Portanto, ao articular avaliação formativa, contextualização e mediação docente, o uso de analogias sustentáveis no ensino de ligações químicas assume um caráter pedagógico potente. Essa abordagem favorece não apenas a compreensão conceitual, mas também a formação de sujeitos críticos, criativos e comprometidos com a transformação de sua realidade, em consonância com os princípios da educação emancipadora defendidos por Freire (1996).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

- Aplicar uma proposta pedagógica nas aulas de química para facilitar o aprendizado dos conceitos físico-químicos relacionados à energia solar, utilizando um protótipo de célula solar.

3.2 Objetivos Específicos

1. Desenvolver aula expositiva dialogada com os estudantes, a fim de promover o conteúdo introdutório do efeito fotovoltaico elementar.
2. Elaborar kits de experimentação com material de baixo custo.
3. Utilizar o experimento como instrumento de aprendizagem.
4. Instigar os estudantes por meio da experimentação a busca pelo conhecimento científico.
5. Promover a conscientização dos estudantes a respeito da importância da utilização da energia solar.

4 METODOLOGIA

4.1 Tipo de Pesquisa

Para a realização da pesquisa adotou-se o método exploratório e descritivo com abordagens qualitativa e quantitativa, a fim de investigar a eficácia do uso de um protótipo de uma célula solar nos conceitos físicos e químicos no ensino médio. A pesquisa buscou compreender os efeitos da estratégia didática proposta após sua aplicação em sala de aula.

4.2 Participantes

A pesquisa foi realizada na Escola Estadual de Ensino Médio Governador Adauto Bezerra, localizada na Rua Monsenhor Liberato, no Bairro de Fátima, em Fortaleza, Ceará. O estudo envolveu 29 estudantes do 2º ano do Ensino Médio, das turmas A, C e E, que já haviam sido introduzidos aos conteúdos relacionados à estrutura atômica, estabilidade dos elementos ao atingirem a configuração de gases nobres, formação de ligações químicas (covalente, iônica e metálica), efeito fotovoltaico, voltagem e geração de corrente elétrica em sua estrutura curricular. Esses conhecimentos prévios junto com aula expositiva tradicional aplicada garantiram uma base mínima para a compreensão do tema abordado. A seleção das turmas foi realizada em colaboração com o professor da instituição, levando em consideração a viabilidade e a disponibilidade dos estudantes. As turmas apresentaram perfis diversos, com variação nos níveis de conhecimento sobre os conteúdos físico-químicos, especialmente no que se refere ao funcionamento de uma célula solar.

4.3 Procedimentos de Coleta de Dados

A coleta de dados foi organizada em três etapas principais:

4.3.1 Introdução Teórica - Revisão Teórica dos Conceitos

Inicialmente foi ministrada uma aula Figura 7 expositiva tradicional com uso de slides, conforme o plano de aula disponível do Apêndice A, com o objetivo de revisar os

principais conceitos de fundamentos de energia solar e garantir um nivelamento conceitual da turma.

Figura 7 – Ministração da aula sobre fundamentos da energia solar



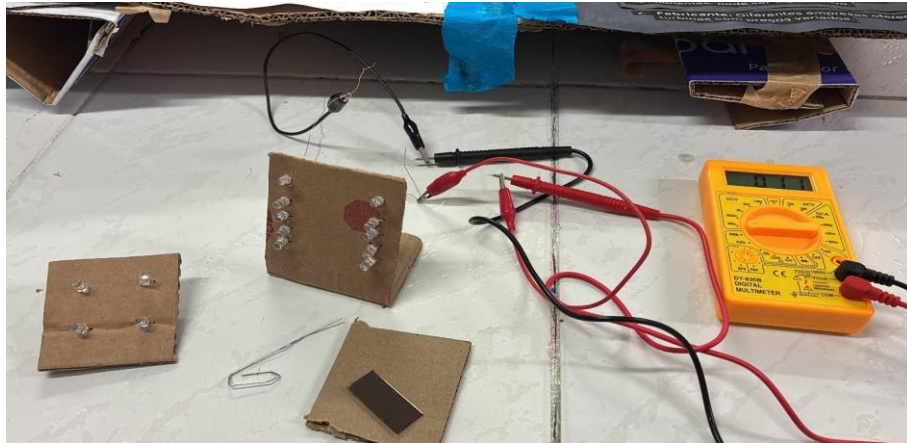
Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.2 Ação Pedagógica - Construção do protótipo de uma célula solar

A segunda etapa consistiu na ação pedagógica, que envolveu a construção do protótipo de uma célula solar, utilizado como ferramenta didática para o ensino de energia solar, de acordo com o plano de aula descrito no Apêndice B. A estratégia foi estruturada em três passos distintos: o primeiro consistiu na apresentação de um protótipo pré-elaborado (Figura 8), seguida pela explicação da montagem e construção do protótipo pelos alunos, com o registro do processo realizado por eles, conforme ilustrado nas Figuras 9 e 10.

O segundo passo consistiu na montagem de mini painéis solares de baixo custo usando LEDs que são conectados por meio de ligações em series. Neste momento foi usado como referência a adaptação do artigo Pereira, M. P. B., Cavalcante, E., & da Silva Júnior (2021). Inicialmente, foi explicitado uma parte importante sobre a polaridade dos LEDs, que são diodos e por isso possui um único sentido de fluxo para corrente elétrica em sua estrutura. Onde em sua composição possui dos terminais positivo (ânodo) negativo (catodo). Foram usados oito LEDs em series inicialmente porém no decorrer do procedimento foi usado apenas 04. A ligação está conforme Figura 12.

Figura 8 – Protótipo pré-elaborado



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 9 – Montagem



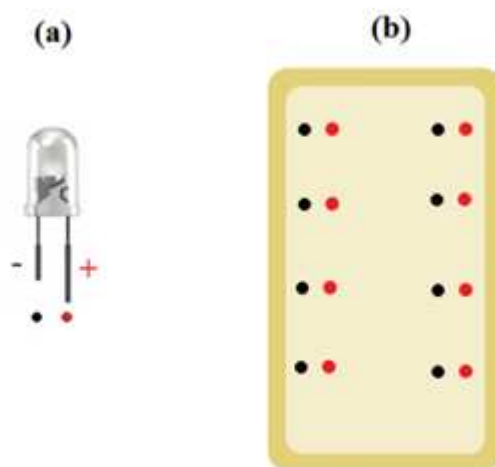
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 10 – Registro



Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 11 – Estrutura e Plano de Ligação (a) LED de alto brilho utilizado (b) organização dos LEDs no papelão



Fonte: Elaborado pelo autor

4.3.3 Avaliação Final - Percepção dos Alunos

No passo final, foi aplicado um questionário avaliativo, disponível no Apêndice C, composto por doze questões, sendo dez objetivas (com alternativas fechadas) e duas discursivas (de resposta aberta). O instrumento teve o intuito de investigar os efeitos da metodologia sobre a compreensão dos estudantes, bem como avaliar a eficácia do uso de protótipo de uma célula solar como estratégia de ensino.

4.4 Análise dos Dados

Os dados obtidos foram analisados com base em duas abordagens complementares:

- Análise quantitativa: por meio da análise dos percentuais e gráficos aplicada aos resultados dos questionários diagnóstico e avaliativo;
- Análise qualitativa: por meio da Análise de Conteúdo (Bardin, 2011), aplicada aos conceitos sobre energia solar abordados pelos alunos, categorizando os elementos centrais das percepções sobre a eficácia da estratégia didática. A análise focou nas compreensões dos estudantes sobre o funcionamento das células solares, o efeito fotovoltaico e a conversão de energia solar em energia elétrica, identificando a

profundidade e clareza das ideias apresentadas ao longo do processo de aprendizagem.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da proposta pedagógica desenvolvida, com base no uso de protótipo de uma célula solar para o ensino de energia solar. Os dados foram coletados por meio de um questionário (avaliativo), além da atividade realizada em sala de aula.

A análise foi organizada em dois tópicos principais: impacto das aulas, e reflexões sobre a estratégia didática aplicada. Cada seção apresenta os dados coletados e a respectiva discussão à luz dos objetivos da pesquisa.

5.1 Análise da Compreensão dos Estudantes

Foi observado através de um breve questionamento que os alunos tinham conhecimento da aplicabilidade das células solares, porém não sabiam como é o funcionamento das mesmas. Na etapa final, os estudantes responderam a um questionário reflexivo e auto avaliativo, disponível no Apêndice C, com o objetivo de analisar a percepção sobre o aprendizado, a eficácia da metodologia aplicada, a compreensão conceitual. O questionário permitiu avaliar os efeitos da intervenção de forma mais ampla e subjetiva.

Considerando o perfil dos participantes, observa-se que os alunos vivem em um contexto urbano, o que implica experiências sociais e culturais relacionadas ao dia a dia da cidade, como o uso de transporte público, o descarte de resíduos, o consumo de energia e o acesso a recursos tecnológicos. Esses aspectos foram considerados na elaboração do projeto utilizado nas aulas, com o objetivo de garantir que os contextos abordados fossem familiares aos estudantes. Essa abordagem visou potencializar a identificação dos alunos com os conteúdos trabalhados, além de ampliar a compreensão conceitual por meio de associações significativas com a realidade que eles vivenciam.

Os dados quantitativos foram organizados em gráficos de pizza, representando a frequência de respostas para cada item. As respostas abertas do questionário avaliativo foram analisadas com foco na percepção individual dos estudantes a experiência com a metodologia utilizada. A seguir, destacam-se os resultados e suas respectivas análises:

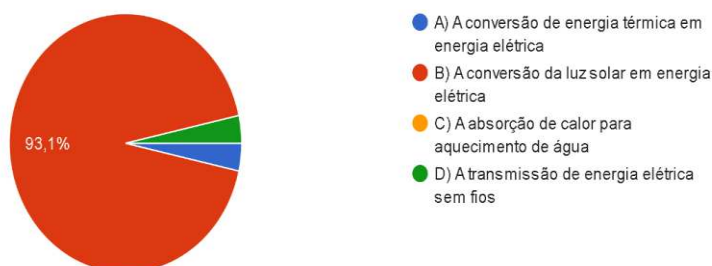
- Questão 01 – “O que é o efeito fotovoltaico?”

Dos 29 estudantes que participaram, 27 alunos (93,1%) afirmaram a conversão da

luz solar em energia elétrica, selecionando a opção (b) Esses dados demonstram uma percepção positiva em relação ao processo de aprendizagem, como representado no Gráfico 1, que sintetiza a autoavaliação dos alunos após a intervenção didática.

Gráfico 1 – Questão 01 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

O que é o efeito fotovoltaico?
29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

O resultado aponta para um avanço significativo no domínio conceitual dos alunos, sugerindo que as estratégias didáticas adotadas – especialmente o uso de um protótipo de uma célula solar contextualizadas com situações reais – contribuíram de forma efetiva para a compreensão do conteúdo, tornando-o mais claro, acessível e conectado às vivências dos estudantes.

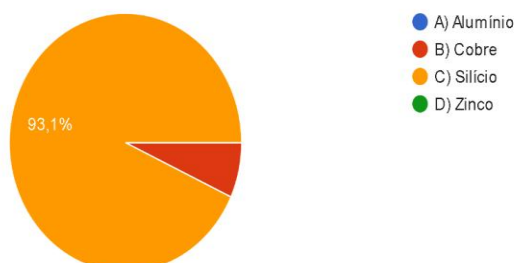
- Questão 02 – “Qual é o principal material usado na fabricação das células fotovoltaicas?”

Dos 29 estudantes que participaram, 27 alunos (93,1%) afirmaram Silício, selecionando a opção (c) Esses dados demonstram uma percepção positiva em relação ao processo de aprendizagem, como representado no **Gráfico 2**.

Gráfico 2 – Questão 02 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

Qual é o principal material usado na fabricação das células fotovoltaicas?

29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

O resultado demonstra um bom domínio, por parte dos alunos, do material mais utilizado nas células solares, especialmente em razão de sua propriedade semicondutora, compreendida e visualizada por meio da experiência prática. Isso evidencia a eficácia da proposta pedagógica como facilitadora da aprendizagem.

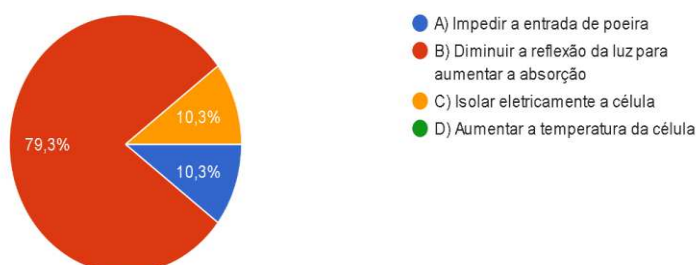
- Questão 03 – “A camada antirreflexo aplicada sobre a célula solar tem a função de:”

Uma parcela expressiva dos alunos – 23 estudantes (79,3%) – respondeu afirmativamente à alternativa (b) Diminuir a reflexão da luz para aumentar a absorção, o que evidencia a aceitação unânime do tipo de material usado entre os participantes. A distribuição dessas respostas pode ser visualizada no Gráfico 3.

Gráfico 3 – Questão 03 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

A camada antirreflexo aplicada sobre a célula solar tem a função de:

29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

Os dados reforçam a efetividade do protótipo de uma célula solar como recurso didático, atuando como facilitadoras da compreensão de conceitos abstratos e promovendo maior engajamento e significado à aprendizagem. Reforçando seu potencial como estratégia pedagógica inovadora e eficaz no ensino de Química.

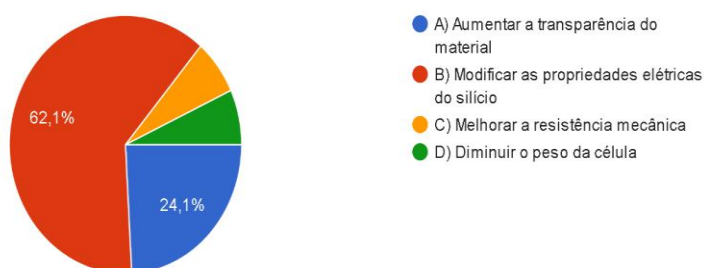
- Questão 04 – “Qual é o principal objetivo do processo de dopagem em células solares?”

Uma parcela significativa dos alunos – 18 estudantes (62,1%) – respondeu afirmativamente à alternativa (b), indicando que a dopagem modifica as propriedades elétricas do silício. As respostas demonstraram que a maioria dos alunos foi capaz de entender o motivo da dopagem nas células solares, o que contribuiu para a compreensão dos processos envolvidos. Contudo, é importante destacar que a diferença entre propriedades elétricas e físicas, embora tenha surgido nas respostas, não foi abordada de forma aprofundada durante as atividades, sendo uma oportunidade para reforço futuro. A representação do Gráfico 4 ilustra essa tendência nas respostas dos alunos

Entretanto, é relevante ressaltar que essa questão mais técnica não foi diretamente abordada na proposta didática, que teve como foco principal a explicação conceitual e a compreensão qualitativa do funcionamento e da composição básica de uma célula solar. O objetivo central da proposta era oferecer experiências contextualizadas com a sustentabilidade, enfatizando o impacto da energia solar e suas aplicações práticas. Por esse motivo, não foi possível avaliar satisfatoriamente o entendimento dos alunos sobre esse aspecto técnico específico.

Gráfico 4 – Questão 04 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

Qual é o principal objetivo do processo de dopagem em células solares?
29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

- Questão 05 – “Em uma célula solar, o que acontece quando a luz solar incide sobre o silício?”

Dos 29 alunos participantes, 26 (89,7%) marcaram a alternativa (b) afirmando os fótons da luz liberam elétrons, gerando corrente elétrica. A distribuição das respostas está representada no Gráfico 5, que ilustra a percepção dos alunos quanto à clareza da relação entre os conceitos físico-químicos em relação a temática de funcionalidade.

Gráfico 5 – Questão 05 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

Em uma célula solar, o que acontece quando a luz solar incide sobre o silício?
29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

Esses resultados indicam que a relação entre os conceitos físico-químicos e o mecanismo de funcionamento foi amplamente compreendida pelas turmas, validando o uso do protótipo de uma célula solar como ferramenta eficaz para conectar o conteúdo científico. A quase unanimidade das respostas positivas evidencia que a proposta didática contribuiu para expandir a percepção dos alunos sobre a aplicabilidade da Química no enfrentamento de desafios reais, como a geração de eletricidade consciente e a busca por alternativas sustentáveis nos processos de produção energética do cotidiano.

- Questão 06 – “A luz solar que chega até a célula é composta principalmente por:”

As respostas a essa questão indicaram que 22 (75,9%) estudantes afirmaram item (b) Fótons. Esse dado reforça a percepção positiva dos alunos quanto à efetividade da proposta pedagógica na clareza conceitual e na compreensão dos tipos de interações envolvida em uma célula solar

Essas observações sugerem que, embora a compreensão geral tenha sido satisfatória,

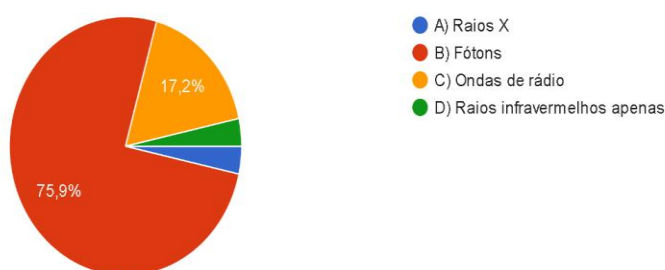
ainda há pequenas lacunas individuais relacionadas à identificação dos elementos participantes que é comumente percebida como mais abstrata pelos alunos.

De modo geral, os dados obtidos reforçam que a grande maioria dos estudantes se sentiu segura em relação ao conteúdo, e que as dificuldades residuais foram pontuais ou extrapolaram o escopo da proposta desenvolvida. Nesse sentido, o foco na contextualização com a sustentabilidade, embora eficaz para aproximar o conteúdo da realidade dos alunos, pode ter deixado em segundo plano abordagens mais sistemáticas ou formais, especialmente para aqueles com maior afinidade por esquemas ou modelos estruturados. Essas limitações não invalidam a proposta, mas apontam caminhos para futuras intervenções que integrem diferentes abordagens didáticas de forma articulada e progressiva.

Gráfico 6 – Questão 06 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

A luz solar que chega até a célula é composta principalmente por:

29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

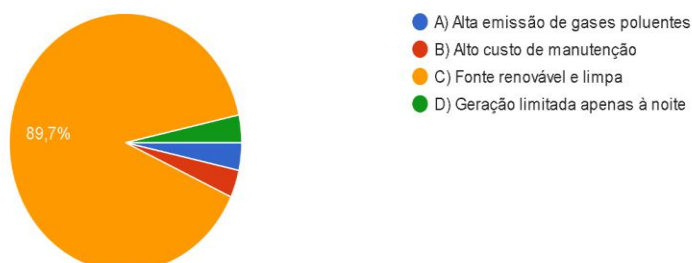
- Questão 07 – “Qual das opções abaixo é uma vantagem do uso de energia solar?”

Dos 29 alunos que responderam à questão, 26 (89,7%) assinalaram a alternativa (c) Fonte renovável e limpa. A distribuição das respostas pode ser visualizada no Gráfico 7, que apresenta a percepção dos alunos quanto ao impacto da metodologia com sustentabilidade.

Gráfico 7 – Questão 07 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

Qual das opções abaixo é uma vantagem do uso de energia solar?

29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

Os resultados demonstram que a metodologia contemplou de forma significativa os conceitos de ambiente e sociedade

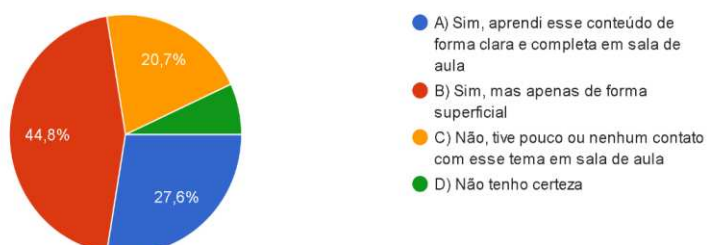
- Questão 08 – “Você acredita que já possuía conhecimento prévio sobre o funcionamento e a composição das placas solares, adquirido em sala de aula?”

Nesta questão, as respostas foram variadas, com os estudantes apresentando respostas bem dispersas, o que indica a ineficácia metodologia tradicional e falta de experimentação demonstra uma lacuna aprendizagem significativa dos alunos. Isso está representada no Gráfico 8.

Gráfico 08 – Questão 08 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

Você acredita que já possuía conhecimento prévio sobre o funcionamento e a composição das placas solares, adquirido em sala de aula?

29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

Esse resultado evidencia que a proposta didática aplicada foi eficaz não apenas para

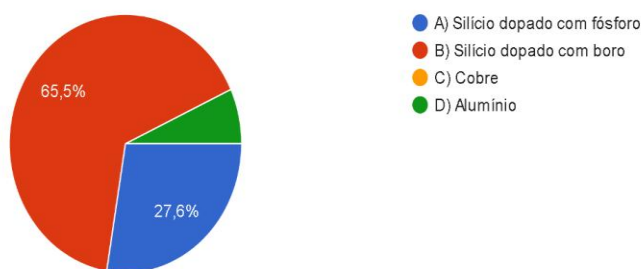
a compreensão conceitual, mas também para ressignificar sua relevância na visão dos alunos.

- Questão 09 – “Qual material é geralmente usado para formar a camada tipo "p" em uma célula de silício?”

Dos 29 alunos que responderam à questão, 19 (65,5%) assinalaram a alternativa (b) Silício dopado com boro. A distribuição das respostas encontra-se representada no Gráfico 9, que evidencia a receptividade da metodologia e seu potencial de replicação.

Gráfico 9 – Questão 09 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

Qual material é geralmente usado para formar a camada tipo "p" em uma célula de silício?
29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

A variação nos resultados pode ter ocorrido devido à falta de clareza quanto à camada tipo "p", que alguns alunos associaram equivocadamente ao elemento fósforo por conta da letra "P" usada como símbolo. No entanto, esse equívoco não invalida a proposta pedagógica, pois os fundamentos técnicos e conceituais foram apresentados de forma coerente ao longo da pesquisa. É importante destacar que o objetivo era introduzir conceitos básicos de dopagem e semicondutores, o que foi devidamente contemplado.

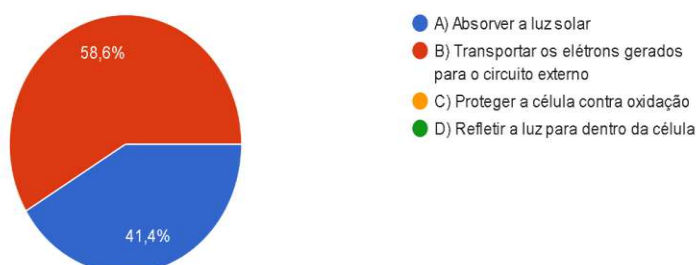
- Questão 10 – “Qual é o papel dos contatos metálicos na superfície da célula solar?”

Dos 29 alunos que responderam à questão, 17 (58,6%) assinalaram a alternativa (b) Transportar os elétrons gerados para o circuito elétrico. A distribuição das respostas encontra-se representada no Gráfico 10, que evidencia a receptividade da metodologia e seu potencial de replicação

Gráfico 10 – Questão 10 da Avaliação Reflexiva e Auto Avaliativa

Qual é o papel dos contatos metálicos na superfície da célula solar?

29 respostas



Fonte: elaborado pelo autor

A variação nos resultados pode ter ocorrido devido à falta de clareza quanto à camada de contato metálicos. No entanto, esse equívoco não invalida a proposta pedagógica, pois os fundamentos técnicos e conceituais foram apresentados de forma coerente ao longo da pesquisa. É importante destacar que o objetivo era introduzir conceitos básicos de dopagem e semicondutores, o que foi devidamente contemplado

- Questão 11 – “Deixe um comentário sobre sua experiência com essa aula:”

As respostas a questão do questionário avaliativo revelaram uma avaliação amplamente positiva da metodologia aplicada. Os alunos demonstraram satisfação com a proposta didática e destacaram, sobretudo, a clareza dos conteúdos, a relação com o cotidiano e a facilidade de compreensão.

Entre os comentários mais representativos, destacam-se:

- “Ótima aula, principalmente por ser prática.”;
- “Achei muito interessante e repleto de boas informações que enriquecem os estudos tanto de química quanto de outras matérias.”;
- “Foi uma ótima aula e as analogias ajudaram bastante no entendimento.”;
- “Foi uma ótima aula, pois além de compreender ainda mais, aprendi a relacionar com analogias sustentáveis em que são aplicadas em nosso cotidiano.”;
- “Foi uma boa experiência, pois deu uma revisada no conteúdo e eu compreendi melhor com o uso de analogias.”.

Além do reconhecimento da eficácia do protótipo de uma célula solar como recurso

de mediação do conhecimento, vários estudantes mencionaram a importância de utilizar exemplos práticos e visualmente acessíveis, reforçando a aproximação entre a teoria química e a realidade cotidiana como diferencial da proposta.

É importante destacar que nenhum dos 29 alunos apresentou comentários negativos ou expressou resistência à metodologia utilizada, o que evidencia a aceitação unânime da proposta. Essa receptividade, aliada à motivação observada durante a aula e aos resultados quantitativos obtidos, reforça o potencial dessa ferramenta como estratégia didática inovadora, eficaz e replicável em outros contextos educativos.

De forma geral, os comentários finais evidenciam que a ação pedagógica não apenas contribuiu para a melhora na compreensão dos conteúdos físico-químicos, como também despertou nos estudantes um novo olhar sobre a importância do ensino contextualizado e interdisciplinar, promovendo aprendizagem significativa e engajamento.

Os dados coletados por meio do questionário avaliativo indicaram que a metodologia adotada, fundamentada na experimentação com um protótipo de célula solar como recurso sustentável, contribuiu significativamente para a compreensão, retenção e contextualização dos conceitos sobre energia solar. Os alunos demonstraram maior motivação, engajamento e confiança em relação ao conteúdo abordado, evidenciando a eficácia da estratégia em promover o aprendizado. Além disso, os estudantes reconheceram o valor da interdisciplinaridade entre os conhecimentos de química e os conceitos de sustentabilidade. Esses resultados corroboram a efetividade da estratégia didática aplicada, destacando seu potencial de replicabilidade em diferentes contextos educacionais.

5.2 Análise da Metodologia Aplicada

A proposta de utilizar um protótipo de célula solar como ferramenta didática para revisar os conceitos relacionados à energia solar demonstrou-se eficaz não apenas do ponto de vista conceitual, mas também em termos de engajamento, motivação e participação dos alunos. A aplicação dessa estratégia favoreceu uma compreensão mais profunda dos conteúdos e estimulou um maior envolvimento dos estudantes no processo de aprendizagem.

Durante a aplicação da metodologia, foi possível observar maior envolvimento dos estudantes com a aula, especialmente nas etapas em que eram convidados a refletir sobre os exemplos apresentados ou criar seus próprios protótipos. A combinação entre conteúdo teórico e prática com situações contextualizadas de relevância social, como a sustentabilidade, contribuiu

para ampliar o interesse dos alunos, que passaram a perceber a Química como algo mais próximo de sua realidade.

Os dados obtidos no questionário avaliativo corroboraram essa percepção. A maioria dos alunos indicou que a abordagem facilitou a compreensão dos conceitos e tornou as aulas mais interessantes e acessíveis. Depoimentos como "entendi melhor com os exemplos do dia a dia" e "a comparação ajudou a fixar o conteúdo" destacam o valor pedagógico dessa estratégia.

Além disso, o processo de construção do protótipo pelos próprios alunos evidenciou que a metodologia estimulou a criatividade, o raciocínio lógico e a habilidade de compreender conceitos abstratos. Esse enfoque permitiu que cada grupo expressasse sua compreensão do conteúdo de maneira autêntica e significativa, promovendo uma aprendizagem mais ativa e personalizada.

Outro aspecto positivo foi a possibilidade de integrar conteúdo da educação científica com temas transversais, como meio ambiente, consumo consciente e inovação tecnológica, alinhando-se com os princípios da interdisciplinaridade e da aprendizagem significativa.

A experiência demonstrou que o uso de um protótipo de célula solar, especialmente quando adequadamente contextualizado, não deve ser encarado como um recurso secundário, mas sim como uma ferramenta estratégica no ensino de Química. Essa abordagem tem o potencial de transformar conceitos abstratos em experiências de aprendizado concretas, estreitamente relacionadas ao cotidiano dos alunos e aos desafios do mundo contemporâneo.

6 CONCLUSÃO

Com este trabalho, tornou-se possível implementar uma proposta de ensino, com experimento para trabalhar com conceitos abstratos de forma experimental, como parte de uma metodologia que melhora o ensino e a aprendizagem. Mostrando ser possível a viabilidade de abordagem, ressaltando a necessidade de melhorar as aulas, promovendo aulas mais dinâmicas, e instigantes para que o aluno tenha o papel central em seu conhecimento.

É fundamental destacar o papel do professor na abordagem didática, pois ele é responsável por criar um ambiente de interação entre os alunos, permitindo que eles construam explicações para as situações investigativas com base no conhecimento científico. Isso implica na necessidade de adotar estratégias de ensino que considerem os conhecimentos prévios dos estudantes, promovendo um aprendizado mais significativo e conectado com sua realidade.

Durante a realização desse projeto, foi possível observar que a utilização de uma metodologia de ensino aprendizagem que associa teoria e prática, estimulou os alunos a se atentar para o tema de estudo, tendo como eixo temático energia solar, ocasionando e desenvolvendo a aprendizagem desejada. Com as observações realizadas, percebeu-se que os discentes, passaram a compreender mais sobre a temática e permitiu que se tornassem pesquisadores sobre o assunto, possibilitando-lhes melhor desenvolvimento na aprendizagem.

Em suma, esse projeto teve resultados significativos, inovador para a Escola Estadual de Ensino Médio Governador Adauto Bezerra, principalmente porque os alunos tiveram uma evidente participação, buscando aprender sobre energia solar mostrando o poder de aplicação do conhecimento científico de forma diligente, estabelecendo pontes de conhecimento entre o professor e aluno, aprimorando o conhecimento prévio dos estudantes, e gerando debates em torno de uma situação problema.

Além dos ganhos conceituais, a proposta contribuiu para desenvolver competências alinhadas à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), como o pensamento científico, crítico e criativo, a argumentação, a responsabilidade e a cidadania. Ao abordar a Química em interface com a sustentabilidade, o trabalho promoveu uma formação mais integral e crítica, estimulando os alunos a compreenderem o papel da ciência na construção de soluções para problemas ambientais e sociais.

REFERÊNCIAS

- ABNTBACICH, L.; MORAN, J. *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2011.
- BARTHEM, Ricardo Borges. *A luz*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.
- BECQUEREL, Edmond. *La lumière: ses causes et ses effets*. Paris: Didot, 1867.
- BRASIL. *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Institui a Política Nacional de Educação Ambiental. Brasília: MEC, 1999.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular (BNCC)*. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 27 jun. 2025.
- CARDOSO, J. M.; JOÃO, J. J. Contextualização e experimentação: uma abordagem interdisciplinar de química e física utilizando experimentos de simulação de um motor a vapor. *Revista Virtual de Química*, v. 11, n. 1, p. 339-352, 2019.
- COSTA, Luciano Gonsalves; BARROS, Marcelo Alves. O ensino da física no Brasil: problemas e desafios, 2015. Disponível em: <https://....> Acesso em: 22 jun. 2025.
- DELIZOICOV, D.; FREIRE, I. P. A. *Contextualização no ensino de ciências: o que é isso?* São Paulo: Cortez, 2005.
- FERREIRA, Luiz Henrique; HARTWIG, Dácio Rodney; OLIVEIRA, R. C. de. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. *Química Nova na Escola*, v. 32, n. 2, p. 101-106, 2010.
- FIA. *Sustentabilidade*. São Paulo: FIA, 2023. Disponível em: <https://fia.com.br/blog/sustentabilidade/>. Acesso em: 25 jun. 2025.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- GALIAZZI, M. C.; ROCHA, J. B.; SCHMITZ, L. C.; SOUZA, M. L.; GIESTA, S.; GONÇALVES, F. P. Objetivos das atividades experimentais no Ensino Médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de Ciências. *Ciência e Educação*, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.
- GOI, Mara Elisângela Jappe; ELLEN SOHN, Ricardo Machado; HUNSCHE, Sandra. Formação de professores: aprofundamento teórico-metodológico de experimentos investigativos. *Pesquisa e Debate em Educação*, v. 8, n. 2, p. 381-398, 2018.
- GUIMARÃES, A. P. C. et al. *Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos*. Edição especial. Rio de Janeiro: CRESEB, 1999.

LIMA, Ariane A. et al. Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, 2019, e20190191.

LUCKESI, C. C. *Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições*. 20. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

MACHADO, C. T.; MIRANDA, F. S. Energia solar fotovoltaica: uma breve revisão. *Revista Virtual de Química*, v. 7, n. 1, p. 126, 2015.

MOREIRA, M. A. *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula*. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

PAULING, L. C. The dynamic model of the chemical bond and its application to the structure of benzene. *Journal of the American Chemical Society*, v. 48, p. 1132-1143, 1926b.

PEREIRA, Mateus Patrício Barbosa; CAVALCANTE, Everton; SILVA JÚNIOR, Valdeci Mestre da. Uso de mini placas solares para alimentar uma calculadora: exemplo de experimento didático de baixo custo. *Revista Física no Campus*, v. 1, n. 1, p. 12-18, 2021.

REZENDE, Sergio Machado. *Materiais e dispositivos eletrônicos*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004.

VYGOTSKY, L. S. *Mind in society: the development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press, 1978.

ZABALA, A. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – PLANO DE AULA 01

Aula – 01 Duração: 50 minutos	Unidade: Fundamentos de Energia Solar	Data: 17/06/2025
Objetivo da Aula: Revisar os conceitos fundamentais sobre composição e funcionamento de uma célula solar de maneira contextualizada Meta de Aprendizado: Compreender os princípios básicos de um funcionamento de uma célula solar, identificando seus componentes e entendendo como a conversão de energia solar em energia elétrica ocorre, aplicando esses conhecimentos em situações práticas e contextualizada		Habilidade: (EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
Conteúdo: <ol style="list-style-type: none"> 1. Apresentação da aula (05 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Mostrar um entendimento detalhado do conceito de energia solar, definição e aproveitamento. 2. Introdução à eletricidade (15 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Definição e importância da eletricidade para a geração de energia. ○ Aplicação da eletricidade no cotidiano e sua relevância. ○ Explicação da aferição de corrente elétrica usando multímetro. 3. Funcionamento de uma Célula Solar (10 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Explicação do efeito fotovoltaico (conversão de luz em eletricidade). ○ Explicação do efeito fotoelétrico. 4. Composição de uma Célula Solar (15 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Principal elemento de sua composição. ○ Componentes de uma célula solar. ○ Demonstrações de modelos de painéis e utilização em meio industriais, residenciais, et al. 5. Recapitulação e Fechamento (05 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Vantagens (fonte renovável, alto potencial de produção de energia, et al) ○ Desvantagens (custo inicial, eficiência, depende do clima, et al). ○ Onde o Brasil pode se destacar na energia solar? Qual o futuro dessa tecnologia? 		Recursos Didáticos Projetor multimídia, slides, notebook, quadro branco, pincel, apagador Avaliação Diagnóstica e processual -Participação e engajamento nas discussões Bibliografia FELTRE, Ricardo. <i>Volume 2: Físico-Química</i> . 6. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004. MÓL, Gerson de Souza; SILVA, Wesley Pereira da; MÓL, Alan Ribeiro. <i>360° Química: ensino médio – volume único</i> . 1. ed. São Paulo: FTD, 2024. ISBN 978-85-96-04650-3.

APÊNDICE B – PLANO DE AULA 02

Aula – 02 Duração: 50 minutos	Unidade: Fundamentos de Energia Solar	Data: 24/06/2025
Objetivo da Aula: Utilizar um protótipo de célula solar como recurso experimental para reforçar os conceitos físico-químicos relacionados à energia solar, analisando sua conversão em energia elétrica e avaliando a eficácia dessa abordagem na promoção da aprendizagem ativa. Meta de Aprendizado: Relacionar conceitos físico-químicos envolvidos na captação e transformação da energia solar, compreendendo os processos de conversão de energia luminosa em térmica e elétrica, e avaliar os impactos ambientais e tecnológicos dessas aplicações por meio de experimentação ativa, promovendo o desenvolvimento do pensamento crítico e científico.		Habilidade: (EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
Conteúdo: <ol style="list-style-type: none"> 1. Revisão dos conceitos (05 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Relembrar os principais aspectos de funcionamento e composição. 2. Descrição da montagem (15 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Explicação de cada componente utilizados. ○ Demonstração da montagem do protótipo de montagem. ○ Explicação da aferição de corrente elétrica usando multímetro. 3. Atividade em grupo (20 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Formação de grupos para criação do protótipo. ○ Aferição do fenômeno com auxílio de um multímetro. 4. Reflexão e Avaliação (10 min): <ul style="list-style-type: none"> ○ Discussão sobre a experiência de aprendizado ○ Aplicação do questionário para avaliar o impacto dessa proposta 		Recursos Didáticos Projetor multimídia, slides, notebook, quadro branco, pincel, apagador Avaliação Formativa e Reflexiva -Participação e engajamento nas discussões -Questionário Bibliografia FELTRE, Ricardo. <i>Volume 2: Físico-Química</i> . 6. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2004. MÓL, Gerson de Souza; SILVA, Wesley Pereira da; MÓL, Alan Ribeiro. <i>360° Química: ensino médio – volume único</i> . 1. ed. São Paulo: FTD, 2024. ISBN 978-85-96-04650-3.

APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO REFLEXIVO E AUTO AVALIATIVO

Aula Sobre Funcionamento e Composição de uma Célula Solar

Avaliação

1. Selecione sua turma:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ 2° Ano A
☐ 2° Ano B
☐ 2° Ano C
☐ 2° Ano D
☐ 2° Ano E
☐ 2° Ano F
☐ 2° Ano G

2. O que é o efeito fotovoltaico?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) A conversão de energia térmica em energia elétrica
☐ B) A conversão da luz solar em energia elétrica
☐ C) A absorção de calor para aquecimento de água
☐ D) A transmissão de energia elétrica sem fios

3. Qual é o principal material usado na fabricação das células fotovoltaicas?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Alumínio
☐ B) Cobre
☐ C) Silício
☐ D) Zinco

4. A camada antirreflexo aplicada sobre a célula solar tem a função de:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Impedir a entrada de poeira
- ☐ B) Diminuir a reflexão da luz para aumentar a absorção
- ☐ C) Isolar eletricamente a célula
- ☐ D) Aumentar a temperatura da célula

5. Qual é o principal objetivo do processo de dopagem em células solares?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Aumentar a transparência do material
- ☐ B) Modificar as propriedades elétricas do silício
- ☐ C) Melhorar a resistência mecânica
- ☐ D) Diminuir o peso da célula

6. Em uma célula solar, o que acontece quando a luz solar incide sobre o silício?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) A luz aquece a célula, gerando vapor
- ☐ B) Os fótons da luz liberam elétrons, gerando corrente elétrica
- ☐ C) O silício se transforma em outro material
- ☐ D) A luz é refletida sem gerar energia

7. A luz solar que chega até a célula é composta principalmente por:

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Raios X
- ☐ B) Fótons
- ☐ C) Ondas de rádio
- ☐ D) Raios infravermelhos apenas

8. Qual das opções abaixo é uma vantagem do uso de energia solar?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Alta emissão de gases poluentes
- ☐ B) Alto custo de manutenção
- ☐ C) Fonte renovável e limpa
- ☐ D) Geração limitada apenas à noite

9. Você acredita que já possuía conhecimento prévio sobre o funcionamento e a composição das placas solares, adquirido em sala de aula?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Sim, aprendi esse conteúdo de forma clara e completa em sala de aula
- ☐ B) Sim, mas apenas de forma superficial
- ☐ C) Não, tive pouco ou nenhum contato com esse tema em sala de aula
- ☐ D) Não tenho certeza

10. Qual material é geralmente usado para formar a camada tipo "p" em uma célula de silício?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Silício dopado com fósforo
- ☐ B) Silício dopado com boro
- ☐ C) Cobre
- ☐ D) Alumínio

11. Qual é o papel dos contatos metálicos na superfície da célula solar?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ A) Absorver a luz solar
- ☐ B) Transportar os elétrons gerados para o circuito externo
- ☐ C) Proteger a célula contra oxidação
- ☐ D) Refletir a luz para dentro da célula

12. Deixe um comentário sobre sua experiência com essa aula

13. Quais são suas considerações sobre o uso da experimentação para o seu aprendizado.

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários