



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

OBERLAN ARAUJO DE FREITAS

A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E O ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO: UM GUIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA
APLICADO AO EFEITO FOTOVOLTAICO

CAMPINA GRANDE - PB

2024

OBERLAN ARAUJO DE FREITAS

**A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E O ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO: UM GUIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA
APLICADO AO EFEITO FOTOVOLTAICO**

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba e da Sociedade Brasileira de Física, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador(a): Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

CAMPINA GRANDE - PB

2024

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

F866r Freitas, Oberlan Araujo de.

A resolução de problemas e o ensino por investigação [manuscrito] : um guia para o ensino da óptica aplicado ao efeito fotovoltaico / Oberlan Araujo de Freitas. - 2024.

130 p. : il. colorido.

Digitado. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2024. "Orientação : Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde, Departamento de Física - CCT. "

1. Resolução de problemas. 2. Ensino de física. 3. Óptica.
4. Efeito fotovoltaico. I. Título

21. ed. CDD 530

OBERLAN ARAUJO DE FREITAS

A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E O ENSINO POR
INVESTIGAÇÃO: UM GUIA PARA O ENSINO DA ÓPTICA
APLICADO AO EFEITO FOTOVOLTAICO

Dissertação apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba e da Sociedade Brasileira de Física, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovado em: 05 / 07 / 2024.

BANCA EXAMINADORA



Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde (Orientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dr. José Antonio Ferreira Pinto
Secretaria de Estado da Educação da Paraíba (SEE-PB)

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha mais profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram para o sucesso deste projeto. Primeiramente, gostaria de agradecer à minha esposa pelo apoio incondicional e incentivo constantes ao longo do curso. Sem sua compreensão e encorajamento, essa jornada teria sido muito mais desafiadora.

Agradeço também a todos os meus colegas de curso pelo apoio mútuo e pelo enriquecimento pessoal que obtive durante as aulas das disciplinas. As discussões e trocas de experiências foram fundamentais para ampliar meu conhecimento e perspectiva.

Não posso deixar de mencionar minha imensa gratidão à Prof. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde, cujas orientações, compromisso, dedicação e paciência foram imprescindíveis para o êxito deste projeto. Suas orientações e apoio foram verdadeiramente inestimáveis ao longo do processo de orientação.

Um agradecimento especial ao amigo Kleilton Kleber, cujas ideias e sugestões contribuíram significativamente para a melhoria da aplicação do produto educacional desenvolvido neste trabalho. Sua colaboração foi essencial para alcançarmos resultados mais eficazes.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo construir e aplicar um produto educacional que se apoiou na utilização de problemas com um caráter investigativo, tendo como base para sua formulação o funcionamento dos painéis solares. Essa abordagem foi aplicada em uma turma do segundo ano do ensino regular da educação básica em uma escola pública do estado da Paraíba, onde este pesquisador exerce o cargo de professor de Física. Para concretizar esse objetivo, foi elaborado um Guia de Aplicação da proposta, que inclui problemas com diferentes níveis de dificuldade relacionados à óptica, bem como uma introdução ao funcionamento dos painéis solares sob a perspectiva dos fenômenos físicos. Além de abordar esses aspectos, foi descrito o processo de aplicação do produto, incluindo um relato sobre as impressões dos estudantes em relação a proposta e as percepções do professor sobre as dificuldades e mudanças ocorridas no comportamento dos estudantes. Essa descrição permitiu relatar se um método de ensino baseado na resolução de problemas pode ser uma ferramenta eficaz para diversificar o ensino básico e dinamizar o processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-chave: resolução de problemas; ensino de física; óptica; efeito fotovoltaico.

ABSTRACT

This work aimed to build and apply an educational product that was based on the use of problems with an investigative nature, based on the functioning of solar panels for its formulation. This approach was applied to a second-year class of regular basic education in a public school in the state of Paraíba, where this researcher works as a Physics teacher. To achieve this objective, an Application Guide for the proposal was created, which includes problems with different levels of difficulty related to optics, as well as an introduction to the operation of solar panels from the perspective of physical phenomena. In addition to addressing these aspects, the process of applying the product was described, including a report on the students' impressions regarding the proposal and the teacher's perceptions of the difficulties and changes that occurred in the students' behavior. This description made it possible to report whether a teaching method based on problem solving can be an effective tool for diversifying basic education and streamlining the teaching and learning process.

Keywords: problem-solving; physics teaching; optics; photovoltaic effect.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Modelo 3C3R.	31
Figura 2 – Espectro eletromagnético	35
Figura 3 – Função distribuição espectral $R(\lambda)$ para várias temperaturas.	37
Figura 4 – Radiação incidente do Sol/Terra	38
Figura 5 – Variabilidade do fotoperíodo ao longo do ano para diferentes latitudes.	40
Figura 6 – Mudança da inclinação da Terra.	41
Figura 7 – Círculos diurnos do Sol	42
Figura 8 – Balanço energético da Terra	43
Figura 9 – Visão transversal de um painel solar	45
Figura 10 – Esquema do funcionamento de uma célula solar	49
Figura 11 – Aquecedor solar de água.	57
Figura 12 – Painel solar.	58
Figura 13 – Parque de energia solar na cidade de Coremas - PB.	58
Figura 14 – Modelos da caixa.	59
Figura 15 – Esboços dos funcionamento da caixa.	61
Figura 16 – Teste de experimento.	62
Figura 17 – Extrato da produção dos estudantes.	64
Figura 18 – Extrato da produção dos estudantes.	65
Figura 19 – Extrato da produção dos estudantes.	65
Figura 20 – Brinquedos didáticos.	67
Figura 21 – Momento de teste de hipóteses dos estudantes.	67
Figura 22 – Extrato da produção dos estudantes.	68
Figura 23 – Extrato da produção dos estudantes.	70
Figura 24 – Objetos fluorescente.	73
Figura 25 – Extrato da produção dos estudantes.	76
Figura 26 – Extrato da produção dos estudantes.	76
Figura 27 – Extrato da produção dos estudantes.	76
Figura 28 – Extrato da produção dos estudantes.	77
Figura 29 – Lâmpada de acampamento.	79

Figura 30 – Extrato da produção dos estudantes.	80
Figura 31 – Extrato da produção dos estudantes.	80
Figura 32 – Extrato da produção dos estudantes.	81

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO	13
2.1	A resolução de problemas numa abordagem investigativa como ferramenta para o ensino de Física	15
2.2	A resolução de problemas como ferramenta didática	15
2.3	Mas afinal de contas, o que é exercício e o que é problema?	19
2.4	A resolução de problemas de carácter investigativo	21
2.4.1	<i>O papel do professor no ensino investigativo</i>	24
2.4.2	<i>O Processo de Resolução de Problemas de Física numa aborda- gem investigativa</i>	26
2.4.3	<i>Pontos a serem examinados ao construir um problema</i>	30
3	REFERENCIAL TEÓRICO EM Física	33
3.1	O ensino de Física e as energias renováveis	33
3.2	A natureza da luz	34
3.2.1	<i>Espectro eletromagnético</i>	34
3.2.2	<i>Corpo negro</i>	36
3.3	Radiação solar e o movimento da Terra	39
3.4	Conversão fotovoltaica em energia	43
3.4.1	<i>Luz, fótons e a interação deles com a matéria</i>	45
3.4.2	<i>Funcionamento dos painéis solares</i>	48
4	METODOLOGIA	50
4.1	Proposta de trabalho	51
4.2	Caracterização da escola na qual foi efetivada a proposta de in- tervenção.	51
4.3	Caracterização do público-alvo	51
4.4	Elaboração da proposta	52
4.5	Sequência didática da proposta	54
4.6	Avaliação da proposta	56

5	CONSTATAÇÕES, RESULTADOS E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	57
5.1	Primeiro momento	57
5.1.1	<i>Atividade 1</i>	59
5.1.2	<i>Atividade 2</i>	62
5.1.3	<i>Atividade 3</i>	66
5.2	Segundo momento	71
5.2.1	<i>Atividade 4</i>	72
5.2.2	<i>Atividade 5</i>	77
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
	REFERÊNCIAS	86
	APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	90
	APÊNDICE B – O QUE SÃO MODELOS?	120
	APÊNDICE C – ESTRUTURA DO ÁTOMO E OS NÍVEIS DE ENERGIA	123
	ANEXO A – MODELO DA CAIXA	126
	ANEXO B – ESPECTRO DAS ESTRELAS	127

1 INTRODUÇÃO

O modelo de ensino tradicional, amplamente adotado pelos professores, ainda se baseia na transmissão de conteúdos por meio de exposições orais prolongadas e na utilização de listas de exercícios, especialmente nas áreas das ciências da natureza e suas tecnologias. Nesse formato, os estudantes são expostos, ao longo de todo o ensino médio, a uma grande quantidade de informações na expectativa de que possam aprender algo útil para aplicar em suas vidas cotidianas. No entanto, essa abordagem enfrenta desafios, pois a simples transmissão de conteúdo não garante a aprendizagem. Pelo contrário, algumas vezes ocorre o oposto, conduzindo os estudantes a se desmotivarem com disciplinas como Física e com o conteúdo, não percebendo relevância no que aprendem na escola.

Portanto, conforme destacado por Clement (2013), tais motivos exigem alterações não apenas na estrutura educacional, mas também na organização escolar e na formação docente. Essas mudanças devem visar a criação de um ambiente escolar que atenda às demandas da sociedade e dos próprios estudantes, de modo que:

As escolas do amanhã precisam ajudar os estudantes a pensar por si mesmos e trabalhar com os outros. Eles precisam entender os limites da ação individual e coletiva e se tornar melhores em ver e compreender nossas próprias perspectivas e o mundo ao nosso redor. (Stéphan *et al.*, 2019, p. 3).

Os desafios educacionais da atualidade vão muito além da mera transmissão de conhecimentos. Ensinar a estudantes cada vez mais conectados exige uma modificação de postura do professor perante seus estudantes e uma autocrítica com relação aos métodos empregados no seu trabalho docente. Isso se faz necessário devido a perda do status do professor e da escola como única fonte de conhecimento. Hoje os estudantes têm a condição de acessar um enorme fluxo de informação nunca antes vista pelas gerações anteriores. Esse fluxo constante de informação conduz a uma condição onde vemos que “[...] as coisas que são fáceis de ensinar e testar também se tornaram fáceis de digitalizar e automatizar” (Stéphan *et al.*, 2019, p. 3).

Nessa era digital os desafios atuais da educação estão em fazer com que esses estudantes aprendam com as informações a que eles têm acesso em mãos, estimular a criatividade e o pensamento crítico, bem como, incentivar eles a enxergar o mundo de diferentes perspectivas. Portanto, ensinar a aprender e a aplicar o que aprendeu é o verdadeiro desafio dos professores; o processo de transmitir conteúdo é algo relativamente

simples. Por outro lado, estimular que os estudantes consigam utilizar o que foi aprendido na escola em suas ações e práticas diárias deve ser a meta de todo professor, ou seja, promover um verdadeiro letramento científico. Fazer com que os estudantes estabeleçam conexões entre o que é ensinado na escola e os acontecimentos da sua vida diária tem o papel de dar sentido ao que foi aprendido. Sem essa conexão, as informações perdem o significado, dando a sensação que na escola se aprende coisas que não possuem uma utilização prática, podendo ser esquecidas.

Uma das estratégias para atender a essa demanda educacional é a resolução de problemas investigativos, essa abordagem possibilita uma aprendizagem mais alinhada com as necessidades contemporâneas e com potencial multidisciplinar (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019). Ao adotar metodologias nas quais os estudantes tenham uma atitude ou participação mais ativa, os estudantes são incentivados a participar efetivamente das discussões do conteúdo, permitindo a troca de ideias e a formulação de hipóteses explicativas que estimulam engajamento com o processo educacional (Medeiros; Goi, 2020). O envolvimento ativo dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem pode capacitar o desenvolvimento de habilidades que promovem o pensamento crítico e científico em relação aos fenômenos naturais. Essa abordagem oferece uma perspectiva expandida das demandas educacionais, ultrapassando os limites das salas de aula e preparando os estudantes para tomadas de decisão em diversos aspectos da vida (Echeverría; Pozo, 1998). Dessa forma, é possível:

Fortalecer os processos cognitivos dos estudantes [permitindo] que estes aprendam a lidar tanto com problemas futuros [quanto] atuais. Dessa maneira, simplesmente adquirir informação, fatos ou teorias deixa os estudantes em posição frágil para lidar com problemas futuros. (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019, p. 32).

No ensino centrado na apresentação de exercícios desconectados da realidade dos estudantes, muitas vezes prevalece a transmissão do processo de resolução, sem uma reflexão adequada sobre a teoria subjacente. Ao abordar problemas que têm relevância para o cotidiano dos estudantes, surge a oportunidade de instigá-los a descobrir soluções, promovendo assim uma visão ampla do problema. Nesse contexto, os estudantes têm a chance de desenvolver estratégias para a resolução dos problemas, em vez de dependerem apenas de equações e fórmulas matemáticas prontas e descontextualizadas de sua realidade. Ao lidar com problemas do dia a dia, os estudantes aprendem a aplicar seu raciocínio em situações práticas, facilitando o processo de tomada de decisão. O objetivo principal dessa forma de trabalho é capacitar os estudantes a tomar decisões de forma autônoma,

baseando-se na análise e compreensão individual do problema, sem depender de soluções pré-determinadas ou de terceiros.

Quando consideramos as áreas das ciências da natureza e suas tecnologias, especialmente a Física, ainda há uma ênfase na resolução de exercícios descontextualizados. Muitos professores veem essa prática como a aplicação direta dos conteúdos ensinados. No entanto, o que muitas vezes passa despercebido é que a resolução mecânica de listas de exercícios pode acarretar o que segundo Clement (1981) (apud Peduzzi (1997)) chama de “conhecimento centrado em fórmulas”. Isso ocorre quando um estudante aplica corretamente uma equação para obter um resultado, mas sem compreender verdadeiramente a situação Física por trás do problema. Para um professor que está consciente de seu papel, é desanimador ouvir de um estudante: “eu sei resolver, mas não entendo por que é assim que se faz”. No entanto, essa fala dos estudantes pode servir como um alerta, podendo levar o professor a refletir sobre sua prática pedagógica e a investigar por que um estudante pode seguir os passos de resolução de um problema, mas ainda assim falhar em compreender o fenômeno físico.

Com base no exposto até o momento, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma proposta de ensino destinada a estudantes do segundo ano do ensino médio, no intuito de verificar se uma proposta de ensino utilizando a abordagem de resolução de problemas investigativos é adequada para ser trabalhada como ferramenta para o ensino da óptica, abordando a Física envolvida no funcionamento dos painéis solares fotovoltaicos. Essa proposta visa promover o ensino da óptica e dos fenômenos luminosos, com foco na discussão sobre a natureza da luz e dos espectros luminosos.

Busca-se oferecer uma alternativa viável para o ensino da óptica, uma vez que muitos professores dedicam grande parte do tempo ao estudo dos fenômenos da óptica geométricas, deixando de lado a compreensão mais profunda sobre o que é a luz, sua natureza e suas aplicações práticas. Para alcançar esse objetivo, foi empregado a resolução de problemas com uma abordagem investigativa.

Portanto, pretende-se avaliar se uma proposta de ensino baseada nessa abordagem é adequada para ser implementada no ensino de Física do ensino médio. Além disso, busca-se compreender como essa proposta é recebida pelos estudantes, bem como identificar se essa abordagem facilita ou dificulta o processo de ensino e aprendizagem da Física.

2 REFERENCIAL TEÓRICO EM ENSINO

O ensino tradicional¹ tende a perder cada vez mais espaço no momento em que os estudantes não enxergam mais os professores como única fonte de conhecimento que eles podem confiar. Existe a necessidade de que os professores tenham consciência de que a escola não é o único local para se aprender, que esse processo pode ser feito em qualquer parte a partir de vários recursos, abordagens e metodologias. A escola deve ser encarada como um ambiente que leve em consideração as experiências e o significado cognitivo do conhecimento adquirido fora da sala de aula, sendo uma forma de união entre o conhecimento prévio e a formalização de tais conhecimentos, dando-lhes significado, cabendo ao professor o papel de dar orientações para que os estudantes alcancem os objetivos educacionais planejados (Libâneo, 2007). Sendo assim, a escola deve ser um ambiente propício tanto para o aprendizado como para a discussão de ideias, discutindo-as e colocando-as em perspectiva, no intuito de separar o que é de fato conhecimento formal (científico) do que é empírico ou falacioso.

No entanto, com esses argumentos não se está condenando de todo o modelo de ensino tradicional, ele teve e tem seu papel preservado na educação, e em muitos casos ele é ainda necessário. O que se quer questionar é o modo como muitos professores trabalham, se utilizando exclusivamente desta forma de ensino, fazendo com que as disciplinas da área de ciências da natureza e suas tecnologias, em especial a Física, se resumam a um amontoado de fórmulas a serem decoradas e cálculos sem conexão nenhuma com a realidade dos estudantes (Clement; Terrazzan; Nascimento, 2003). Contribuindo com um distanciamento entre os conceitos trabalhados em sala de aula e o cotidiano dos estudantes, para estes autores:

Tal distanciamento se deve, em parte, à abordagem dada quando se ensinam as leis, os conceitos e os fenômenos a partir de um enfoque essencialmente matemático e formalista, concomitante ao desprezo e/ou omissão dos aspectos históricos e sociais que influenciaram o desenvolvimento da ciência Física. Esta matematização excessiva e, por conseguinte, a falta de abordagens mais qualitativas e de uma maior contextualização, tanto histórica quanto cotidiana dos assuntos tratados, fazem com que o ensino de Física mantenha seu caráter propedêutico e sua pouca relevância para a vida dos estudantes, não conseguindo nem mesmo despertar a curiosidade deles. (Clement; Terrazzan; Nascimento, 2003, p. 1).

¹ “O método tradicional de ensino trazia em sua essência o autoritarismo total na figura do professor, cuja função se define como a de vigiar e aconselhar, corrigir e ensinar a matéria, estabelecendo uma relação vertical entre professor e estudantes, impossibilitando assim qualquer espaço que o estudantes pudesse se “impor”, explicitar o seu modo de entender o mundo.” (Bulgraen, 2010, p. 32).

Segundo esses mesmos autores, o ensino de Física ainda está fortemente caracterizado por uma abordagem que privilegia o uso excessivo de procedimentos matemáticos, deixando de lado os aspectos relacionados aos fenômenos físicos em si (Clement; Terrazzan; Nascimento, 2003). Essa abordagem, utilizada de forma quase exclusiva, não está mais respondendo aos anseios dos estudantes e muito menos da sociedade. É necessário buscar novas metas educacionais, principalmente para o ensino médio, pois este não desenvolve mais a capacidade dos estudantes de aprender; ao contrário, prepara-os para serem replicadores de ideias de outras pessoas, sem pensamento crítico e independência nas suas escolhas. Nesse sentido, Pozo e Crespo (2009), destacam:

Não basta pretendemos ensinar muitas coisas, todas muito relevantes... A eficácia da educação científica deverá ser medida pelo que conseguimos que os estudantes realmente aprendam. E para isso é necessário que as metas, os conteúdos e os métodos de ensino da ciência levem em consideração não apenas o saber disciplinar que deve ser ensinado, mas também as características dos estudantes a quem esse ensino vai [ser] dirigido e as demandas sociais e educacionais que esse ensino deve satisfazer. (Pozo; Crespo, 2009, p. 27).

As possíveis metas de uma educação que priorize a qualidade do que se ensina ao invés da quantidade de conteúdo, foi descrita pelos autores da seguinte forma:

- a) A aprendizagem de conceitos e a construção de modelos.
- b) O desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico.
- c) O desenvolvimento de habilidades experimentais e de resolução de problemas.
- d) O desenvolvimento de atitudes e valores.
- e) A construção de uma imagem da ciência.

Essas metas teriam o propósito de desenvolver nos estudantes habilidades do tipo conceituais, procedimentais e atitudinais, de modo que: a aprendizagem de conceitos e a construção de modelos demanda dos estudantes a superação de dificuldades de compreensão, argumentação e exposição de ideias; da mesma forma, o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico, além do desenvolvimento de habilidades experimentais e de resolução de problemas, necessita que os conteúdos procedimentais estejam ocupando um lugar relevante no processo de ensino, tendo como objetivo não só transmitir saberes científicos, mas também o de incentivar a participação dos estudantes

no processo de construção e apropriação do conhecimento; já o desenvolvimento de atitudes e valores, tem por papel lembrar que os conteúdos atitudinais sejam reconhecidos explicitamente como uma parte constitutiva do ensino de ciências; enquanto a imagem da ciência, tem o dever de auxiliar os estudantes na identificação e filtragem do que de fato é ciência daquilo que não é, além de permitir que os estudantes possam perceber diferenças de abordagem entre outros tipos de conhecimento (Pozo; Crespo, 2009).

2.1 A resolução de problemas numa abordagem investigativa como ferramenta para o ensino de Física

2.2 A resolução de problemas como ferramenta didática

Entre as possibilidades metodológicas e educacionais sugeridas pela base nacional comum curricular - BNCC para o ensino médio está a perspectiva de resolução de problemas, com e sem a utilização de tecnologias digitais. Essa é uma das habilidades que o professor poderia desenvolver ao reduzir a quantidade de exercícios “de fixação e problemas fechados organizados por tópicos específicos, ao estilo dos problemas presentes em grande parte dos livros didáticos” (Oliveira; Araujo; Veit, 2020, p. 2). Tais exercícios restringem as possibilidades de resolução do problema, fazendo com que na maioria dos casos os “problemas” possuam soluções únicas ou preestabelecidas. Portanto, os professores poderiam acrescentar a resolução de problemas abertos no processo de desenvolvimento dos seus planejamentos, para que os estudantes possam ser capazes de desenvolver todo o potencial que esse tipo de problema é capaz de produzir. Além dos tradicionais exercícios repetitivos, que segundo Peduzzi (1997), ainda tem um papel relevante na aprendizagem de conceitos físicos e no uso de ferramentas e procedimentos matemáticos aplicados; saber fazer uma alternância entre metodologias é de suma importância para que o estudante receba os mais variados tipos de estímulos durante o processo de ensino e aprendizagem.

Antes de continuarmos, devemos estabelecer a distinção entre um problema fechado e um aberto. Para Fonseca e Gontijo (2020), os problemas abertos permitem a geração de muitas ideias por parte dos estudantes no ato da resolução, já que esse tipo de problema aborda diferentes possibilidades de resolução, permitindo respostas incomuns e inesperadas. Já Oliveira, Araujo e Veit (2020) complementa, afirmando que os problemas abertos podem envolver questões que tenham como plano de fundo o cotidiano, despertando assim maior interesse na sua resolução.

Por outro lado, conforme afirma Ribeiro, Passos e Salgado (2020), os problemas fechados tendem a possuir uma única solução, ou seja, eles utilizam modos de resolução parcialmente pré-estabelecidos. Essa distinção é crucial para orientar os professores na escolha e elaboração de problemas que estimulem o pensamento crítico e criativo dos estudantes.

Oliveira, Araujo e Veit (2020) trazem um levantamento de característica que podemos esperar de um problema aberto :

- i) Envolvem situações reais, que fazem referência a um evento do mundo cotidiano, acadêmico e/ou profissional;
- ii) Omitem informações necessárias para a solução;
- iii) Requerem um considerável conjunto de conhecimentos específicos e procedimentais;
- iv) Possibilitam diferentes caminhos de solução;
- v) Apresentam incerteza em quais conceitos, regras ou princípios são necessários, e como são organizados;
- vi) Inviabilizam a implementação de procedimentos roteirizados para sua resolução e, sendo assim, suas soluções são imprevisíveis;
- vii) Requerem habilidades metacognitivas²

Desse modo, podemos pensar que a resolução de problemas pode ser pensada como:

[...] um processo de construção, e não como busca sistemática pela solução do problema. É uma sequência de ações na qual o solucionador se envolve em um diálogo com os elementos do problema. Nesse modelo, deve-se reconhecer as perspectivas divergentes, coletar evidências para apoiar ou rejeitar propostas, e sintetizar o próprio entendimento da situação, em vez de buscar uma solução exemplar, automatizada. (Oliveira; Araujo; Veit, 2020, p. 3).

Existem inúmeras definições do que seja resolver um problema, sendo elas definidas de acordo com as ideias dos autores e das suas respectivas áreas de atuação ou pesquisa.

² Metacognição é: [...] “a consciência e o controle dos próprios processos cognitivos durante a ação de aprender. Isso inclui o desenvolvimento da capacidade de auto-observação do processo de construção do conhecimento, a seleção de estratégias adequadas e a capacidade de reflexão sobre as tarefas e objetivos propostos. Em conclusão, a metacognição é a compreensão e a reflexão sobre a própria aprendizagem e a forma como ela ocorre.” (Briceño; Lara, 2020, p. 3).

No entanto, o que de fato devemos levar em consideração é qual o papel desempenhado pelos estudantes nesse processo. O ensino deve ser capacitar os estudantes para que se tornem ativos em sua aprendizagem. Pois, a educação em tempos modernos necessita construir uma mentalidade que vá além da reprodução de ideias. É necessário que os estudantes possam refletir sobre essas ideias, afim de que seja possível formar sujeitos capazes de acompanhar e contribuir com as mudanças que acontecem a todo instante ao seu redor.

Ao contrário disso, o ensino de Física no Brasil ainda se baseia na resolução de exercícios de forma tradicional em sala de aula. Muitos professores consideram essa prática fundamental para a aprendizagem dos estudantes, dedicando uma quantidade significativa de tempo das aulas para esse fim (Clement; Terrazzan, 2012). Os motivos para isso são diversos, mas um deles é que existe a necessidade de que os estudantes tenham contato com a resolução desses exercícios em sala de aula, já que muitos não têm o hábito de estudar em casa, cabendo ao professor aproveitar o pouco tempo que dispõe para trabalhar o básico necessário. Tornando o processo de ensino quase que dependente destes exercícios, dando pouca margem para a incorporação de outras formas de atividades.

Para Clement e Terrazzan (2012), existem inúmeras possibilidades para a ocorrência deste fato, que vão desde a falta de conhecimentos teóricos até a pouca habilidade dos estudantes com as ferramentas Matemáticas necessárias para a resolução dos exercícios, e até mesmo a própria visão equivocada do professor, que encara estes exercícios como uma forma de aplicação direta da teoria, acreditando que para um aprendizado real da Física basta a apropriação de estratégias e aplicação de roteiros para resolver problemas.

As explicações citadas acima não deixam de ser verdadeiras em parte, já que no Brasil, segundo o PISA, o domínio das operações Matemáticas por parte dos estudantes é muito deficitário, para dizer o mínimo. E se levarmos em consideração o tempo dedicado aos estudos fora do ambiente escolar, teremos resultados igualmente ruins, apontados pela pesquisa da FGV³, publicada em 2022. Se levarmos em consideração os problemas enfrentados pela educação Brasileira há décadas, não é de se estranhar tais resultados e com a pandemia tiveram uma piora maior.

Porém, a explicação que é problemática é a relacionada diretamente com o professor, já que encarar os exercícios como uma aplicação da teoria que supostamente foi

³ Pesquisa: Retorno para escola, jornada e pandemia.
Link: <https://cps.fgv.br/RetornoParaEscola>.

aprendida pelos estudantes limita as possibilidades de modificação da prática docente. Essa forma de pensar faz com que o professor “dificilmente perceba que a resolução de problemas possui um papel importante no *processo* de aprendizagem dos conceitos da Física” (Clement; Terrazzan, 2012, p. 100, grifo nosso).

Partindo desse ponto de vista, podemos considerar que existem outros processos que vão além do ato de resolver um problema em si. Há outros fatores que precisam ser levados em consideração para que os professores ensinem e os estudantes aprendam a resolver problemas. Por exemplo, às vezes o próprio problema pode se constituir, por si só, como um fator limitador do aprendizado, no momento em que o estudante não consegue entender por não possuir os conhecimentos necessários para interpretar o que está sendo dito ou o que está acontecendo no problema, por ser fora de sua realidade ou distante de seu interesse pessoal. Nesse caso, o problema limita a capacidade do estudante de contextualizá-lo. Para Echeverría e Pozo (1998),

Compreender um problema não significa somente que o estudante possa compreender e compreenda a linguagem e as expressões através das quais a sua proposição é expressa ou que seja capaz de reconhecer os conceitos matemáticos aos que se faz referência. Além desses fatores, é preciso que o sujeito assimile o problema ao conhecimento que possui armazenado em sua memória. Ou seja, deve relacionar o problema atual com os conceitos e ideias que armazenou e organizou na sua memória. Essa relação permite que a informação inicial seja transformada numa informação que o estudante possa usar. (Echeverría; Pozo, 1998, p. 53).

Dessa forma, precisamos entender que, para qualquer pessoa conseguir resolver um problema nos moldes do que já mencionamos, é preciso utilizar uma série de habilidades e conhecimentos que podem variar de pessoa para pessoa e de acordo com o tipo de solução do problema com o qual estamos lidando. Ou seja, cada problema exige a utilização de mecanismos próprios que se adaptam à medida que ocorrem mudanças de interpretação ou flutuações nas características próprias do problema. Dessa forma, entendemos que um mesmo problema pode ser resolvido utilizando métodos distintos, de acordo com quem o está resolvendo, produzindo o mesmo resultado ou um resultado semelhante, mas por outros caminhos. Pois a resolução de problemas não é uma atividade estática e única.

Essa flexibilidade na abordagem dos problemas mostra a importância de desenvolvermos não apenas o conhecimento teórico, mas também as habilidades de raciocínio, análise e criatividade necessárias ao se resolver um problema. E o desenvolvimento destas habilidades se constitui em um desafio real para qualquer professor.

2.3 Mas afinal de contas, o que é exercício e o que é problema?

Segundo Sasseron (2018), nem todo exercício é um problema; muitas vezes, os exercícios chamados erroneamente de “problemas” só exigem do estudante a utilização de técnicas de resolução que já foram apresentadas a ele anteriormente, servindo apenas como forma de se memorizar estratégias.

Em outras palavras, sem compreensão da tarefa os problemas se transformam em pseudoproblemas, em meros exercícios de aplicação de rotinas aprendidas por repetição e automatizadas, sem que o estudante saiba discernir o sentido do que está fazendo e, por conseguinte, sem que possa transferi-lo ou generalizá-lo de forma autônoma a situações novas, sejam cotidianas ou escolares. (Echeverría; Pozo, 1998, p. 15).

Nos exercícios normalmente apresentados aos estudantes nas escolas, em sua grande maioria, não são encontrados desafios reais que instiguem os estudantes a buscar a resposta. Isso ocorre porque muitas vezes os problemas estão totalmente desconectados da realidade do estudante. Se não houver engajamento deles com o processo de aprendizagem, o resultado não terá a capacidade de produzir o desfecho esperado. Por isso, segundo Clement (2012), é de fundamental importância que o professor perceba quais são os interesses dos estudantes e os utilize no sentido de tornar a dinâmica do trabalho docente mais favorável ao aprendizado. Contudo, o professor deve perceber que devido a natureza ou a complexidade do tema abordado nem sempre será possível construir problemas que despertem o interesse dos estudantes.

Esse tipo de atividade não é simples; ela demanda bastante trabalho, pesquisa e capacidade de observação por parte do professor. Acima de tudo, é necessário conhecer o público-alvo, para que, com isso, o professor possa modificar sua prática de acordo com a necessidade. Se pensarmos um pouco, percebemos que isso é algo óbvio, já que ao prepararmos uma aula, ela deve ser pensada levando em consideração para quem será ministrada, seja para estudantes de escolas públicas, particulares, universidades etc. O público norteia o trabalho docente, não o contrário.

É no momento da análise dos problemas onde se torna possível a reflexão e é nela que o professor deve construir uma estrutura de ensino, para promover a quebra do que Bachelard (1996) chama de “obstáculo epistemológico”, que é o conhecimento prévio que o indivíduo acha que possui. Quando se tenta ensinar algo a alguém que já possui concepções próprias e que nelas acredita, a ruptura de tais conceitos aprendidos por

meio de impressões e crenças do dia a dia não é algo simples, mas também não deve ser feita de forma abrupta, se faz necessário apontar suas falhas teóricas e práticas, e dessa forma, construir com o estudante um conhecimento mais “refinado” que envolva conceitos científicos a partir de uma reflexão prévia sobre o tema (Delizoicov, 2001).

Um problema, deve possibilitar que o estudante possa se familiarizar com novas ideias, a partir de novas situações ou novas formas de se abordar problemas já conhecidos. Ao resolvermos um problema, se faz necessário a utilização de uma grande quantidade de conhecimentos, envolvendo um conjunto igualmente grande de situações que dão sentido aos conceitos, permitindo a exemplificação, o uso de propriedades em situações que possam ser aplicados os conhecimentos aprendidos na sala de aula (Oliveira; Araujo; Veit, 2020, p. 3). Numa perspectiva educacional, a distinção entre exercício e problema assume nesse ponto um caráter subjetivo, ou seja, depende exclusivamente do que o estudante conhece sobre o tema do exercício/problema. Do ponto de vista do estudante, um exercício se torna um problema no momento em que ele não o compreenda ou não possua os mecanismos tanto conceituais como procedimentais para sua resolução (Peduzzi, 1997). O processo de ensinar utilizando uma didática que envolva a resolução de problemas vai muito além do problema em si, a solução de problemas é vista como uma forma de aprender a aprender. Nesse sentido Echeverría e Pozo (1998), argumentam que:

Ensinar a resolver problemas não consiste somente em dotar os estudantes de habilidades e estratégias eficazes, mas também em criar neles o hábito e a atitude de enfrentar a aprendizagem como um problema para o qual deve ser encontrada uma resposta. Não é uma questão de somente ensinar a resolver problemas, mas também de ensinar a propor problemas para si mesmo, a transformar a realidade em um problema que mereça ser questionado e estudado. [...] a aprendizagem da solução de problemas somente se transformará em autônoma e espontânea se transportada para o âmbito do cotidiano, se for gerada no estudante a atitude de procurar respostas para suas próprias perguntas/problemas, se ele se habituar a questionar ao invés de receber respostas já elaboradas por outros, [...] (Echeverría; Pozo, 1998, p. 14).

Assim, Echeverría e Pozo (1998) destacam a importância da solução de problemas como uma forma de “resolver para aprender e aprender para resolver”.

Mesmo com base em tudo que já foi exposto até aqui, ainda persistem algumas discordâncias sobre a cara desses problemas (Clement; Terrazzan; Nascimento, 2003); (Gil Pérez; Martinez Torregrosa *et al.*, 1987), segundo esses autores, muitos pesquisadores acreditam que é necessário apenas uma reflexão no ato de resolver um problema; tendo

também a vertente que vê a resolução de problemas como sendo algo mais complexo, exigindo que antes sejam abordados temas mais simples.

Embora tais diferenças entre os tipos de problemas possam trazer consigo divergências quanto aos procedimentos de resolução, também é verdade que existe uma série de procedimentos e habilidades que são comuns a todos os problemas e que todas as pessoas colocam em ação com maior ou menor competência. É evidente que para resolver qualquer problema temos que prestar atenção, recordar, relacionar entre si certos elementos; mas também é verdade que na maioria dos problemas estas habilidades têm que estar numa determinada ordem para que nos levem à meta. (Echeverría; Pozo, 1998, p. 22).

O argumento apresentado por Clement, Terrazzan e Nascimento (2003); Gil Pérez, Martínez Torregrosa *et al.* (1987) destacam que a resolução de problemas deve vir acompanhada de um caráter investigativo, exigindo do estudante um grau maior de raciocínio e pesquisa, sem que sejam dados de cara elementos que facilitem ou delimitem demais as possibilidades de resolução. Problemas deste tipo, em sua grande maioria, apresentam alguma dificuldade que a pessoa que o tenta resolver deve superar, ou seja, é necessário obter novas maneiras para conseguir chegar a uma solução. Esses obstáculos podem ser conceituais, quando o indivíduo não conhece ou não sabe algo sobre o tema do problema; como também podem ser de caráter procedimental, quando o indivíduo não tem as ferramentas para tal ou tenha de reorganizar as que já possui.

2.4 A resolução de problemas de caráter investigativo

Resolver um problema requer que tenhamos algum conhecimento sobre o tema e, a partir disso, possamos: 1) Compreender o problema; 2) estabelecer um plano; 3) executá-lo e 4) examinar o resultado obtido (Polya, 1995). Sendo assim, boa parte da construção da solução de um problema demanda a utilização do conhecimento prévio, dos dados fornecidos pelo próprio problema e de informações conceituais que podem ser buscadas com algum recurso auxiliar ou fornecidas previamente pelo professor. Para Polya (1995), a ênfase recai na aplicação de regras e métodos conhecidos, implicando em seguir um conjunto de passos predefinidos para resolver o problema.

Dessa forma, a estruturação do problema utilizada por boa parte dos professores está centrada em conceitos e na utilização de ferramentas Matemáticas. Isso corresponde ao que Carvalho e Sasseron (2015) denominam de “ciência pronta”, pois os conceitos são o ponto de partida para a solução do problema. Isso contraria a lógica da maioria dos

estudos científicos, onde se parte de algo que se quer descobrir ou que não se tem uma resposta ou entendimento, para então desenvolver conceitos que expliquem a solução do problema.

Por outro lado, nos problemas investigativos, os estudantes partem da pergunta e buscam formas de solucioná-las. Essa solução envolve elementos de investigação, utilizando para isso critérios semelhantes a uma investigação científica, como a busca de informações sobre o problema, levantamento de hipóteses com sugestões de soluções para o problema. Esses problemas podem ser fornecidos pelo professor na forma de problemas de papel e lápis, ou podem surgir de algum problema que envolva pesquisa e testes de hipóteses de forma “ativa”, isto é, com estudantes testando as possibilidades por meio de experimentos em laboratórios de Física ou tentando replicar o problema por si mesmos em testes de possibilidades ou ainda por meio da obtenção de dados que possam guiá-los na busca por caminhos para a solução do problema.

O ensino por investigação foi proposto por Spencer (1884), voltado para o ensino em laboratórios, ele defendia a inclusão do ensino de ciências no currículo escolar. Segundo este autor:

[...] O laboratório deve oferecer a oportunidade para que os estudantes desenvolvam uma concepção clara dos fenômenos naturais, algo que não poderia ser alcançado apenas com o aprendizado de livros. Além de fornecer imagens mentais precisas para acompanhar as abstrações verbais encontradas nos livros, o laboratório também fornece prática para tirar conclusões [...] Só o hábito constante de tirar conclusões dos dados e depois verificar essas conclusões por observação e experimentação pode dar condições para uma interpretação correta. E a necessidade desse hábito é uma das imensas vantagens da ciência. [...] Suas verdades não são aceitas apenas com base na autoridade; mas todos têm liberdade para testá-las, em muitos casos, o estudante é obrigado a pensar em suas próprias conclusões. Cada passo de uma investigação científica é submetido ao seu julgamento. Ele não é solicitado a admitir sem ver que é verdade. (Spencer, 1894) apud (Deboer, George E., 2006, p. 22, tradução nossa)

Para Spencer (1884), ao colocar os estudantes em contato com objetos e fenômenos naturais poderia fazer com que eles tirassem suas próprias conclusões, permitindo que o conteúdo aprendido fosse lembrado por eles por mais tempo e o processo de investigação tornaria os estudantes independentes do professor. O desenvolvimento dessas atividades tem o potencial de tornar os estudantes/cidadãos livres da dependência intelectual de outros (Deboer, George E., 2006).

Posteriormente, na primeira metade do século XX essa forma de ensino foi incorporada a uma pedagogia progressista, tendo o pedagogo e filósofo americano John Dewey como seu principal teórico; ele baseia suas ideias no ensino por investigação, defendendo que o ensino deveria ser autogerido centrado no estudante, tendo como base a junção entre teoria e prática, exigindo a participação ativa e colaborativa dos estudantes a partir de problemas formulados pelos professores (Zompero *et al.*, 2019).

O ensino por investigação se assemelha à pesquisa científica ao enfatizar o questionamento dos estudantes, permitindo que eles investiguem e busquem resolver problemas de forma semelhante aos cientistas conduzindo suas próprias pesquisas em laboratórios, campos, bibliotecas e discussões com colegas (Deboer, George E., 2006). Segundo esse mesmo autor, o ensino por investigação sugere uma pedagogia com base na natureza investigativa da ciência. Para ele, essa abordagem é uma das estratégias de ensino mais eficientes por envolver os estudantes no processo de resolução, dando-lhes a oportunidade de aprender mais. A possibilidade dos estudantes interagirem com questões desconhecidas, despertando sua curiosidade sobre como determinado fenômeno ocorre ou qual seria a solução, tem o potencial de melhorar a interação deles com as teorias envolvidas e com as propostas de solução que eles próprios elaboram.

Nesse modelo de ensino, os estudantes podem adquirir um conjunto de estratégias que podem lhes proporcionar as condições necessárias para atender às demandas atuais. Uma das principais contribuições é “ensinar os estudantes a pensar”, promovendo o aprimoramento de habilidades. No ensino por investigação, o foco não está na quantidade de conhecimento fornecida aos estudantes, mas sim na qualidade dessas informações (Zompero *et al.*, 2019).

No que se refere aos problemas de caráter investigativo devem desafiar os saberes em construção ou já consolidados dos estudantes. Conforme Sasseron (2018), bons problemas devem envolver possibilidades investigativas, envolvendo temáticas já trabalhadas de forma prévia ou por acontecimentos do cotidiano dos estudantes. Permitindo que eles utilizem experiências vivenciais e os conhecimentos formais adquiridos até então para pensar no problema e formular hipóteses para conseguir resolvê-los. No entanto, para os estudantes, os problemas só se tornam atrativos quando há uma necessidade que os motive a buscar ou ao menos tentar acompanhar sua resolução. Portanto, os problemas propostos devem estar próximos da realidade dos estudantes, focando em eventos que podem ser

mais tangíveis às suas imaginações ou que estejam presentes no dia a dia, permitindo que o professor possa tornar possível atrelar a esses problemas conceitos formais da Física (Oliveira; Araujo; Veit, 2020). Tais problemas devem envolver situações que possam dar sentido aos conceitos físicos e ampliar seu aprendizado, mobilizar conhecimentos prévios e desenvolver a capacidade para gerenciar informações que estão a seu alcance, dentro e fora do ambiente escolar (Brasil, 2018).

2.4.1 O papel do professor no ensino investigativo

Ao se elaborar um currículo, leva-se em conta a construção de identidades, considerada aqui como a expressão de escolhas e relações de poder que determinam que identidade e habilidades desejamos construir (Silva, 2000). No contexto da educação contemporânea, esse mesmo autor enfatizam a necessidade de uma reformulação curricular que leve em consideração competências gerais, em detrimento de um currículo que considere o acúmulo de conteúdos muitas vezes desconectados uns dos outros, conhecido como “currículo enciclopédico”. Dessa forma, o currículo deve abranger metodologias de ensino que incentivem uma participação mais ativa dos estudantes, de modo que possam incluir processos formativos e de avaliação (Brasil, 2018).

No tocante a Física, se faz necessário dar um novo sentido ao seu ensino e ao uso de seus conhecimentos, promovendo um aprendizado que tenha um caráter crítico.

Esse olhar para o ensino da Física (para a ciência, em geral) pretende que o professor seja capaz de apresentar uma Física que faça sentido ao estudante, preocupando-se com sua aprendizagem; promovendo discussões, intervenções e julgamentos práticos capazes de possibilitar ao estudante atuar ativa e conscientemente em sua comunidade (Pinheiro; Massoni, 2021).

Dessa forma, abre-se espaço para que o professor inclua na sua didática a possibilidade de colocar o estudante em contato com novas metodologias, onde eles possam não apenas ter a experiência com os conteúdos e técnicas de resolução de exercícios, mas também, que sejam capazes de questionar e propor soluções para fenômenos ou acontecimentos, utilizando argumentos dentro do contexto das ciências.

Nesse sentido, o professor deve ter a sensibilidade de entender que o aprendizado dos seus estudantes passa por vários caminhos e mecanismos que estão muito além do querer ou não aprender, mecanismos esses que envolvem dificuldades de caráter sociais, financeiras, psicológicas e também cognitivas. Portanto, conhecer essas condições faz com

que o trabalho didático do professor que quer inovar com o uso da resolução de problemas investigativos, modifique sua prática docente e também os conteúdos no sentido de atender as demandas dos estudantes e de suas dificuldades. Esse é um primeiro passo para que ele se torne um professor mediador do processo educacional dos seus estudantes. O segundo passo é a aplicação coerente do método escolhido para trabalhar. Essa escolha deve levar em conta o contexto em que se encontra seus estudantes e não a simples vontade do professor ou seu apego a métodos por ele já utilizados; isso porque os métodos de letramento científico devem trabalhar em prol dos estudantes e não o contrário.

Para que essa nova forma de ensinar seja possível, o professor deve encarar o desafio de “aprender a ensinar”. Ensinar exige um aprimoramento de táticas e métodos que devem conduzir à renovação de suas práticas pedagógicas (Bulgraen, 2010). Ao modificar tais práticas, o professor pode passar por um processo de renovação de suas convicções pedagógicas, não ficando preso à ilusão de que ser professor basta apropriar-se do conhecimento de alguns conteúdos e apresentá-los aos estudantes (Lopes, 2011). Portanto para este autor:

Mudar essa realidade é necessário para que uma nova relação entre professores e estudantes comece a existir dentro das escolas. Para tanto, é preciso compreender que a tarefa docente tem um papel social e político insubstituível, e que no momento atual, embora muitos fatores não contribuam para essa compreensão, o professor necessita assumir uma postura crítica em relação a sua atuação recuperando a essência do ser “educador” (Ibiden, p. 3).

A busca por novos métodos de ensino estão ligadas à perspectiva do professor em relação à educação, seus princípios e filosofias educacionais, bem como ao seu tipo de formação acadêmica, experiências anteriores e ao nível de maturidade e preparo dos estudantes. Portanto, a escolha dos caminhos a serem seguidos possui um caráter subjetivo, que depende do ambiente e das condições socioeconômicas dos envolvidos (Roitman, 1979). Essas condições devem orientar as escolhas pedagógicas dos professores, que deve auxiliar os estudantes a se tornarem capazes de enfrentar os desafios futuros, os quais frequentemente envolvem a resolução de problemas em várias situações distintas.

Ao utilizar da abordagem de resolução de problemas investigativos, o professor desempenha o papel de auxiliar o estudante na busca por respostas às suas demandas, fazendo a interlocução entre os problemas e as dúvidas dos estudantes, com relação ao entendimento do problema e ao arcabouço teórico necessário para a interpretação e solução

do mesmo. Não cabendo ao professor “entregá-los de bandeja” (Clement; Terrazzan, 2012), não antes que eles façam as perguntas e reflexões pertinentes ao problema.

O professor deve estar atento às mudanças no contexto e nos cenários educacionais, pois a escola não é mais a fonte primária de informação. Vivemos em um mundo de conhecimentos múltiplos e descentralizados, onde é possível obter respostas a inúmeros problemas sem que seja necessário o intermédio da escola. O papel atual da escola é aproveitar o conhecimento que os estudantes trazem e possibilitar que eles aprendam a dar-lhe significado. Assim:

Praticamente não restam saberes ou pontos de vista absolutos que, como futuros cidadãos, os estudantes devam assumir; o que devem, na verdade, é aprender a conviver com a diversidade de perspectivas, com a relatividade das teorias, com a existência de interpretações múltiplas de toda informação.[...] A ciência do século XX se caracteriza pela perda da certeza, inclusive aquelas que eram, antes, chamadas “ciências dúvida”, [...] estão, também, permeadas de incertezas. Sendo assim, já não se trata de a educação proporcionar aos estudantes conhecimentos como se fossem verdades acabadas, mas que os ajude a construir seu próprio ponto de vista, sua verdade particular a partir de tantas verdades parciais.(Pozo; Crespo, 2009, p, 25).

Portanto, o “novo” papel do professor é atuar para que os estudantes consigam se envolver nas discussões, interagindo com conceitos e fenômenos do mundo natural, próprios da prática científica (de Oliveira *et al.*, 2021). O mesmo autor cita que o papel do professor se inicia na própria preparação das atividades, devendo ele se apropriar de conceitos e de algumas “particularidades próprias do fazer científico” por meio de artigos e textos científicos não se limitando apenas aos textos dos livros escolares, para que possa desenvolver o raciocínio e aprender a estruturar as informações de forma que os estudantes compreendam o que está sendo proposto nos problemas.

2.4.2 O Processo de Resolução de Problemas de Física numa abordagem investigativa

Quando ouvimos pela primeira vez o termo “resolução de problemas investigativos”, muitas vezes tendemos a pensar em problemas altamente complexos, que exigirão leituras extensas e um esforço considerável para implementar essa atividade. No entanto, isso nem sempre é verdade. De acordo com Clement, Terrazzan e Nascimento (2003), dependendo do tipo de conteúdo e da proposta, os problemas podem ser elaborados de forma relativamente simples, muitas vezes modificando os exercícios conhecidos pelos pro-

fessores nos livros didáticos. Os autores fornecem exemplos de modificações de exercícios que podem ser transformados em problemas, como pode ser visto no Quadro 1.

Quadro 1 – Exemplo de transformação de exercícios em problema.

Questão 1.

- *Enunciado tradicional.*

Um trem de 90 m de comprimento que anda a uma velocidade de 70 km/h, atravessa um túnel em 40 s. Qual é o comprimento do túnel?

- *Enunciado transformado em um problema.*

Quanto tempo levará um trem para atravessar um túnel?

Fonte: Clement, Terrazzan e Nascimento (2003).

Para resolver esse problema, o estudante precisa entender o que está sendo solicitado, identificar os dados necessários e os princípios físicos e matemáticos aplicáveis à sua resolução. Além disso, eles precisarão formular hipóteses sobre o movimento do trem, como: ele estava parado antes de entrar no túnel ou em movimento acelerado? Qual é a massa do trem? Qual é o comprimento do túnel? Essas perguntas incentivam os estudantes a pensar além do problema, considerando diferentes possibilidades.

Seguindo a mesma abordagem, o autor nos dá outro exemplo no Quadro 2 de um problema comum transformado em um problema investigativo:

Quadro 2 – Exemplo de transformação de exercícios em problema.

- *Enunciado tradicional.*

Uma moto aquática produz ondas com uma frequência de 3 oscilações a cada 1,5 segundos. Determine a velocidade de propagação das ondas, sabendo que o comprimento de onda médio entre duas cristas sucessivas é de 1,5 metros.

- *Enunciado transformado em um problema investigativo*

Um turista estava olhando para o mar, da beira da praia, e percebeu que um jet ski passava de uma extremidade da praia para a outra, no intervalo entre as ondas. Qual a velocidade de propagação das ondas?"

Fonte: Clement, Terrazzan e Nascimento (2003, modificado pelo autor, 2023).

Pelo exposto, podemos perceber que problemas abertos tem uma vantagem enorme do ponto de vista da forma como são elaborados, os elementos do problema podem ser substituídos a qualquer momento a depender do público e do contexto para o qual estão sendo preparados esses problemas. Além disso, eles podem ser resolvidos envolvendo mais de um método de resolução, vale ressaltar que o excesso de conteúdos nos problemas pode fazer com que os estudantes percam o foco do objetivo do problema proposto pelo professor (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019). Sendo assim, os problemas devem ser os mais abertos possíveis para que seja permitido aos estudantes terem essa convivência com o incerto, com a falta de certezas absolutas.

Na abordagem de problemas investigativos, é possível agregar elementos históricos, eventos do passado já conhecidos pelos estudantes, músicas, vídeos, entre outros recursos. O leque de opções é vasto e diversificado; a resolução de problemas é um campo fértil para a criatividade do elaborador. No entanto, isso demanda leitura e reflexão sobre o conteúdo e quais temas o professor deseja abordar. Como os problemas investigativos são abertos, os estudantes podem ser levados a situações que extrapolam o objetivo inicial do planejamento da aula. Cabe ao professor avaliar se essa expansão é benéfica, permitindo outras discussões, ou se desviam do foco pretendido. Essa decisão deve ser baseada nos objetivos e métodos utilizados, assim como nas etapas de resolução empregadas.

Não há consenso sobre quantas e quais etapas devem ser utilizadas para a resolução de problemas, pois a literatura é vasta e diversificada sobre esse tema (Clement; Terrazzan, 2012; Oliveira; Araujo; Veit, 2020; Peduzzi, 1997; Polya, 1995), entre outros. Por esse motivo, foram consideradas as etapas mencionadas no trabalho de Oliveira, Araujo e Veit (2020), elaboradas após a análise dos pontos de convergência de vários outros autores que abordam a resolução de problemas abertos em Física. Essas etapas se aproximam bastante das adotadas por Peduzzi (1997). O autor considera os seguintes passos para a solução de problemas abertos:

- 1) A definição e representação do problema é o primeiro passo na resolução de problemas abertos. Nesse momento, o solucionador deve buscar informações sobre o problema, como: o que é solicitado? Quais são as variáveis desconhecidas? Quais são as possíveis condições Físicas e quais fenômenos estão envolvidos? Além disso, é necessário proceder com a adequação das variáveis envolvidas. Muitos exercícios de Física fazem uso de figuras ou imagens para facilitar a visualização dos aconte-

cimentos; no problema investigativo, isso ainda pode ser utilizado, se possível.

- 2) **Elaboração de planos e estratégias de solução;** nesse ponto, é onde o solucionador busca referências de outros problemas para encontrar uma conjunção de caminhos que o leve a formas de resolver o problema em questão. Além disso, verifica se é necessário buscar elementos complementares que possam auxiliar no processo de resolução. Nesse ponto, a experiência do solucionador é fundamental. É o momento em que se inicia a distinção entre os estudantes mais experientes, que possuem uma base conceitual, e aqueles que necessitam de um auxílio maior por parte do professor para encontrar por si mesmos um caminho para a resolução do problema, que pode ser similar ou diferente dos caminhos adotados por outros.
- 3) **Implementação das estratégias de solução;** aqui se inicia a resolução em si, nesse ponto são testadas todas as hipóteses levantadas sobre o problema e se são factíveis de serem colocadas em prática ou conduzem a resultados sem sentido. É o momento em que o solucionador coloca em prática as estratégias elaboradas anteriormente para encontrar uma solução viável para o problema em questão.
- 4) **Avaliação e monitoramento do processo;** esse momento é um dos mais importantes, é nele que o solucionador verifica se sua resposta condiz com o resultado esperado; Muitos estudantes tendem a negligenciar esta etapa, falhando em perceber se sua resposta condiz com o que é esperado ou se os passos executados foram realizados de forma correta. Por vezes, os estudantes cometem erros na resolução do problema por esquecerem de considerar, por exemplo, as unidades de medida, ou por calcularem uma grandeza quando requer outra. Esta fase é fundamental para que o estudante demonstre sua compreensão do conteúdo conceitual, avaliando criticamente os resultados obtidos e identificando eventuais erros ou inconsistências.

Devemos acrescentar que alguns autores, como (Clement; Terrazzan, 2012), propõem um passo adicional: a síntese explicativa do processo de resolução praticado e a sinalização de novas situações-problema. Nesse passo, o estudante elaboraria uma síntese escrita do processo de resolução do problema, destacando os aspectos mais importantes. Além disso, o estudantes também pode ser desafiado a criar novas situações-problema, utilizando como base os conhecimentos adquiridos durante o processo de resolução do

problema original. Essa etapa visa consolidar o aprendizado, estimular a reflexão sobre o processo de resolução e promover a aplicação dos conceitos em novos contextos.

2.4.3 Pontos a serem examinados ao construir um problema

A construção de um problema deve ser cuidadosamente planejada para garantir que ele atenda aos objetivos educacionais estabelecidos pelo professor. A seguir, serão apresentados dois métodos que podem ser utilizados na elaboração de problemas investigativos, os quais foram sintetizados por (Clement, Luiz, 2013) e (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019), este último baseado na metodologia proposta por (Hung, 2006, 2009) e outros autores. É importante ressaltar que esses métodos não devem ser considerados como regras fixas, mas sim como diretrizes explicativas. Além disso, a estrutura do problema pode ser simplificada dependendo do conteúdo a ser abordado e do público-alvo. Nem sempre será necessário aplicar todos os passos de uma vez em um único problema. Os passos a serem utilizados para a construção de problemas são mostrados no Quadro 3:

Quadro 3 – Resumo dos pontos para a construção de problemas.

	PONTOS	CARACTERÍSTICA
1	A Característica de Problema	Busca por uma formulação do problema que não possa ser solucionada de forma mecânica.
2	Elementos motivacionais	Ao se elaborar um problema deve-se calibrar de forma adequada os níveis de desafios, de modo que eles possam ativar a curiosidade e imaginação dos estudantes.
3	A Natureza das situações-problema	Refere-se ao tipo de contexto problematizado por elas, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> • Vivência cotidiana (voltado para o cotidiano ou a explicação de fenômenos naturais). • Interno a área do conhecimento (Física, Química etc.).
4	A diversificação das situações-problema	Utilização de estratégias diversas para os problemas e de outros recursos didáticos.
5	A natureza dos conteúdos focados	Pode abranger o emprego de conteúdos de natureza conceitual, procedimental e atitudinal. Os conteúdos conceituais englobam os dados/fatos, conceitos, princípios e modelos; Os conteúdos procedimentais expressam um saber fazer, que envolve tomada de decisões e realização de uma série de ações; Os atitudinais envolvem juízos de valor e aprendizados de normas e técnicas.

Fonte: (Clement, Luiz, 2013).

O segundo modelo de passos para a criação de problemas é o modelo de Hung, que foi resumido no texto de Lopes, Silva Filho e Alves (2019). Esse modelo é chamado de 3C3R e fundamenta-se na produção de problemas que envolvam o que o autor chamou de componentes centrais e processuais. Esses componentes estão estruturados na Figura 1. Os componentes centrais são formados pelo Conteúdo, Contexto e Conexão, envolvendo a adequação do problema e sua suficiência em proporcionar conhecimento a partir da contextualização e integração entre os estudantes. Já os componentes processuais são formados pela Pesquisa, Raciocínio e Reflexão, tendo o papel de facilitar o envolvimento consciente dos estudantes com os problemas e, a partir desse envolvimento, possibilitar o desenvolvimento de processos cognitivos que facilitem a resolução de problemas (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019).

Figura 1 – Modelo 3C3R.



Fonte: (Hung, 2006), traduzido por (Lopes, 2019, p. 79).

O modelo 3C3R se estrutura em nove passos para a criação de um problema. Nele, os estudantes se organizam em grupos e analisam os objetivos, bem como os conhecimentos necessários para a resolução do problema. A partir desse ponto, os conteúdos são divididos entre os estudantes, que realizam pesquisas de forma individual. Posteriormente, reúnem-se para discutir as possibilidades de resolução do problema (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019). Os nove passos são mostrados na Quadro 4.

Quadro 4 – 9 passos para a construção de um problema.

Passos	Objetivo	Descrição
1	Criar metas e objetivos	Auxilia no delineamento do problema.
2	Conduzir uma análise de conteúdo	observar as capacidades intelectuais específicas necessárias para a aquisição de novos conhecimentos.
3	Analisar o contexto do problema	Inserir o problema em um contexto específico visando tornar o problema mais atraente aos estudantes.
4	Formular a versão inicial do problema	Esboço do problema para a verificação da coerência do problema.
5	Conduzir uma análise de adequação do problema	Nesse momento, deve-se declarar o problema em si e descrevê-lo por completo, bem como as habilidades cognitivas e de resolução de problemas necessárias.
6	Conduzir uma análise de correspondência	Esse passo visa garantir a confiabilidade e efetividade do problema para atingir seus objetivos de aprendizagem
7	Conduzir processos de “calibração”	Nesta fase, basicamente são corrigidos os problemas apontados na fase anterior
8	Construir componentes reflexivos	Esses componentes estão presentes em seções da situação-problema nas quais se solicita ao estudante pensar sobre seu processo de aprendizado, como por exemplo: como buscou as informações, quais linhas de raciocínio foram traçadas etc.
9	Examinar relações de suporte entre os componentes 3C3R	O propósito desse último passo é garantir a criação de uma situação-problema que seja eficaz naquilo que se propõe:

Fonte: Lopes, Silva Filho e Alves (2019).

O que se percebe do exposto é que a criação de problemas investigativos, dependendo do conteúdo envolvido, demanda tempo, prática e um grau considerável de sensibilidade na escolha dos temas motivadores do problema. A abordagem de Clement, Luiz (2013), que consiste em modificar problemas existentes de livros didáticos, é mais acessível, pois utiliza problemas já elaborados e os adapta conforme a necessidade. Por outro lado, criar problemas do zero, seguindo os pontos colocados por Lopes, Silva Filho e Alves (2019), exige uma prática maior por parte do professor. Para professores iniciantes, é sugerido começar com a modificação de exercícios prontos seguindo os passos conforme os Quadros 3 e 4 e, com o tempo, tentar elaborar seus próprios problemas seguindo um desses modelos ou de outros autores.

3 REFERENCIAL TEÓRICO EM Física

3.1 O ensino de Física e as energias renováveis

O ensino de Física tem enfrentado desafios em acompanhar os avanços tecnológicos, muitas vezes resultando em uma abordagem caracterizada pelo emprego de fórmulas e expressões Matemáticas. Essa prática não aproveita as oportunidades para renovar a disciplina e torná-la mais interessante e prática, deixando de estimular a curiosidade dos estudantes.

Se tomarmos como exemplo o estudo das formas de obtenção de energias por meio de métodos renováveis são quase que totalmente subutilizadas quando levamos em conta o ensino das ciências da natureza nas escolas. Muitas vezes, tais temas são abordados de forma indireta sem que a maioria dos professores de Física os utilize como sendo um tema gerador, servindo apenas como exemplos de aplicação da teoria, sem que se tenha um aprofundamento prático. A ideia por trás dos temas geradores é inverter a lógica do exercitar para depois exemplificar com aplicações da teoria supostamente aprendida.

Ao adotar uma abordagem baseada em problematizações, o professor tem a oportunidade de explorar uma variedade de conteúdos a partir de problemas práticos e abertos, como é o caso da Física envolvida nas fontes de energia renováveis, especificamente nesta dissertação, a energia solar. Ao utilizar esses temas, o professor pode abordar conceitos da Física em um contexto próximo da aplicação prática, o que estimula uma compreensão mais profunda dos aspectos da realidade. Essa abordagem permite que os estudantes desenvolvam uma compreensão sólida dos conceitos por meio de recortes temáticos relevantes (Aguiar Jr, 2018).

Com as constantes mudanças no currículo escolar, que abrangem desde a estrutura organizacional das escolas até a quantidade de aulas destinadas às disciplinas das ciências da natureza e suas tecnologias, torna-se necessário que o professor busque novas práticas docentes para lidar com o extenso conteúdo em um tempo limitado. Nesse contexto, a implementação de questões problematizadoras pode dinamizar o processo de ensino e aprendizagem.

Se considerarmos um tema como os painéis solares, podemos perceber uma ampla variedade de conteúdos que podem ser explorados de diversas maneiras, abrangendo aspectos variados do mesmo tema. Neste trabalho, o enfoque é na óptica, mas poderia

ser abordado também sob a perspectiva da produção de energia, da introdução Física moderna, de aspectos astronômicos ou da estrutura molecular e dos materiais envolvidos no processo de produção de energia por meio do efeito fotovoltaica. Dependendo do objetivo a ser alcançado, um mesmo tema pode oferecer uma infinidade de possibilidades de aplicação ao professor, resultando em uma diversidade de abordagens e resultados que podem contribuir para uma aplicação mais contextualizada dos conteúdos da Física.

3.2 A natureza da luz

A luz é um fenômeno que foi muito estudado pela Física ao longo do tempo, sendo ela investigada através de uma variedade de teorias e experimentos.

De acordo com a teoria ondulatória, a luz é uma forma de energia eletromagnética que se propaga através do espaço na forma de ondas transversais. Esta teoria, amplamente aceita, tem sido confirmada por inúmeros experimentos, demonstrando suas diversas propriedades; possibilitando a descrição de fenômenos como a refração, a difração e a interferência, destacando a importância deste modelo na compreensão do comportamento da luz.

Por outro lado, a luz também exibe propriedades corpusculares. Segundo essa teoria, a luz é composta por partículas discretas chamadas fótons, que carregam energia e momento (Tipler; Llewellyn, 2012). Esta teoria foi confirmada por muitos experimentos, que possibilitaram a explicação das formas como a luz interage com a matéria a exemplo do efeito fotoelétrico; bem como a emissão estimulada de radiação. Esse modelo para a luz oferece uma explicação precisa desses fenômenos, evidenciando a existência de uma dualidade onda-partícula da luz.

Além disso, a luz desempenha um papel fundamental em uma ampla gama de aplicações tecnológicas, incluindo comunicações ópticas, imagens médicas e energia solar. Estas aplicações, resultaram em avanços significativos em diversas áreas. A compreensão da luz continua a impulsionar a inovação tecnológica, abrindo novas possibilidades para o futuro.

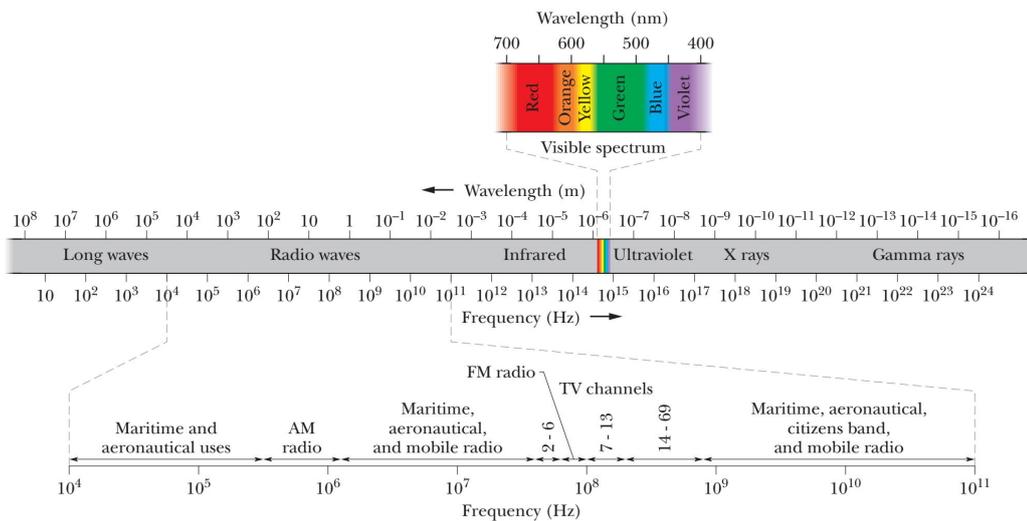
3.2.1 Espectro eletromagnético

O momento em que é fornecida energia térmica a átomos ou moléculas por aquecimento ou por submetê-los a descargas elétricas, é possível perceber a emissão de energia radiante a partir da agitação térmica desses elementos. Essa emissão vem sendo estudada

desde o século XIX. O espectro dessas emissões abrange raios γ , raios X, ultravioleta, luz visível, calor, ondas de rádio e ondas de radar, como pode ser observado na Figura 2, acompanhado de seus correspondentes comprimentos de onda.

Para processos que utilizam radiações na produção de energia renovável do tipo solar, a faixa do espectro útil para esse fim se encontra primordialmente no espectro infravermelho e da luz visível. Isso ocorre porque as células fotovoltaicas possuem uma resposta espectral muito baixa para a faixa do ultravioleta. Além disso, essa faixa do espectro e os efeitos de longo prazo das variações da temperatura são responsáveis pelo desgaste de tais células e das placas de aquecimento solar (Iqbal, 2012); (Pereira *et al.*, 2006); (Tipler; Llewellyn, 2012).

Figura 2 – Espectro eletromagnético



Fonte: Walker, Resnick e Halliday (2014).

A radiação eletromagnética pode ser classificada como uma onda e caracterizada por seu comprimento de onda λ , ou pela frequência⁴ (ν) da onda, de forma que:

$$\nu = \frac{c}{\lambda}, \quad (1)$$

onde, c representa a velocidade da luz. A velocidade da luz c em um meio específico é dada em termos do índice de refração n desse meio:

$$n = \frac{c_0}{c}, \quad (2)$$

⁴ A frequência de uma onda eletromagnética, para a Física clássica, depende apenas da fonte geradora. Já para a Física moderna, ela também depende da velocidade relativa entre a onda e o observador.

sendo c_0 , a velocidade de propagação da luz no vácuo, com um valor de $2,998 \cdot 10^8 \text{m/s}$.

A partir do surgimento e das melhorias do arcabouço teórico da mecânica quântica, foi possível ter um vislumbre melhor das formas como as radiações eletromagnéticas interagem com a matéria. Em 1900, Max Planck (1858 – 1947) propôs que a matéria absorvia e emitia energia em múltiplos inteiros de uma certa quantidade de energia, não havendo, portanto, a absorção e emissão de energia de forma contínua, sendo absorvida como pequenos pacotes com valores bem definidos.

A partir da mecânica quântica, podemos considerar que a radiação eletromagnética pode ser entendida como um fluxo de fótons, onde a energia de cada um deles depende da frequência (Widén; Munkhammar, 2019). Dessa forma, a energia da radiação incidente está ligada à energia dos fótons por:

$$E = h \cdot \nu = \frac{h \cdot c}{\lambda}, \quad (3)$$

onde $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{J} \cdot \text{s}$, é a constante de Planck e ν é a frequência da radiação do fóton em questão. Dessa forma, vemos que quanto maior for a frequência da radiação, maior será a energia incidente.

3.2.2 *Corpo negro*

Por definição, um corpo negro absorve toda a radiação incidente sobre ele em todas as faixas de comprimentos de onda vindas de todas as direções. Dessa forma ele se caracteriza como um corpo idealizado de equilíbrio termodinâmico. Ou seja, ele absorve toda a radiação incidente e a emite de volta o máximo possível (Iqbal, 2012); (Widén; Munkhammar, 2019). Já uma superfície real, só absorverá uma parcela de toda a radiação incidente sobre ela, enquanto o restante será refletida.

Em 1879, Josef Stefan descobriu uma relação empírica que relaciona a potência por unidade de área da energia absorvida por um corpo negro ideal e a temperatura:

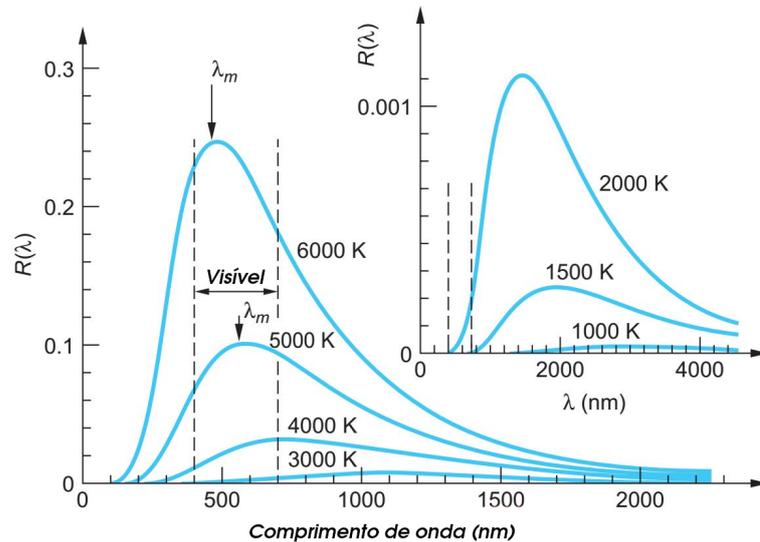
$$R = \sigma \cdot T^4, \quad (4)$$

onde R é a potência irradiada por unidade de área, T é a temperatura absoluta e $\sigma = 5,6704 \cdot 10^{-8} \text{W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ é uma constante denominada, constante de Stefan. Posteriormente, Ludwig Boltzmann partindo das leis da termodinâmica chegou ao mesmo resultado, ficando a Equação (4) conhecida como lei de Stefan-Boltzmann. Dela podemos

perceber que a potência irradiada por unidade de área de um corpo negro possui dependência apenas com a temperatura, não tendo relação portanto, com o material ou a cor do corpo em si.

Se tomarmos um corpo com a temperatura de 27°C (300K) até uma temperatura de 57°C (330K), já é suficiente para quase dobrar a energia irradiada pelo corpo negro (Tipler; Llewellyn, 2012). Para uma estrela, pequenas variações da temperatura absoluta são suficientes para aumentar e muito a energia emitida por ela, já que podemos aproximar a emissão de energia de uma estrela com a de um corpo negro. A Figura 3 mostra os valores experimentais da distribuição espectral R em função de λ para algumas temperaturas (T) entre 1.000 K e 6.000 K .

Figura 3 – Função distribuição espectral $R(\lambda)$ para várias temperaturas.



Fonte: Tipler e Llewellyn (2012); traduzido pelo autor, 2023.

Das curvas $R(\lambda)$ é possível inferir que o comprimento de onda para a radiação máxima varia inversamente com a temperatura:

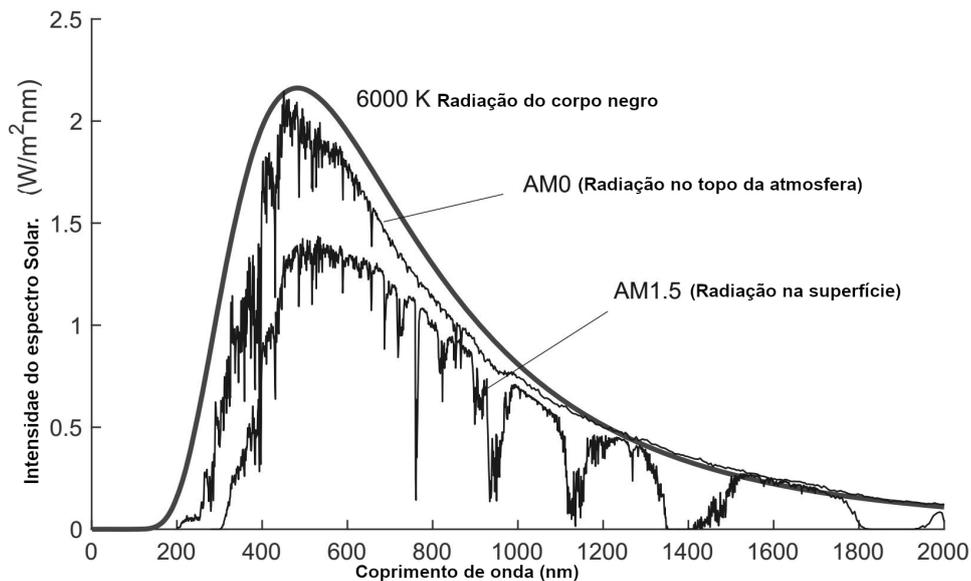
$$\lambda_m \propto \frac{1}{T} \quad \text{ou} \quad \lambda_m \cdot T = \text{constante} = 2,898 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{k}. \quad (5)$$

Este resultado, conhecido como lei de deslocamento de Wien, foi obtido pela primeira vez por Wien em 1893 (Tipler; Llewellyn, 2012).

A radiação emitida pelo Sol ou por qualquer objeto é distribuída em faixas de comprimentos de onda e, conseqüentemente, possui vários valores de energia, de acordo com as Equações 4 e 5. Essas flutuações ocorrem em consequência das variações de temperatura que se alteram de uma região para outra da estrutura física do Sol.

Ao passar pela atmosfera, a radiação solar com incidência normal fica sujeita a atenuação por espalhamento e por absorção. Esses processos produzem alterações no espectro das ondas eletromagnéticas que chegam à superfície do nosso planeta. Na Figura 4, podemos ver uma comparação entre os espectros esperados de um corpo negro, com o espectro do Sol *AM0*⁵, que representa a média espectral da radiação solar incidente no planeta proveniente do Sol, essa radiação se assemelha com a de um corpo negro a uma temperatura aproximada de 5800K. Já a curva *AM1.5*⁶, representa a queda na irradiância (fluxo de energia radiante *instantâneo* que incide sobre uma superfície) depois da interação das ondas eletromagnéticas com a atmosfera. A queda na intensidade de pico de aproximadamente 500 nm na curva *AM1.5* se deve a interação da radiação por meio do espalhamento de Rayleigh e pela absorção da radiação incidente pelos elementos que compõem a atmosfera, em especial: oxigênio (O_2), ozônio (O_3), água (H_2O) e dióxido de carbono (CO_2).

Figura 4 – Radiação incidente do Sol/Terra



Fonte: Widén e Munkhammar (2019), trauduzido pelo autor, 2023.

A Terra é banhada por ondas eletromagnética com uma variedade grande de comprimentos de onda, conhecer esse espectro é de suma importância para a produção de energia fotovoltaica; além disso, a radiação solar incidente na terra sofre várias alterações

⁵ O índice AM é coeficiente de massa de ar (leva em conta o caminho que a luz percorre para chegar a superfície da Terra), (Lima *et al.*, 2020, p. 11). Ele é dado pela fórmula: $AM \approx \frac{1}{\cos z}$, onde z é o ângulo de Zênite.

⁶ “O padrão *AM1.5* corresponde à intensidade de radiação solar para a latitude de $48,2^\circ$ é o mais universalmente aceito na caracterização de células solares”. (Lima *et al.*, 2020, p. 11).

devido a movimentação do planeta em relação ao Sol, essas movimentações tem efeitos no espectro da radiação que chega ao nosso planeta, portanto, entender como essas movimentações ocorrem ajuda a produzir equipamentos de captação de energia solar mais eficientes.

3.3 Radiação solar e o movimento da Terra

A grande parte das fontes de energia que são utilizadas pela humanidade hoje podem ser consideradas como fontes indiretas de energia proveniente do Sol (ANEEL, 2002). Isto é, antes de tais fontes serem utilizadas para nos fornecer energia, o Sol contribuía para a sua produção, seja fornecendo energia para a fotossíntese das plantas ou pelo gradiente de temperatura que contribui para o movimento das massas de ar. Portanto a produção de energia por meio das fontes hidráulicas, biomassa, eólica e combustíveis fósseis, todas acabam gerando formas indiretas de energia solar (ANEEL, 2002).

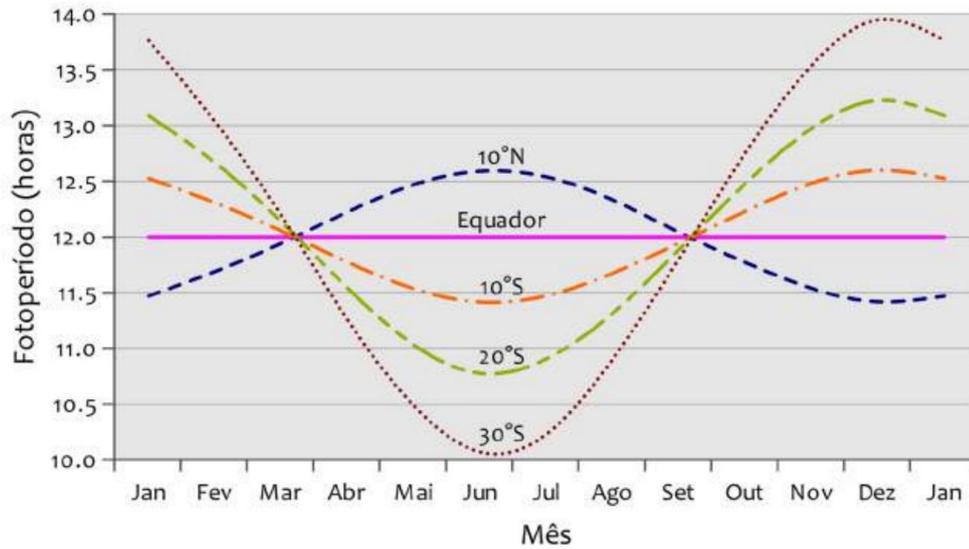
A quantidade de energia radiante recebida pela Terra proveniente do Sol está diretamente relacionada com conceitos de trocas de energia. No entanto, essa quantidade de energia também é influenciada pela movimentação celeste. Fatores como a inclinação do eixo terrestre, a órbita elíptica da Terra ao redor do Sol, e a rotação diária da Terra afetam a quantidade de energia solar recebida em diferentes partes do planeta e em diferentes épocas do ano. Um exemplo dessas mudanças é a variação da distância entre a Terra e o Sol ao longo do ano, que influencia a intensidade da radiação solar recebida pela Terra, de modo que ela varia de forma inversamente proporcional ao quadrado da distância entre estes dois astros (Iqbal, 2012). Essa distância média r_0 é chamada de unidade astronômica, que equivale a:

$$1 \text{ AU} = 1.496 \cdot 10^8 \text{ Km.}$$

Ao longo do ano, a distância entre a Terra e o Sol sofre variações máximas e mínimas. O ponto mais próximo do Sol, chamado periélio, ocorre aproximadamente em 3 de janeiro, a uma distância de 0,983 UA (unidade astronômica), enquanto o ponto mais distante, o afélio, ocorre cerca de 1,017 UA, no dia 4 de julho. Durante esse período, a Terra passa duas vezes pela distância média r_0 nos dias 4 de abril e 5 de outubro (Iqbal, 2012).

Entender esse movimento do nosso planeta em relação ao Sol é importante porque afeta a disponibilidade de radiação solar, conhecida como irradiância solar. Essa irradi-

Figura 5 – Variabilidade do fotoperíodo ao longo do ano para diferentes latitudes.



O fotoperíodo apresenta maior variabilidade a medida que a localidade está mais próxima dos polos.

Fonte: Pereira *et al.* (2006).

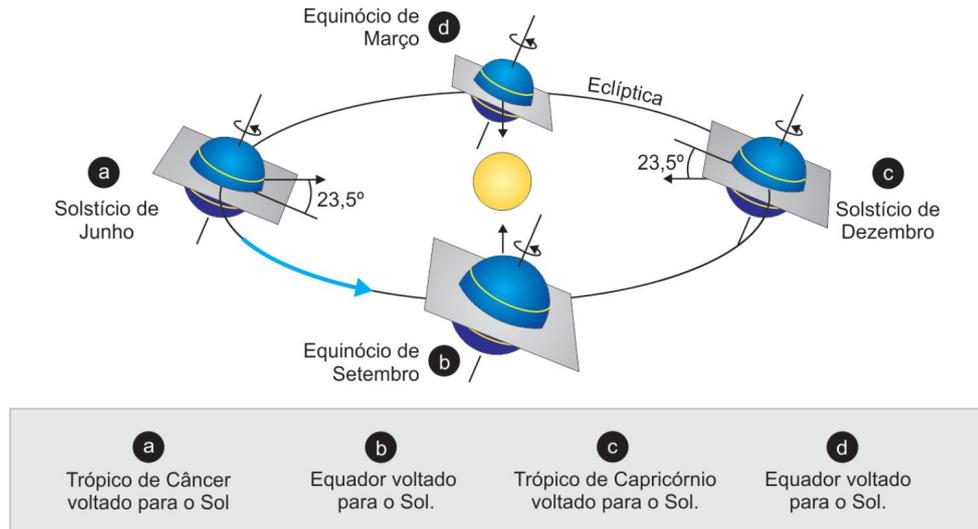
ância pode variar ao longo do ano, variando entre 1.325 W/m^2 e 1.412 W/m^2 , com uma irradiação solar média em torno de 1.366 W/m^2 .

A variação da irradiância solar ao longo do ano também está sujeita à duração dos dias e à quantidade de energia solar incidente em um ponto específico do planeta. Essa variação apresenta dois ciclos de variação temporal: o ciclo anual e o diário.

Na Figura 5, podemos observar a variação do tempo de duração dos dias em relação à iluminação fornecida pelo Sol ao longo de um ano para diferentes latitudes (Pereira *et al.*, 2006). A duração dos dias tem uma forte relação com as estações do ano; dependendo da estação, determinadas regiões do planeta sofrem uma diminuição ou aumento da irradiância solar.

O ciclo anual acontece devido a inclinação do planeta Terra, que é cerca de $23,45^\circ$ em relação a seu plano orbital do seu movimento ao redor Sol, como pode ser visto na Figura 6. Nesse movimento, não ocorrem mudanças no ângulo formado pelo eixo polar e a normal ao plano da eclíptica (plano de revolução da Terra em torno do Sol), permanecendo, portanto, essa inclinação ao longo de todo o percurso de translação.

Figura 6 – Mudança da inclinação da Terra.



Ao longo do ano entre o equador e a eclíptica, à medida que a Terra se desloca na órbita ocorre a mudança do paralelo que está apontado diretamente para o Sol.

Fonte: Saraiva e Kepler (2014).

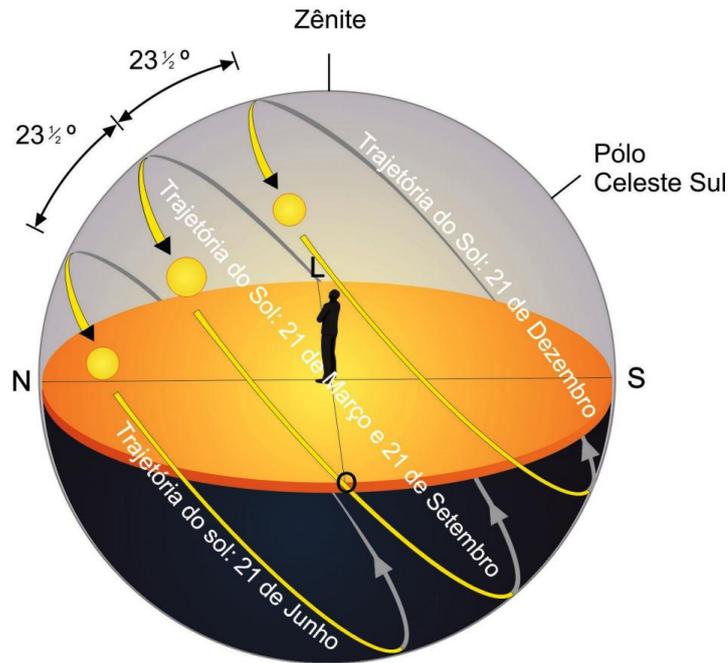
As mudanças ocorridas na inclinação do Sol podem ser observadas na Figura 7, sendo orientadas em relação a um observador na terra, ocorrendo graças a movimentação combinada de rotação e translação que são responsáveis por esse movimento aparente do Sol. Por convenção, as estações do ano são determinadas pelos solstícios que acontecem nos meses de junho e dezembro, nesses períodos o Sol percorre a trajetória mais baixa e mais alta de seu movimento aparente, respectivamente, vista por um observador na terra a partir do equador terrestre (Pereira *et al.*, 2006).

Já o equinócio (período em que a duração do dia e da noite são iguais em ambos os hemisférios), é o momento em que o Sol, em sua órbita aparente, cruza o Equador terrestre. Nos dias de equinócio, a radiação solar possui a mesma intensidade nos dois hemisférios.

Toda essa dinâmica celeste sazonal é responsável por proporcionarem mudanças diurnas que causam variações periódicas no fluxo da radiação oriunda do Sol. Além disso, as datas reais dos equinócios e solstícios variam ligeiramente de ano para ano. Por causa disso, encontramos datas ligeiramente diferentes para esses acontecimentos (Iqbal, 2012).

Outro fator responsável por flutuações no fluxo da irradiância solar, são os processos de *espalhamento* e de *absorção* dessa energia radiante. O processo de espalhamento ocorre por gases atmosféricos (aerossóis emitidos por fontes naturais e antrópicas); ocor-

Figura 7 – Círculos diurnos do Sol



Fonte: Saraiva e Kepler (2014).

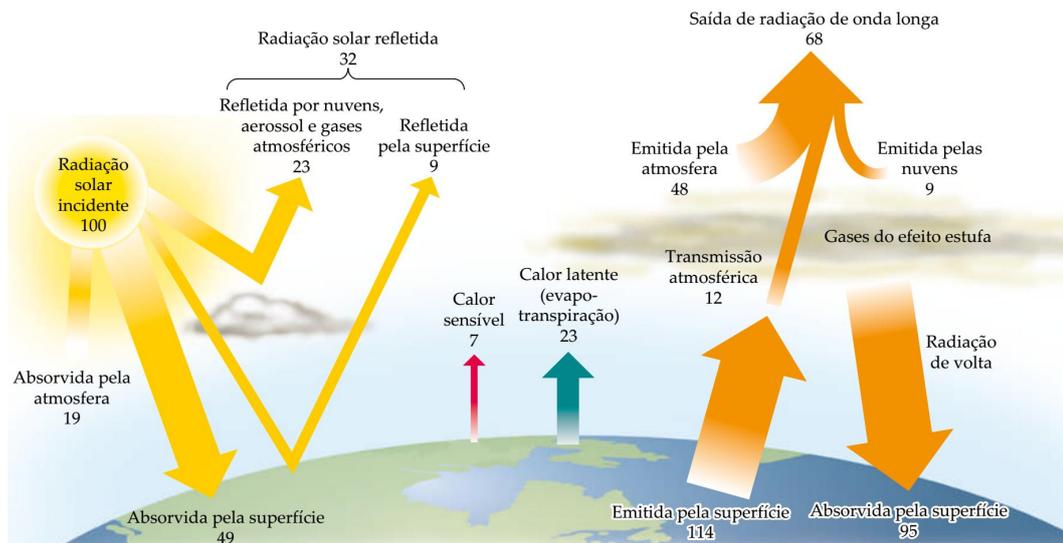
rendo também por partículas em suspensão no ar. Um dos mais importantes processos de espalhamento é o espalhamento de Rayleigh, no qual temos a luz sendo espalhada pelas moléculas de ar. Sendo esse tipo de espalhamento ocorrendo para comprimentos de onda na faixa do azul ($0,6\mu\text{m}$) do espectro. Se retomarmos a Figura 4, a queda na curva AM1.5 até o comprimento de onda de 500nm ocorre graças ao espalhamento de Rayleigh. E as demais quedas no gráfico são fruto do processo de absorção da radiação incidente (Widén; Munkhammar, 2019).

Devido ao processo de espalhamento, podemos observar a cor azul do céu durante o dia e a cor amarelada do Sol ao fim da tarde. Isso se dá por causa que a maior parte da radiação que atinge a terra de outras direções, refletidas por nuvens, e outros corpos ou partículas e pela própria terra, tenha sido espalhada. O nível de espalhamento é determinado tanto pelo comprimento de onda da radiação em relação ao tamanho das partículas como pela concentração delas por unidade de área que a radiação deve percorrer ao atravessar as várias camadas atmosféricas (Widén; Munkhammar, 2019).

A absorção na faixa do ultravioleta ($0,001 - 0,4\mu\text{m}$), acontece devido a interação da radiação solar com moléculas de ozônio (O_3) produzido a partir da absorção da radiação ultravioleta que dissocia a molécula de oxigênio (O_2) em oxigênio atômico; além disso, a

absorção também ocorre pelo vapor de água na atmosfera e pelo dióxido de carbono (CO_2) que absorvem espectros na faixa do infravermelho ($0.8 - 1000\mu m$) que convertem essa radiação em calor, que é reemitido como radiação de ondas longas (Iqbal, 2012);(Pereira *et al.*, 2006);(Widén; Munkhammar, 2019), como pode ser visto na Figura 8.

Figura 8 – Balanço energético da Terra



Fonte: Cain, Bowman e Hacker (2017).

Esses processos físicos têm um importante papel para o equilíbrio termodinâmico do planeta, já que promovem o controle do fluxo de radiação solar que efetivamente atravessa a camada da atmosfera até atingir a superfície com um valor máximo aproximadamente de $1.000 W/m^2$ ao meio dia solar (período em que o Sol se encontra no ponto mais alto, percorrendo portanto uma espessura menor da atmosfera terrestre em condições de céu claro) (Pereira *et al.*, 2006).

No Brasil, em determinadas circunstâncias, é possível que esse valor possa variar em períodos curtos do dia para valores próximos de $1.822 W/m^2$, em condições de nebulosidade parcial ocorre o fenômeno do espalhamento por bordas de nuvens ou efeito lente em consequência da geometria Sol/Nuvens/Terra (Rüther; Nascimento; Campos, 2017 apud Pereira *et al.*, 2006, p. 17).

3.4 Conversão fotovoltaica em energia

A energia fotovoltaica é oriunda da conversão da radiação solar em energia elétrica de corrente contínua a partir da captação dessa radiação por semicondutores que transformam os fótons incidentes em energia elétrica útil. Esse fenômeno foi observado pela primeira vez em 1839 pelo físico francês Edmond Becquerel, “que verificou que pla-

cas metálicas, de platina ou prata, mergulhadas num eletrólito, produziam uma pequena diferença de potencial quando expostas à luz.” (Vallêra; Brito, 2006, p. 1).

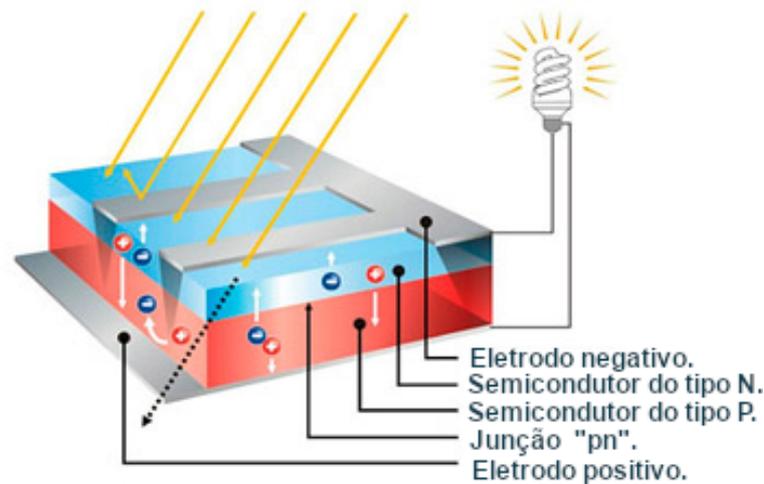
Em 1977, W. G. Adams e R. E. Day criaram placas que utilizavam um filme de selênio em sua composição para tentar gerar energia elétrica a partir do efeito fotovoltaico, conseguindo com isso placas com uma eficiência de apenas 0,5%. Já no final do século XIX, tal tecnologia foi empregada na construção de fotômetros⁷ para máquinas fotográfica pelo engenheiro alemão Werner Siemens⁸ (Vallêra; Brito, 2006). Devido a pouca eficiência dos painéis a base de selênio a utilização da tecnologia fotovoltaica teve de esperar avanços em direção a uma melhor compreensão dos materiais semicondutores e de um arcabouço teórico que envolve: A explicação do efeito fotoelétrico, o advento da mecânica quântica e a teoria de bandas. Bem como as técnicas de dopagem e purificação que estão ligados ao desenvolvimento dos transístores (Brito; Silva, 2006); (Vallêra; Brito, 2006).

A primeira célula solar foi desenvolvida em 1953 pelo químico Calvin Fuller do Bell Labs, nos Estados Unidos. Ele desenvolveu um processo que adiciona impurezas em cristais de silício, essas impurezas têm a função de fornecimento de um fluxo de cargas elétricas entre as bandas de valência e de condução no arranjo da célula fotovoltaica de silício (esse processo é chamado de “dopagem”). O processo de dopagem consistia em adicionar ao silício uma pequena quantidade de gálio (“impureza”) que tem a função de tornar o silício condutor de cargas móveis positivas (e por isso é chamado silício do “tipo p”). Posteriormente, o físico Gerald Pearson, também do Bell Labs, adicionou o lítio a placa de silício, produzindo impurezas que possuíam excesso de elétrons livres, portadores de cargas negativas (e por isso chamado silício do “tipo n”). Ao juntar o silício do tipo p com o do tipo n, surge um campo elétrico na junção entre as duas placas chamadas de “junção p-n” (zona ativa da célula solar), como pode ser visto na Figura 9; posteriormente verificou-se a produção de corrente elétrica quando as placas eram expostas a luz, rendendo uma eficiência de 4%, muito acima do rendimento das placas de selênio (Lima *et al.*, 2020); (Vallêra; Brito, 2006).

⁷ O fotômetro é um aparelho que mede a intensidade da luz através de parâmetros fotográficos. Este converte a luz em corrente eléctrica podendo ser medida em valores referentes à velocidade de obturação ou abertura de diafragma da câmera.

⁸ Fundador da empresa gigante de tecnologia Siemens.

Figura 9 – Visão transversal de um painel solar



Fonte: <https://www.fotovoltec.com.br/front/tecnologia>, acessado em 17/03/24; modificada pelo autor, 2023.

Devido à dificuldade de soldar componentes nas placas de silício e ao alto custo de produção, as placas solares foram inicialmente utilizadas apenas como fonte de alimentação secundária para satélites. Inicialmente, os satélites eram alimentados por pilhas químicas ou fontes de alimentação baseadas em isótopos radioativos. A NASA⁹ não confiava na nova tecnologia, mas decidiu equipar o satélite Vanguard I, lançado em 1958, com um pequeno painel solar. Após o lançamento, a pilha química falhou e o satélite conseguiu se manter funcionando graças ao painel solar, permanecendo em operação por oito anos (Vallêra; Brito, 2006).

3.4.1 Luz, fótons e a interação deles com a matéria

O impacto produzido pela mecânica quântica possibilitaram o desenvolvimento de um enorme aparato tecnológico. Toda essa revolução está baseada em um novo formalismo trazido com os avanços dos conhecimentos adquiridos a partir do estudo de “objetos” de dimensões quânticas. Esse formalismo se sustenta numa interpretação que leva em conta os aspectos dual dos *objetos quânticos*. Este princípio diz que partindo de dados experimentais feitos a partir de um experimento específico, é possível compreendê-los se considerarmos tais objetos tendo *características* tanto de onda como também de partícula, mas nunca ambas de forma simultânea. Essa forma mutuamente excludente nos permite interpretar os dados experimentais de forma mais abrangente, possibilitando uma descrição mais aperfeiçoada dos *objetos quânticos*. (Carvalho *et al.*, 2023).

⁹ National Aeronautics and Space Administration - NASA.

A luz sendo um *objeto quântico*, ela também possui uma natureza tanto de onda como de partícula, onde a depender do que se busca no ato da realização das medições ela pode se comportar de uma forma ou de outra. Ao se tratar sobre esse tema em sala de aula o professor deve ter cuidado para não passar a ideia errada para os estudantes de que a luz pode ser considerada como onda e partícula de forma simultânea, dificultando assim o aprendizado; nas palavras de Carvalho et al:

O uso desta expressão [dualidade] pode evocar na mente do estudante uma contradição lógica, capaz de dificultar a construção conceitual do objeto quântico, pois evoca a ideia de unir em uma única representação dois objetos clássicos distintos e disjuntos. [...] A abordagem dual, associada ao objeto quântico, sugere que algo é bem localizado no espaço e, ao mesmo tempo espalhado, e que segue uma trajetória bem definida no espaço e não segue. (Carvalho *et al.*, 2023, p. 2, grifo do autor).

Os objetos quânticos não se comportam como algo conhecido classicamente, “Elas não se comportam como ondas, elas não se comportam como partículas, não se comportam como nuvens, [...] ou como qualquer coisa que você já tenha visto” (Feynman; Leighton; Sands, 2008, p. 21). Nas palavras destes mesmos autores:

Uma vez que o comportamento atômico é tão diferente da experiência cotidiana, é muito difícil se acostumar, ele parece peculiar e misterioso para todos – tanto para o iniciante como para o físico experiente. Mesmo os experts não o entendem da maneira que gostariam, e é perfeitamente razoável que seja assim porque todas as experiências humanas diretas ou intuitivas se aplicam a objetos grandes. Nós sabemos como as coisas grandes se comportam, mas numa escala pequena elas não se comportam dessa forma. Então precisamos aprender sobre elas de uma forma abstrata ou imaginativa e não por analogia com nossa experiência direta. (Feynman; Leighton; Sands, 2008, p. 21).

O que se tem, é que não devemos interpretar os objetos quânticos nem como ondas e nem como partículas e sim como objetos que possuem algumas *características* que lembram as definidas pela Física clássica. “As ondas e as partículas são então manifestações de aspectos deste objeto quântico” (Carvalho *et al.*, 2023, p. 2); sendo definidos por muitos autores como “ondas de partículas/matéria” (“Interpretação de Copenhague” baseada no princípio da complementariedade) (Carvalho *et al.*, 2023); (Feynman; Leighton; Sands, 2008). Essa diferenciação se faz necessária para se evitar analogias que dificultem a compreensão dos conceitos quânticos, enfatizando para o estudante a inovação real trazida por esse novo ramo da Física, sem que haja perda de sua importância histórica na quebra de paradigmas que vigoravam a muito tempo, e muito menos dificultando seu entendimento com comparações que possam dificultar o entendimento de novos conceitos

que estão quase que totalmente desvinculados com os da Física clássica, tornando-se de fato uma nova forma de encarar a matéria e suas interações.

O estudo da luz do ponto de vista clássico, por meio das equações de Maxwell, nos permite compreender uma série de fenômenos. No entanto, quando se trata da interação da luz com a matéria, a abordagem clássica perde sua efetividade. Com base na mecânica quântica, a luz é considerada uma radiação eletromagnética composta por fótons de energia, que são “pacotes” de energia descritos pela Equação 3. Não há uma caracterização real da luz do ponto de vista da Física clássica, pois nesta não é possível existir um objeto físico que possua simultaneamente características de corpúsculo (um objeto de dimensões ínfimas bem localizado no espaço) e de onda “(ou campo) perturbação que se estende pelo espaço” (Carvalho *et al.*, 2023).

O fóton ao se comporta como uma partícula cujo o momento linear (p), dado por:

$$p = \hbar k, \quad (6)$$

onde $\hbar = h/2\pi$ e \mathbf{k} é chamado de vetor de onda, associado ao comprimento de onda λ de acordo com a expressão $k = 2\pi/\lambda = \omega/c$.

Levando em consideração o ponto de vista corpuscular, a forma como a luz interage com a matéria pode ser descrita como uma colisão entre o fóton e as partículas elementares da matéria, nessa interação os fótons podem ser totalmente absorvidos, emitidos ou parcialmente espalhados, desde que sejam mantidas as leis de conservação de energia, do momento linear, momento angular e de conservação da carga (Lima *et al.*, 2020).

De um modo geral, a matéria é formada por átomos com níveis de energia discretos, os quais podem ser determinados utilizando as soluções da equação de Schrödinger. A quantidade de níveis de energia de cada átomo é determinada pelo número de elétrons que ele possui, começando pela camada fundamental (a que possui a menor energia possível para o átomo em questão). Os elétrons na eletrosfera são distribuídos em sete camadas eletrônicas, nomeadas por letras do alfabeto: K, L, M, N, O, P e Q, onde a cada camada se associa um número quântico. Os elétrons de cada camada possuem energia sempre inferior à da camada seguinte.

Tomando o átomo de hidrogênio como exemplo, que possui seu único elétron no estado fundamental em $1s^1$, quando fornecemos energia na forma de luz, por exemplo, seu único elétron pode absorver um fóton. Caso esse fóton possua energia suficiente para

permitir que o elétron transite do estado fundamental para uma camada mais elevada e, conseqüentemente, mais energética, o elétron fará essa transição, desde que seja conservada a energia e o momento angular no processo.

As ligações entre átomos surgem da interação entre seus orbitais de valência. Os elétrons de valência estão mais distantes do núcleo atômico e, conseqüentemente, possuem uma ligação mais fraca, o que possibilita seu deslocamento e até sua remoção completa do átomo com mais facilidade. Por outro lado, os elétrons que estão mais próximos do núcleo necessitam de uma energia maior para serem excitados para outros níveis, como fótons de raios-X e de UV (ultravioleta) de alta energia. A radiação gama (γ), devido à sua alta energia, é capaz de produzir transições nos níveis dos prótons e nêutrons na parte interna do próprio núcleo atômico. Fótons na faixa do UV já são considerados radiações ionizantes, pois têm a capacidade de arrancar elétrons do átomo, deixando-o livre e ionizado (Lima *et al.*, 2020).

3.4.2 Funcionamento dos painéis solares

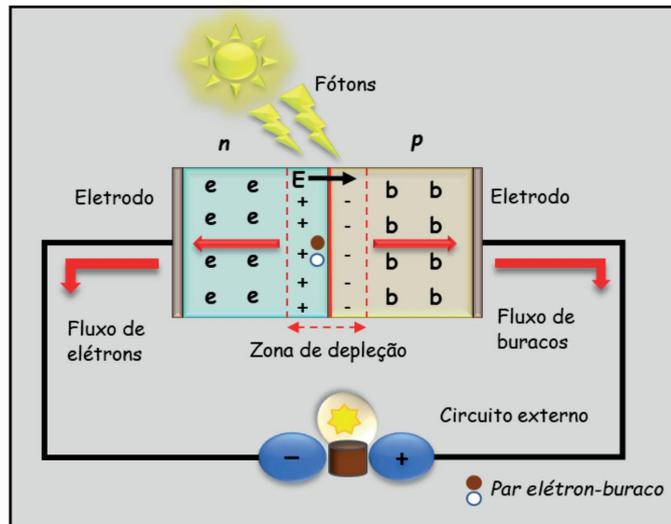
Para desenvolver o conteúdo sobre o funcionamento dos painéis solares para estudantes do ensino médio, sugere-se uma abordagem mais simplificada, focando nas características básicas dos semicondutores¹⁰ e no processo de produção de elétrons livres.

Os painéis solares são construídos com materiais semicondutores, que podem se comportar tanto como isolantes quanto como condutores, dependendo da temperatura e da presença de impurezas no material das placas. Em temperaturas próximas do zero absoluto ($\approx -273^\circ\text{C}$), os semicondutores não possuem elétrons livres e agem como isolantes, incapazes de conduzir eletricidade. À medida que a temperatura aumenta, os elétrons recebem energia suficiente para ultrapassar a barreira de energia (gap), tornando-se fracamente ligados aos átomos constituintes do semicondutor. Essa barreira é uma região onde não existem elétrons livres, pois estão ou ligados ao semicondutor ou considerados livres. Essa explicação simplificada aborda as transições de níveis de energia sem entrar em detalhes sobre bandas de energia, tornando o conceito mais compreensível para os estudantes do ensino médio.

¹⁰ Os semicondutores podem ser classificados em dois tipos básicos, intrínsecos ou extrínsecos. Os intrínsecos são feitos de materiais puros, isto é, uma estrutura cristalina feita apenas de um elemento que possui quatro elétrons na camada de valência. Já os extrínsecos passam pelo processo de dopagem. Esse processo diz respeito à adição de outros elementos (impurezas) no cristal. Isso faz com que a condutividade elétrica do material aumente, o que possibilita a passagem de corrente elétrica no material sem a necessidade do aumento de temperatura. Fonte: <https://www.ecycle.com.br/semicondutores/>.

Quando os elétrons se movem da camada de valência para a de condução devido à diferença de potencial existente, deixam um “buraco” na camada de valência, que se comporta como uma “partícula” de carga positiva, atraindo elétrons. Eventualmente, os elétrons e os buracos se recombinam dentro dos semicondutores e desaparecem. Nas proximidades da junção p-n, existe uma região de depleção, onde os pares elétron-buraco são impedidos de se recombinarem devido à ação do campo elétrico interno E . Esse campo é responsável por “conduzir” elétrons para um lado e buracos para outro da junção. Uma vez que a energia eletrostática de atração entre os pares seja vencida (o que geralmente é baixo em semicondutores), esses elétrons tornam-se praticamente livres, aumentando assim a condutividade elétrica do material semiconductor (Lima *et al.*, 2020)

Figura 10 – Esquema do funcionamento de uma célula solar



Fonte: https://www.atenaeditora.com.br/%2Fcatalogo/%2Fdownload-post/%2F83392&psig=AOvVaw0MRXc3pVIYX35VE0CLoqfW&ust=1710794298077000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CBMQjRxqFwoTCMD-ocWT_IQDFQAAAAAdAAAAABAJ. Acessado em 17/03/24.

4 METODOLOGIA

Com base nas fundamentações apresentadas, pretendeu-se implementar a resolução de problemas investigativos no contexto da sala de aula. O objetivo foi apresentar uma proposta que visa promover o ensino da óptica para o segundo ano do ensino médio, tomando como tema motivador a Física envolvida no funcionamento dos painéis solares. Dessa forma, oferece-se uma alternativa para o ensino deste conteúdo. Além disso, pretende-se avaliar como essa proposta é recebida pelos estudantes e se ela é adequada para ser implementada nas aulas de Física.

Para isso, foram propostos problemas com diferentes níveis de dificuldade, acompanhados da utilização de materiais que auxiliassem os estudantes na compreensão do conteúdo. Esses recursos forneceram embasamento teórico para que os estudantes pudessem refletir sobre os problemas e buscar respostas que os conduzissem a conclusões sobre os fenômenos luminosos e a produção de energia fotovoltaica.

O estudo proposto adotou uma abordagem de pesquisa exploratória, visando proporcionar ao pesquisador um entendimento sobre o tema investigado. De acordo com Gil *et al.* (2002, p. 41), esse tipo de pesquisa tem como principal objetivo o aprimoramento de ideias, caracterizando-se por um planejamento flexível que permite a consideração de uma ampla gama de aspectos relacionados ao fenômeno estudado. Tal abordagem possibilita verificar as potenciais aplicações da proposta e identificar as variáveis relevantes a serem consideradas ao implementar abordagens semelhantes no contexto escolar. Além disso, o estudo serviu como material de apoio para facilitar o uso dessa abordagem, tornando-o mais acessível para outros professores reproduzirem parcial ou integralmente em contextos semelhantes.

Foi também utilizada na pesquisa uma abordagem qualitativa, escolhida por focar mais no processo e menos no produto. Além disso, conforme destacado por Ludke e André (2018), a pesquisa qualitativa direciona seu foco para o ambiente em que é conduzida, levando em conta as circunstâncias específicas nas quais o objeto de pesquisa está inserido. Dessa forma, a principal fonte de dados foi o ambiente escolar. Os dados coletados consideraram a descrição da condição social dos estudantes, o contexto em que a escola está localizada, os eventos e observações feitas pelos estudantes durante o processo de resolução dos problemas.

4.1 Proposta de trabalho

O produto educacional foi aplicado como parte integrante do quarto bimestre do ano letivo de 2023, com o tema motivador centrado na compreensão da Física envolvida no funcionamento dos painéis solares. A partir dessa temática, foram elaborados problemas investigativos que serviram como alicerce para explorar o funcionamento dos painéis solares sob a ótica da luz, em vez de se concentrar exclusivamente na produção de energia. Além disso, como mencionado anteriormente, foi dada ênfase à natureza da luz, desviando-se da abordagem convencional dos fenômenos luminosos que usualmente se concentram nos aspectos geométricos. A partir dessa perspectiva, foram abordados temas relacionados à Física moderna dentro do contexto do ensino médio. Essa abordagem possibilita ao professor apresentar temas que, muitas vezes, são negligenciados no ensino médio devido a uma variedade de fatores.

4.2 Caracterização da escola na qual foi efetivada a proposta de intervenção.

A escolha do Centro Profissionalizante Deputado Antônio Cabral - CPDAC como local de pesquisa foi influenciada pelo fato de ser uma das escolas onde o pesquisador atua profissionalmente, facilitando assim a implementação da proposta, nas próprias turmas do pesquisador. Estrategicamente situada em um dos maiores bairros de João pessoa, a escola está localizada na zona sul da cidade.

A escola, assim como os bairros circunvizinhos, possui dificuldades, a escola padece com a falta de manutenção e de mão de obra, tanto de professores como pessoal de apoio. O deficit de professores e a falta de aulas representam um desafio significativo para manter os estudantes nas salas de aula. Muitos estudantes acabam saindo mais cedo ou até mesmo evadindo-se da escola, aproveitando-se da situação de falta de supervisão.

4.3 Caracterização do público-alvo

O público-alvo consistia em estudantes que estavam concluindo o segundo ano regular do ensino médio. Esses estudantes, em sua maioria, pertenciam a famílias de baixa renda e frequentavam a escola localizada em uma região periférica da cidade.

Essa diversidade de características apresentava diversos desafios para os professores, uma vez que as salas de aula eram compostas por estudantes com níveis de aprendizado muito distintos entre si. Essa disparidade de habilidades e conhecimentos tornava o plane-

jamento das aulas mais complexo. Enquanto alguns estudantes enfrentavam dificuldades em seu aprendizado, outros possuíam um nível intelectual menos deficitário, criando uma heterogeneidade desafiadora.

Diante desse cenário, novas abordagens, como a resolução de problemas investigativos, surgiram como uma ferramenta para complementar o trabalho dos professores. Essa abordagem tinha o potencial de nivelar as diferenças entre os estudantes, permitindo que estudantes com habilidades diversas pudessem trabalhar juntos em busca de soluções. No entanto, é importante ressaltar que a resolução de problemas não era uma solução universal para todos os desafios educacionais. Ela representava apenas uma das muitas estratégias disponíveis para os educadores lidarem com a diversidade de aprendizado em suas salas de aula.

4.4 Elaboração da proposta

Os problemas foram construídos com níveis crescentes de dificuldade, buscando uma formatação compatível com o desenvolvimento do grupo de estudantes escolhidos, levando em consideração o contexto social em que estavam inseridos e o grau de escolarização (série). Para a efetivação desta proposta, os problemas deveriam despertar a curiosidade dos estudantes sobre como os painéis solares funcionam, contendo elementos motivacionais e contextuais. Dessa forma, houve a necessidade de buscar problemas que, segundo Clement, Luiz (2013), possuíssem um grau de dificuldade relevante a ponto de instigar a busca por descobertas, mas também não tão baixo a ponto de fazer com que os estudantes perdessem o interesse.

Esses elementos serviram como incentivo para manter a necessidade dos estudantes por respostas. A utilização de elementos conhecidos, mas em sua maioria incompreendidos, pôde instigar a busca por respostas, e para isso, eles tiveram de buscá-las por meio de um processo investigativo.

Tais características foram empregadas com a função de tentar fazer com que a motivação para a resolução dos problemas fosse crescente, o que, segundo Clement, Luiz (2013), permitiria que os estudantes se envolvessem com a construção de uma solução de sua autoria. Dessa forma, ao adentrar posteriormente em problemas que envolvessem uma abordagem menos experimental e mais conceitual, os estudantes já teriam uma visão geral da proposta, podendo facilitar o trabalho de conexão contextual e argumentativa entre os diferentes temas no momento das discussões.

Para auxiliar nessa construção, foram utilizados materiais complementares, como textos, vídeos de apoio e alguns brinquedos educacionais que serviram como meio de investigação. Esses recursos foram utilizados tanto como fonte de pesquisa, auxiliando os estudantes a formularem hipóteses sobre os problemas propostos, possibilitando que construíssem seus próprios modelos mentais. Os modelos mentais eram amplamente utilizados, pois permitiam que os cientistas reconstruíssem parte da realidade do objeto ou fenômeno que se propuseram a investigar, fazendo uso de conceitos e relações. Dessa forma, era importante que os estudantes fossem capazes de construir seus próprios modelos, possibilitando a compreensão do tema estudado. Esta ação, acaba estimulando a criatividade espontânea dos estudantes e o emprego de vários elementos do conhecimento trazido por eles de forma empírica ou aprendidos previamente em outras disciplinas.

Os problemas e as discussões posteriores representaram parte importante do processo de aprendizagem, sendo o momento onde os estudantes elaboraram suas respostas e as apresentaram aos demais. Em seguida, abriu-se espaço para discussões que também serviram para a coleta de informações sobre suas impressões, as dificuldades enfrentadas e suas opiniões sobre o processo como um todo.

Para a construção dos problemas, buscou-se utilizar elementos que permitissem que fossem abordados os temas relevantes para a introdução ao funcionamento dos painéis solares, sem que fossem abordados de forma que esses elementos seriam utilizados e nem fornecendo todas as informações necessárias (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019), não prejudicando assim todo o processo de descoberta por meio da investigação. Tais problemas levaram em consideração o contexto interdisciplinar da proposta, envolvendo conceitos e modelos da Química e Física.

Os problemas envolveram estruturas que possibilitaram a reflexão e a discussão, permitindo assim “o desenvolvimento de habilidades específicas do currículo” (Lopes; Silva Filho; Alves, 2019, p. 56). Dessa forma, ao construir um problema, o professor deve avaliar sua utilidade pedagógica dentro do contexto do currículo, garantindo que os problemas abranjam diferentes temas a serem trabalhados ou retomem conteúdos passados de forma complementar. Isso possibilita a conexão entre o conhecimento prévio dos estudantes e a base conceitual a ser trabalhada.

Todos os problemas apresentados aos estudantes partiram de perguntas cujas respostas forneceram pistas para que, ao final, pudessem juntá-las e inferir, mesmo que de

forma simplista, dentro do contexto dos painéis solares, a forma como os mesmos funcionavam. Esses problemas foram modificados à medida que se viu a necessidade de adaptá-los às capacidades e ao nível de conhecimento dos estudantes, sem que fosse perdida a essência da proposta. A construção dos problemas seguiu a estrutura que consta no Quadro 5.

Quadro 5 – Estrutura utilizada para a construção dos problemas.

- Contextualizar a proposta.
- Estruturar os problemas conforme o contexto pretendido.
- Ajustar os problemas, levando em consideração o nível de conhecimento e a relevância do mesmo para a efetivação da proposta.
- Verificar as possíveis soluções do problema e suas conexões com a proposta.
- Delimitar a abrangência das soluções para não fugirem do tema proposto.
- Verificar a forma como serão empregados os conteúdos de natureza conceitual, procedimental e atitudinal nos problemas propostos.

Fonte: Clement, Luiz (2013); Lopes, Silva Filho e Alves (2019).

4.5 Sequência didática da proposta

A seguir apresentamos o Quadro 6 com a sequência didática, onde constam os objetivos e o que foi feito nas etapas de aplicação do produto educacional. A organização desta sequência seguiu o que foi conveniente em relação ao público e as condições da escola e o tempo disponível para a aplicação do produto; de modo que sua modificação e adaptações podem e devem ser feitas a depender das condições envolvidas no processo.

Quadro 6 – Sequência didática da aplicação do produto educacional.

1º MOMENTO		
Nesta etapa, será apresentado aos estudantes o problema central deste produto educacional. O objetivo é proporcionar aos estudantes uma compreensão inicial da proposta, capturando suas primeiras impressões sobre o tema. Ao mesmo tempo, serão explorados conceitos iniciais e ideias pertinentes à proposta.		

Nº DE AULAS	OBJETIVOS	ATIVIDADE
1	Apresentar a Proposta; explicar Aspectos Relevantes da Utilização dos Painéis Solares	Exposição de imagens de painéis solares e células fotovoltaicas; momento de sanar dúvidas de como transcorreria os trabalhos.
2	Mostrar a importância dos modelos teóricos para a ciência como um todo, em especial para a Física, fazendo a distinção entre os modelos da ciência e os modelos do conhecimento empírico. Demonstrar como funciona um processo investigativo e as diferentes visões que são possíveis a partir do mesmo objeto ou fenômeno estudado, abrangendo conteúdos procedimentais e atitudinais dos estudantes.	Apresentação do problema da caixa, onde os estudantes serão solicitados a criarem um modelo que explique o funcionamento interno da caixa, sem que fosse possível abri-la; posteriormente, haverá uma complementação das discussões a partir da leitura do texto “O que são modelos”. Na segunda parte, os estudantes foram convidados a relacionar o problema da caixa com os modelos para a explicar a luz.
1	Introduzir uma discussão sobre o problema principal que é a Física por traz do funcionamento dos painéis solares.	Investigar se os painéis solares utilizam a luz do Sol ou o calor para funcionar, utilizando os brinquedos educacionais apresentados como objetos de investigação; essa investigação acontecerá sem a utilização de conceitos da Física, com base no que foi observado e nas conclusões dos estudantes a partir dos resultados das investigações realizadas.

2º MOMENTO		
O objetivo desta parte é preparar e incentivar que os estudantes refaçam a resposta dada no problema 1.2 do produto educacional, utilizando a base conceitual aprendida ao longo da proposta como forma de explicar o funcionamento dos painéis solares.		

Nº DE AULAS	OBJETIVOS	ATIVIDADE
2	Consolidar os conhecimentos vistos na Química do primeiro ano (modelos atômicos e distribuição eletrônica), descrevendo esses conceitos com base na Física; relembrar o conceito de quantização da energia.	Manipulação de objetos fotosensíveis, buscando explicar como esses objetos conseguem brilhar no escuro. Leitura do texto "Estrutura do átomo e os níveis de energia"..
1	Abordar de forma simplificada o efeito fotovoltaico, do ponto de vista da óptica, esclarecendo de forma resumida a Física que está por trás do funcionamento dos painéis solares.	Retomar a atividade 1.2 do produto educacional a fim de melhorar as respostas dadas e verificar os erros conceituais; discutir as respostas de forma coletiva.

4.6 Avaliação da proposta

A avaliação foi realizada considerando a participação dos estudantes nas discussões, no processo de resolução dos problemas e na atividade final da proposta. Essa última etapa consistiu em uma revisão, por parte dos estudantes, das respostas fornecidas para o primeiro problema proposto do primeiro momento. Ao final do trabalho, os estudantes revisaram as respostas fornecidas, sendo dada a eles a possibilidade de rever, discutir e reescrever suas respostas, utilizando para isso os novos conhecimentos e a base teórica aprendida por eles durante o transcurso do processo de aplicação do produto educacional.

5 CONSTATAÇÕES, RESULTADOS E DISCUSSÃO DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Um dos aspectos cruciais discutidos com os estudantes antes do início dos trabalhos foi a explicação do que envolvia a resolução de problemas investigativos. Isso tornou-se necessário devido à singularidade da proposta, juntamente com a definição das regras e das formas de trabalho. Foi fundamental que essa parte estivesse clara para os participantes, pois isso contribuiu para a economia de tempo durante a aplicação. Embora isso não tenha eliminado todas as dúvidas, permitiu que nos concentrássemos nas particularidades de cada etapa da proposta. Além disso, estabelecer um entendimento mínimo sobre como cada fase do trabalho seria conduzida pôde aprimorar a compreensão dos estudantes, permitindo que tivessem em mente o que foi proposto ao resolver os problemas apresentados em cada um dos dois momentos.

5.1 Primeiro momento

O primeiro momento da proposta tem o objetivo de apresentar o problema principal do produto educacional e proporcionar uma “adaptação” dos estudantes a esta forma de trabalho. Mas, para isso, o tema deve trazer alguma dúvida ou curiosidade para que possa ser possível uma adesão minimamente efetiva a proposta. Já nas explicações iniciais surgiram dúvidas e confusões sobre a diferença de painéis solares e equipamentos de aquecimento de água utilizados em casas e hotéis, Figuras 11 e 12.

Figura 11 – Aquecedor solar de água.



Fonte: <https://aquakent.com.br/blog/conheca-principais-beneficios-energia-solar-chuveiro/>.
em 08/11/2023.

Acessado

Figura 12 – Paineis solares.



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Painel_solar_fotovoltaico. Acessado em 30/10/2023.

Tornou-se necessário esclarecer essas dúvidas por meio de figuras e imagens que destacavam as diferenças entre os dois sistemas. Essas incertezas surgiram porque a mãe de um dos estudantes trabalhava em um hotel, onde ele havia visto alguns equipamentos de aquecimento de água e os confundiu com painéis solares. Essa contribuição inesperada foi muito útil para delimitar o escopo do produto a ser estudado, deixando claro para eles que nos concentraríamos especificamente nos painéis solares.

Posteriormente, foi apresentado exemplos de utilização dos painéis solares em escala empresarial, Figura 13 , discutindo suas vantagens e impactos positivos e negativos no meio ambiente e na economia local.

Figura 13 – Parque de energia solar na cidade de Coremas - PB.



Fonte: <https://www.weg.net/institucional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/complexo-solar-de-coremas-e-inaugurado-na-paraiba>. Acessado em 30/10/2023.

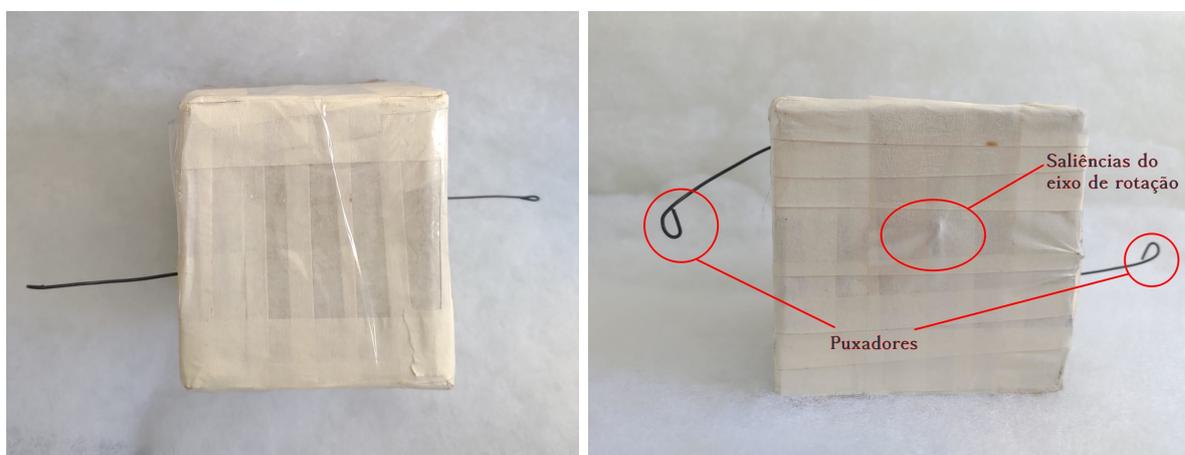
5.1.1 Atividade 1

As atividades que envolvem a resolução de problemas investigativos são muitas vezes desafiadoras, explorando, por meio de problemas aparentemente simples, questões que exigem um processo mais aprofundado de análise. Diante desse desafio, optou-se por iniciar um trabalho de adaptação dos estudantes a essa nova abordagem. Apesar de a resolução de problemas ter uma história relativamente longa de contribuições à educação em vários países, no cenário educacional brasileiro, ela ainda é pouco utilizada e, por vezes, desconhecida tanto por estudantes quanto por professores. Por esse motivo, uma abordagem inicial eficaz é tentar estimular os estudantes a compreender o papel dos modelos para a ciência.

Muitas vezes, os estudantes entendem as ideias apresentadas por meio de modelos, mas, ao final dos estudos básicos, podem desenvolver uma compreensão equivocada. Acreditam, por exemplo, que os modelos científicos, como o modelo atômico, o modelo da dupla hélice do DNA, entre outros, são verdades absolutas, não sujeitas a questionamentos. Daí a importância dessa discussão.

Para tornar essa discussão mais simples e didática, nos moldes de um processo investigativo, os estudantes foram convidados a analisar uma caixa que possui um mecanismo escondido que se movimenta ao ser puxado, tanto de um lado como do outro, Figura 14. O modelo de construção da caixa e de seu mecanismo interno encontra-se no Anexo A.

Figura 14 – Modelos da caixa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A atividade proposta consiste em desafiar os participantes a descobrirem e dese-

nharem o mecanismo interno de funcionamento da caixa, com base apenas nas informações visíveis em sua parte externa. Essa abordagem simula um processo investigativo, estimulando a curiosidade e a participação dos estudantes por meio da simplicidade da proposta.

A caixa contém algumas características externas que dão pistas aos estudantes de como é seu funcionamento. A partir delas eles produziram desenhos que explicaram a forma do seu funcionamento.

Ao se depararem com a caixa, os estudantes foram incentivados a observar atentamente todos os detalhes externos, utilizando suas habilidades de análise e dedução para inferir como o mecanismo interno pode operar. Essa atividade não apenas promove o pensamento crítico e a resolução de problemas, mas também estimulou a imaginação e a criatividade dos participantes.

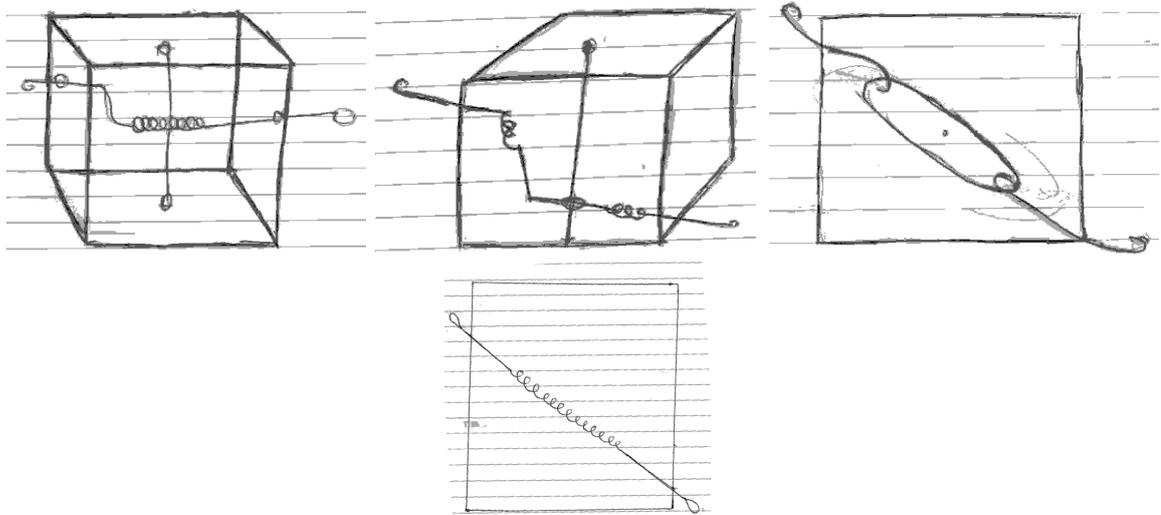
Ao final da atividade, os estudantes tiveram a oportunidade de comparar suas hipóteses e desenhos, discutindo as diferentes abordagens e conclusões alcançadas. Essa troca de ideias promoveu a colaboração e o aprendizado mútuo, além de reforçar a importância do método investigativo na busca por soluções.

Essa atividade deve ser conduzida sem a participação direta do professor nas discussões, cabendo a ele apenas o papel de observador e instigador de questionamentos. Essa conduta é necessária para que os participantes se sintam à vontade para conduzir suas próprias observações, levantar hipóteses de funcionamento em conjunto com os colegas do grupo e, posteriormente, participar das discussões com todos os grupos. Essa liberdade assistida também serve para que os participantes percebam que não existe uma resposta única, e que grupos diferentes podem ter visões distintas sobre o funcionamento da caixa.

Ao final da proposta, é papel do professor guiar os estudantes para que compreendam que diferentes visões são igualmente válidas, pois refletem a perspectiva de quem as construiu. É importante que os estudantes reconheçam a diversidade de interpretações e soluções possíveis diante de um problema, valorizando a criatividade e a pluralidade de ideias.

Na Figura 15 é apresentada a amostra dos quatro grupos que participaram da atividade.

Figura 15 – Esboços dos funcionamento da caixa.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A autonomia de pensamento proporcionada pela resolução de problemas investigativos pode oferecer aos estudantes novas formas de encarar desafios e de resolvê-los, tanto dentro quanto fora do ambiente escolar. Essa abordagem promove uma participação ativa e uma independência que os estudantes muitas vezes não experimentam em aulas tradicionais. Além de estimular a criatividade, essa liberdade de pensamento incentiva uma abordagem mais autônoma e reflexiva em relação ao aprendizado, conforme destacado por Clement e Terrazzan (2012). Dessa forma, resgata-se o uso de problemas como construtores de conhecimento, por meio da participação ativa dos estudantes.

Durante a aplicação da atividade houve muita desconfiança por parte dos estudantes. Isso se deve a liberdade dada para eles ser algo inédito na disciplina de Física.

Posteriormente, os estudantes passaram a discutir e desenhar suas conclusões, além de compartilhá-las com os outros grupos. Nesse momento, percebeu-se que os grupos estavam envolvidos em suas resoluções e, após decidirem como sua caixa funcionava, eles não tentavam modificar suas respostas, mesmo após verem os desenhos dos outros grupos, permanecendo com o que havia sido discutido pelo grupo. Essa atitude partiu dos próprios estudantes.

Esse tipo de atitude refletiu um ambiente de aprendizado colaborativo, no qual os estudantes se sentiram confortáveis em compartilhar suas perspectivas e respeitar as contribuições dos colegas. Além disso, indica que os estudantes estavam internalizando o que é uma investigação científica, reconhecendo a importância de considerar diferentes

pontos de vista e evidências. Isso foi possível graças a um ambiente livre de opressões por respostas certas; nesse caso o que contava era a investigação e as discussões envolvidas sem a necessidade de estar certo ou errado.

Após essa primeira etapa, os estudantes foram convidados a ler o texto “O que são modelos?” no Apêndice B. Nesta etapa, foram discutidos os principais pontos e feitas comparações com o problema da caixa.

5.1.2 Atividade 2

Inicialmente, tentou-se realizar o experimento da fenda dupla com um laser e um CD, mas como pode ser visto na Figura 16, o laser era forte e atravessava o disco sem mostrar as figuras de interferência de forma mais precisa, o que poderia atrapalhar a interpretação dos estudantes.

Figura 16 – Teste de experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

A escolha por um laser mais forte foi devido ao excesso de luminosidade que as salas possuem, o que poderia gerar dificuldades de visualização e uma aglomeração na frente do experimento, prejudicando a experiência dos estudantes. Dessa forma, foi comprada uma lâmina de fenda dupla na tentativa de prosseguir com o planejado. No entanto, essa opção também foi frustrada devido a mudanças na legislação de produtos importados da China, que passaram a ser cobrados impostos seguindo o programa do Remessa conforme¹¹. Devido à demora na expedição da alfândega do Brasil, a lâmina demorou muito a ser enviada, não chegando a tempo de ser utilizada.

¹¹ É um programa criado pela Receita Federal com o objetivo de tornar o fluxo de importação de produtos mais simples, ágil e eficiente.

Como alternativa, foi apresentado em sala o vídeo “Dr. Quantum - Fenda Dupla”¹². Essa alteração, apesar de ser válida, não trouxe o mesmo engajamento dos estudantes; já que um vídeo nunca vai substituir uma experiência. Mas, devido às circunstâncias, ao pouco tempo disponível e à necessidade de continuar com a aplicação do produto, essa foi a opção escolhida como forma alternativa.

Posteriormente às explicações de alguns pontos do vídeo, o seguinte problema foi apresentado: “De que forma os modelos propostos para a luz se assemelham ao modelo da caixa?”

O objetivo era que os estudantes pudessem relacionar o que foi aprendido com a óptica e a necessidade de construção de modelos que auxiliem na explicação dos fenômenos, consolidando a ideia de que tais modelos são construções que explicam a teoria até certo ponto. Além de introduzir novos conceitos como a natureza da luz de forma mais contextualizada.

A dificuldade na interpretação e na releitura do texto sugerido no apêndice B (O que são modelos) foi uma observação relevante, especialmente quando consideramos os relatórios do PISA (2022)¹³; que destacaram esse desafio como uma preocupação global em relação à educação. Essa dificuldade pode estar relacionada a uma série de fatores, como falta de prática na leitura, vocabulário limitado, falta de familiaridade com o gênero textual ou até mesmo barreiras culturais e linguísticas.

Ao preparar atividades desse tipo, é comum imaginar uma turma idealizada, ou o professor pode ter uma visão equivocada sobre o desempenho dos estudantes, baseando-se apenas em atividades não investigativas, como é frequentemente realizado. Por isso, torna-se necessário, antes do início da aplicação de problemas investigativos, apresentar atividades que possam proporcionar uma visão mais realista do público-alvo e das condições de trabalho que o professor enfrentará em sala de aula. Para isso que foi utilizado primeiramente o problema sobre os modelos, e em seguida o que envolve a conexão entre este e os modelos para a luz.

Durante a apresentação do problema aos estudantes, foi o primeiro contato deles com um desafio que envolvia a conexão entre temas aparentemente distintos, mas com uma relação implícita. Isso gerou muitas discussões e dúvidas sobre como abordar o problema,

¹² Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=UtPf0XYQzfl>. Acessado em 18 de novembro, 16:30.

¹³ Programa Internacional de Avaliação de Alunos; é uma rede mundial de avaliação de desempenho escolar, realizado pela primeira vez em 2000 e repetido a cada três anos.

além da descoberta dos limites das possíveis respostas devido à falta de embasamento para explicá-las, o que foi minimizado nas discussões posteriores. Vale ressaltar que os participantes não tinham experiência prévia em resolver problemas com esse grau de liberdade, e muitos tentaram recorrer à pesquisa na internet.

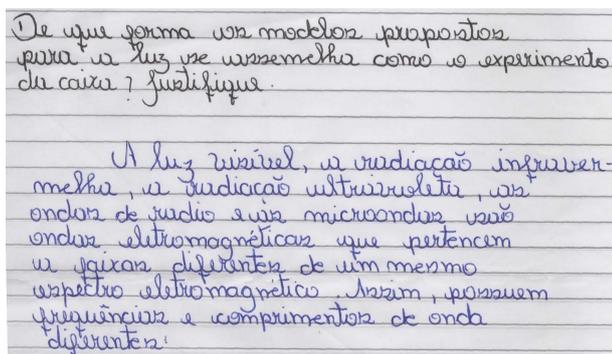
Pode-se dizer que, em parte, a forma como a atividade foi proposta contribuiu para essa situação, já que a atividade proposta apenas com o vídeo voltou a uma situação conhecida por eles e, logo, os estudantes responderam a ela da forma como estavam acostumados. Logicamente, a aplicação da atividade perdeu muito de sua característica investigativa ao substituir o experimento pelo vídeo. Mesmo assim, obtivemos algumas informações sobre a forma como os estudantes agiam em momentos distintos, levando em consideração as duas primeiras atividades.

Na primeira atividade, os estudantes demonstraram uma participação ativa na busca por soluções, enquanto na seguinte essa abordagem foi substituída pela utilização de comportamentos que em nada contribuem para o processo de aprendizagem.

Alguns grupos deram respostas totalmente fora do contexto do problema, abordando temas e conteúdos que não se relacionavam de forma direta com o problema. Isso sugere que eles podem ter coletado partes de textos da internet que não tinham ligação contextual com a questão apresentada.

A seguir na Figura 17, podemos verificar algumas destas respostas.

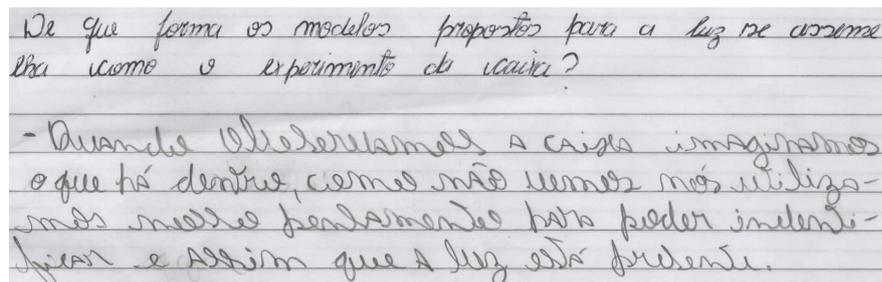
Figura 17 – Extrato da produção dos estudantes.



“ A luz visível, a radiação infravermelha, a radiação ultravioleta, as ondas de radio e as microondas são ondas eletromagnéticas que pertencem a faixas diferentes de um mesmo espectro eletromagnético. Assim, possuem frequências e comprimentos de onda diferentes”.

O que se percebe é que os grupos que menos interagiram no momento da discussão do problema foram aqueles que mais se utilizaram da internet para buscar a solução do problema. Isso sugere que a dependência excessiva da internet pode diminuir a participação e a interação dos estudantes durante a resolução de problemas. Por outro lado, os grupos mais ativos nas discussões produziram respostas mais relevantes para o contexto geral do problema, conforme mostrado na Figura 19.

Figura 18 – Extrato da produção dos estudantes.



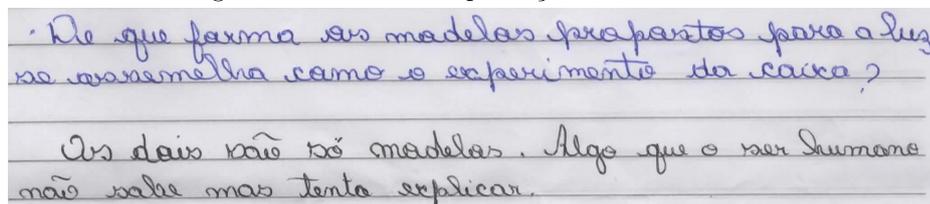
De que forma os modelos propostos para a luz se assemelha como o experimento da caixa?

- Quando observamos a caixa imaginamos o que há dentro, como não vemos nós utilizamos modelo pensamento para poder identificar e assim que a luz está presente.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

“ Quando observamos a caixa imaginamos o que há dentro, como não vemos nós utilizamos modelo pensamento para poder identificar e assim que a luz está presente”.

Figura 19 – Extrato da produção dos estudantes.



De que forma os modelos propostos para a luz se assemelha como o experimento da caixa?

- Os dois são só modelos. Algo que o ser humano não sabe mas tenta explicar.

“ Os dois são só modelos. Algo que o ser humano não sabe mas tenta explicar”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Em qualquer atividade realizada dentro do ambiente da sala de aula, é natural que haja diferentes níveis de participação. Cabe ao professor buscar agregar valor à discussão para promover uma participação cada vez maior de todos ao longo da aplicação da atividade. Isso pode envolver estratégias de engajamento dos grupos menos participativos, através de questionamentos provocativos e estímulo ao diálogo entre os estudantes, incentivando a construção coletiva de conhecimento. Mesmo assim, nem sempre será possível que o professor consiga motivar a todos. Muitas vezes, essa participação deve ser construída durante o processo, buscando trazê-los aos poucos para as discussões.

5.1.3 Atividade 3

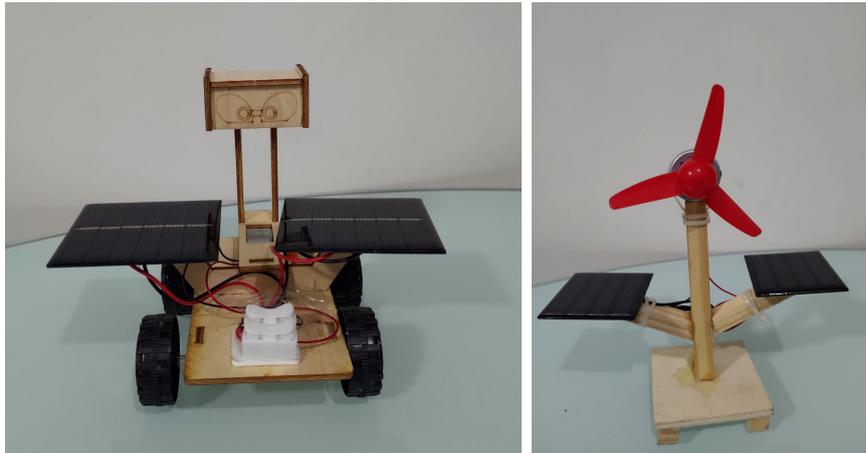
Inicialmente, para instigar a discussão, foi questionado de que forma os painéis solares funcionam e como é possível gerar energia elétrica utilizando tais equipamentos. Essa discussão proporcionou uma oportunidade para que os estudantes refletissem sobre o funcionamento desses dispositivos. Na maioria das vezes, não nos questionamos sobre como funcionam os diversos equipamentos com os quais temos contato no dia a dia, concentrando-nos mais em sua serventia e na forma de sua utilização, e menos no processo interno.

Posteriormente a essa discussão introdutória, foi apresentado aos estudantes o seguinte problema: Afinal, os painéis solares usam a luz do Sol ou seu calor para funcionar? A princípio, esse problema simples pode gerar dúvidas significativas em pessoas que não estão familiarizadas com a produção de energia fotovoltaica. Esse problema foi proposto como um meio de gerar questionamentos e conflitos internos nos estudantes, incentivando-os a pensar além da simples utilização da tecnologia dos painéis solares e ao focar nos mecanismos de seu funcionamento interno. Para auxiliar esse processo, foi feito de forma secundária o seguinte questionamento: Como vocês acham que os painéis produzem energia?

Dessa forma, esse conjunto de questionamentos tiveram a finalidade de permitir ao professor conhecer a abrangência do conhecimento de seus estudantes sobre o tema, bem como serviu de introdução a esse assunto, sem que seja abordado de forma direta, minimizando assim o peso conceitual envolvido.

Durante o processo de resolução de problemas, é importante fornecer elementos para que os estudantes possam iniciar as discussões, especialmente em problemas que possuem uma abordagem investigativa. Esses elementos podem ser: textos, vídeos e objetos que facilitem a visualização e o processo de investigação. Tendo isso em mente, foram apresentados aos participantes brinquedos didáticos que possuíam pequenos painéis solares, conforme ilustrado na Figura. 20.

Figura 20 – Brinquedos didáticos.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

O objetivo deles era servir como objeto de pesquisa, possibilitando que os estudantes buscassem elementos para embasar suas discussões e respostas. Os objetos foram apresentados e deixados sobre a mesa, disponíveis para manuseio livre por parte dos membros dos grupos, como visto na Figura 21, sem que fosse imposta a necessidade de sua utilização de forma obrigatória. Essa abordagem foi necessária devido à característica autônoma exigida na resolução de problemas, especialmente nos primeiros contatos dos estudantes com problemas investigativos, prezando pela livre iniciativa.

Figura 21 – Momento de teste de hipóteses dos estudantes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Nessa etapa, a utilização dos brinquedos proporcionou resultados bastante satisfatórios, permitindo que alguns grupos chegassem à conclusão de que a luz do Sol era responsável pelo funcionamento dos brinquedos, e não o calor. Essa constatação foi alcançada quando perceberam, durante as discussões entre os grupos, que os painéis não precisavam necessariamente estar aquecidos para operar. Isso evidencia o impacto positivo do apelo visual e do estímulo prático oferecido pelos problemas.

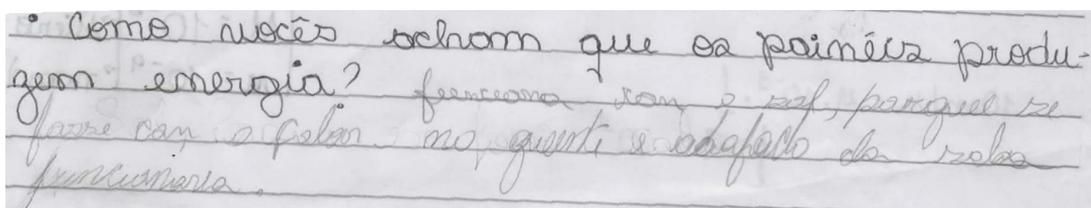
A análise qualitativa dos problemas durante as discussões revelou-se benéfica, especialmente quando conduzida pelos próprios participantes, com o professor incentivando as trocas de ideias em vez de impor respostas corretas. Esta abordagem favoreceu um ambiente propício para o desenvolvimento de habilidades diversas.

Os grupos que não recorreram à análise dos brinquedos foram os que mais apresentaram respostas equivocadas sobre o funcionamento dos dispositivos. No entanto, em alguns casos, essas falhas foram corrigidas ao final das discussões. Isso sugere que a análise qualitativa dos problemas permitiu aos estudantes identificar e corrigir algumas de suas próprias falhas, promovendo um aprendizado mais significativo.

Além disso, observou-se um desenvolvimento positivo nas habilidades dos estudantes ao longo das discussões. Inicialmente mais passivos, eles passaram a atuar mais livremente nas discussões, demonstrando uma melhoria nas habilidades atitudinais. No aspecto procedimental, os estudantes escolheram e utilizaram o aprendizado obtido da experiência como ferramenta de argumentação, especialmente quando relacionados a fenômenos que podiam ser observados e demonstrados uns para os outros. Esse processo evidencia uma consolidação das observações e uma maior confiança na aplicação prática do conhecimento adquirido.

Ao resolver os problemas, apenas um grupo conseguiu explicar claramente a lógica que guiou sua resposta, mesmo que todos os grupos tenham sido solicitados a fazê-lo. Podemos analisar uma dessas respostas na Figura 22.

Figura 22 – Extrato da produção dos estudantes.



“funciona como o sol, porque se fosse com o calor no quarto da sala e abafado funcionaria”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

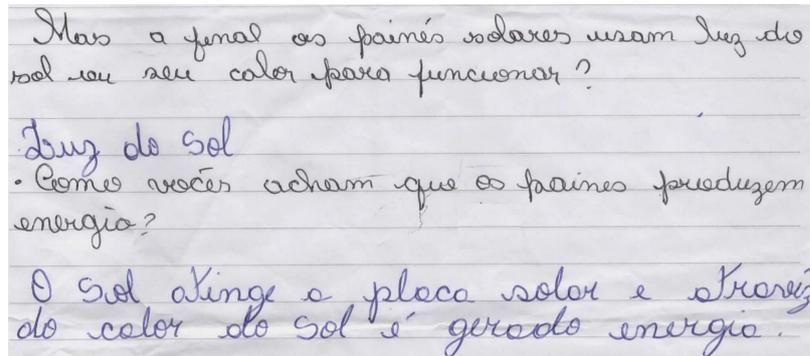
A resposta evidencia a conexão lógica adotada pelo grupo, ao relacionar o ambiente “quente e abafado” da sala para justificar o funcionamento do painel solar com o “Sol” (luz do Sol). Isso indica que os estudantes associaram o problema a um contexto real. Esse

aspecto contribuiu para uma participação maior nas discussões e na tentativa de resolver o problema, demonstrando que, pelo menos nesse contexto, o problema conseguiu despertar a curiosidade deles. Este é um fator crucial na resolução de problemas, pois, quando os estudantes percebem que o problema investigativo pode ser resolvido com conhecimento prévio e observação do funcionamento dos brinquedos, há uma participação mais ativa e discussões mais leves entre os membros de um mesmo grupo e entre os outros grupos. Portanto, a abordagem simplificada e contextualizada dos problemas se revela como um facilitador para promover discussões mais produtivas, especialmente no que diz respeito à participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

Durante as discussões, foi solicitado aos estudantes que tentassem explicar, com base no conhecimento que possuíam, como ocorria o processo de produção de energia nas placas solares. Essa pergunta visava descobrir até que ponto os estudantes conseguiam estabelecer conexões entre os conteúdos de óptica, previamente abordados, e sua relação com o funcionamento dos painéis solares.

Na primeira discussão, os brinquedos auxiliaram os estudantes que optaram por utilizá-los para verificar suas hipóteses. No entanto, muitas das respostas fornecidas para a segunda discussão apresentaram diversas deficiências argumentativas e de embasamento teórico, embora isso não tenha sido muito distante do que seria esperado para esse tipo de proposta e para o momento. Ao observarmos o extrato na Figura 23, ainda é possível perceber algumas confusões sobre a forma de produção de energia. Mesmo alguns grupos que afirmaram ser a luz responsável pela produção de energia, utilizaram o calor como explicação para o funcionamento do painel solar.

Figura 23 – Extrato da produção dos estudantes.



“luz do Sol.

O Sol atinge a placa solar e através do calor do Sol é gerado energia”

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Podemos atribuir essas dificuldades à incompreensão do problema secundário e à deficiência de elementos de argumentação, juntamente com dificuldades em realizar a transposição entre o que foi observado por eles e o que foi discutido previamente. Esses são pontos potencialmente problemáticos para o processo de aprendizagem, exigindo a atenção do professor.

Nos pontos de maior divergência, foram feitas perguntas que guiavam os estudantes a pensar sobre as respostas dadas ao problema, como por exemplo: por que os brinquedos não funcionavam dentro da sala, diferente do que acontece com as calculadoras? De fato, os brinquedos necessitavam de luz direta para funcionar devido à sua capacidade de geração de energia e aos materiais de baixa qualidade de que foram feitos, fazendo com que eles necessitassem de luz direta para funcionar. Essa situação possibilitou um contexto gerador de novas perguntas que foram incorporadas às discussões. Outras perguntas feitas foram:

- Como esse processo ocorre?
- Onde a Física se encaixa na sua resposta anterior?

Nesse momento, o objetivo principal foi gerar discussões e, com isso, construir uma mentalidade de relacionar conceitos da Física com situações pertinentes ao problema, incentivando o pensamento estruturado e considerando conceitos científicos. Não devendo portanto, esperar respostas corretas e sim respostas condizentes com a capacidade e com

o pouco embasamento teórico que os estudantes possuem, haja vista que eles ainda não possuem uma base conceitual formada nesse momento da aplicação do produto.

É crucial destacar que a construção de conhecimento, que servirá como base para a transposição didática, deve ser desenvolvida à medida que os estudantes evoluem na argumentação e no entendimento do problema. No entanto, este processo não é simples, pois depende grandemente da participação ativa dos estudantes no processo. Sem essa participação, é difícil alcançar bons resultados. Portanto, a seleção do tema e das ferramentas utilizadas para a elaboração e discussão dos problemas desempenha um papel fundamental nesse processo.

Na aplicação da proposta, observou-se reações positivas e uma participação elevada nas discussões, especialmente quando foi introduzida a competição entre grupos. Isso motivou os estudantes a discutirem de forma mais engajada, procurando contrapor suas argumentações com as de outros grupos. A discussão tornou-se mais acirrada quando foi anunciado o sorteio dos objetos utilizados nas aulas. O processo de recompensa surgiu por iniciativa dos próprios estudantes, e foi prontamente aceito pelo professor.

5.2 Segundo momento

No segundo momento, foram abordados aspectos mais específicos da teoria necessária para a compreensão do funcionamento dos painéis solares. Além disso, houve a retomada do primeiro problema para que os estudantes o revisem e modifiquem com base no novo embasamento teórico. Essa parte do trabalho demanda uma atenção maior aos detalhes, bem como na forma de abordar tais temas, dada a relevância e complexidade envolvidas para o contexto de estudantes do ensino médio.

Nesse sentido, a parte conceitual foi simplificada, reduzindo sua abrangência devido às inúmeras deficiências percebidas na compreensão dos conhecimentos prévios necessários para abordar o tema de forma minimamente coerente com a proposta. O professor, ao aplicar este produto, deve optar por: continuar e manter o nível um pouco mais elevado no tocante à complexidade dos conteúdos abordados, ou simplificar e possibilitar aos estudantes um conhecimento mais básico. Essa escolha deve levar em consideração sempre o contexto em que o professor e os estudantes estão inseridos, observando o comportamento e a forma como reagem às etapas anteriores.

A simplificação realizada no trabalho teve sua origem tanto na restrição de tempo quanto na necessidade de proporcionar um ambiente de aprendizado efetivo para os estu-

dantes. Por essa razão, optou-se pela segunda opção.

5.2.1 Atividade 4

Antes de iniciarmos, vale destacar que houve alterações na aplicação do produto neste ponto, pois não haveria tempo hábil para a aplicação do problema 1.3 do produto educacional. Essa modificação foi causada pela quebra da sequência devido ao período em que a escola decidiu promover a gincana escolar anual, que não constava no calendário quando iniciamos a aplicação das atividades do produto.

Essa interrupção geraria uma distância temporal significativa entre a primeira e a segunda parte da atividade, prejudicando o objetivo do problema. Portanto, optou-se por retirá-lo do planejamento das atividades.

Devemos salientar que tais alterações são prejudiciais ao objetivo geral, mas, ao adaptar as atividades restantes, ainda é possível alcançar o objetivo desejado com este trabalho.

Para esta quarta atividade, os estudantes foram apresentados a objetos com capacidade fluorescente, conforme mostrado na Figura 24. O principal objetivo desta atividade é introduzir conceitos relacionados aos saltos entre níveis de energia e à liberação de elétrons, explorando as propriedades dos materiais fluorescentes e como eles respondem à absorção de energia.

Devido à dificuldade encontrada nas sondagens feitas anteriormente, foi elaborado o texto de apoio “Estrutura do átomo e os níveis de energia”, presente no Apêndice C, que seria apresentado apenas ao final do problema como complementação da discussão e como um meio de esclarecer dúvidas que ainda poderiam existir.

Figura 24 – Objetos fluorescente.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Ao iniciar os trabalhos, os estudantes começaram a expor as estrelas à luz de diferentes tipos e a formular as primeiras hipóteses sobre o processo de absorção. Das explicações dadas pelos estudantes, poucos levaram em conta aspectos conceituais da Física, concentrando-se em explicar a forma de absorção da luz e na relação entre a intensidade da fonte luminosa e a quantidade de luz emitida. Mesmo quando questionados sobre a ligação entre os fenômenos e conceitos de Química e Física, os estudantes não conseguiram relacionar de forma minimamente satisfatória essa ligação.

Esse fato pode estar relacionado à pouca experiência dos estudantes com atividades investigativas, bem como à própria deficiência conceitual envolvendo a dificuldade de relacionar o conhecimento aprendido com fenômenos e acontecimentos do mundo real, evidenciando um obstáculo epistemológico, onde os estudantes tendem a explicar os acontecimentos tomando como base principal o conhecimento já consolidado, quase sempre baseado em conhecimentos empíricos. Além disso, essa dificuldade pode evidenciar um obstáculo pedagógico, criado pelo ensino baseada apenas na resolução de exercícios descontextualizados, fazendo com que os estudantes não tenham o hábito de questionar as soluções dos problemas nem o porquê de ser utilizado determinado raciocínio para a sua resolução.

Devido a todas essas dificuldades o professor optou por partir para a leitura do texto, como forma de tentar sanar dúvidas e tentar reduzir as dificuldades conceituais dos estudantes.

Finalizada a leitura e revisão de parte do conteúdo pertinente, foi apresentado o seguinte problema: “Explique como os elétrons mudam de nível de energia e o que você

acha que ocorre com um elétron quando ele já está na camada mais externa de um átomo (camada Q) e ainda continua recebendo energia?”.

Ao iniciarem as discussões, surgiram muitas dúvidas sobre os níveis de energia, momento em que percebeu-se que apenas o texto não seria suficiente para o andamento dos trabalhos, pois alguns estudantes não tinham nenhuma ideia sobre os temas abordados. Essa situação, exigiu a realização de uma aula extra para tentar melhorar a base conceitual dos estudantes. Situações como essa demandam um preparo prévio do professor, mostrando a necessidade de conhecer os estudantes durante o processo de aplicação do produto. Para o aprofundamento das discussões, essa base conceitual mínima é necessária para um desenvolvimento satisfatório do processo de resolução de problemas investigativos e do próprio aprendizado dos estudantes. Neste contexto específico, houve a necessidade de redução da proposta; inicialmente, os estudantes deveriam tentar explicar como ocorriam os saltos entre níveis de energia levando em consideração apenas objetos fotossensíveis (fluorescentes), com uma possível relação entre esses saltos e a quantização da energia. Mas levando em conta o pouco tempo disponível e a quantidade de aulas extras que seriam necessárias para que fosse possível seguir por esse caminho; optou-se por alterar a proposta para corresponder a necessidade de tempo, dessa forma, houve uma diminuição do enfoque da proposta, no sentido de redução da carga conceitual pretendida. Ao iniciarem as discussões, surgiram muitas dúvidas sobre os níveis de energia, momento em que percebeu-se que apenas o texto não seria suficiente para o andamento dos trabalhos, pois alguns estudantes não tinham nenhuma ideia sobre os temas abordados. Essa situação exigiu a realização de uma aula extra para tentar melhorar a base conceitual dos estudantes. Situações como essa demandam um preparo prévio do professor, mostrando a necessidade de conhecer os estudantes durante o processo de aplicação do produto. Para o aprofundamento das discussões, essa base conceitual mínima é necessária para um desenvolvimento satisfatório do processo de resolução de problemas investigativos e do próprio aprendizado dos estudantes.

Neste contexto específico, houve a necessidade de redução da proposta; inicialmente, os estudantes deveriam tentar explicar como ocorriam os saltos entre níveis de energia levando em consideração apenas objetos fotossensíveis (fluorescentes), com uma possível relação entre esses saltos e a quantização da energia. Porém, levando em conta o pouco tempo disponível e a quantidade de aulas extras que seriam necessárias para

seguir por esse caminho, optou-se por alterar a proposta para corresponder à necessidade de tempo. Dessa forma, houve uma diminuição do enfoque da proposta, no sentido de redução da carga conceitual pretendida.

Posteriormente, passaram a ter que explicar como ocorriam esses saltos, para que fosse possível perceberem a produção de elétrons livres que são “capturados” posteriormente pelas malhas metálicas das placas solares e utilizados para os mais variados fins.

Ao tentar promover um processo de ensino e aprendizagem que foge aos moldes das aulas expositivas, o fator tempo deve ser levado em consideração para uma maior eficiência, mostrando-se uma falha de planejamento nesse ponto do trabalho. Essa falha teve origem na própria falta de planejamento da escola, que muitas vezes cria atividades que não constam de nenhum calendário escolar. Essa situação impactou diretamente no desenvolvimento do trabalho, tornando necessária uma adaptação da metodologia proposta para que pudesse ser realizada de maneira mais eficiente no tempo disponível. Planejar com base no que se conhece e prever situações desconhecidas (fatores externos) torna-se uma necessidade para aqueles que tentarem reproduzir esta ou outras atividades.

Apesar das dificuldades, os estudantes tentaram responder ao problema da melhor maneira possível. Houve o retorno de alguns estudantes que já haviam atingido a pontuação mínima para passar de ano e, após o início do trabalho e a repercussão positiva entre os estudantes, começaram a frequentar as aulas. Essas adesões trouxeram pontos positivos em relação às discussões, mas também tiveram alguns impactos negativos, uma vez que esses estudantes não participaram das primeiras atividades de preparação. Dessa forma, alguns deles tiveram dificuldades de adaptação em relação à liberdade que tinham para pensar e resolver os problemas.

As hipóteses levantadas para as possíveis soluções do problema mostraram uma maior heterogeneidade. Isso representou uma mudança em relação ao problema anterior, demonstrando um avanço na forma de pensar. As respostas levaram em consideração o que foi discutido nas aulas anteriores, indicando uma melhoria na transposição do problema com a parte conceitual abordada. Esse fato pode ser observado nos extratos das respostas fornecidas pelos estudantes na Figura 25.

Figura 25 – Extrato da produção dos estudantes.

Ele muda de nível através
da energia recebida da luz do sol.
O eletron só poderá mudar
de nível se ele absorver energia.
e quando ele consegue energia
pra sair da camada (Q) ele
volta perdendo energia assim
ocorre o processo e a luz
acende

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

“Ele muda de nível através da energia recebida da luz do sol. O eletron só poderá mudar de nível se ele absorver energia e quando ele consegue energia pra sair da camada (Q) ele volta perdendo energia assim ocorre o processo e a luz acende”.

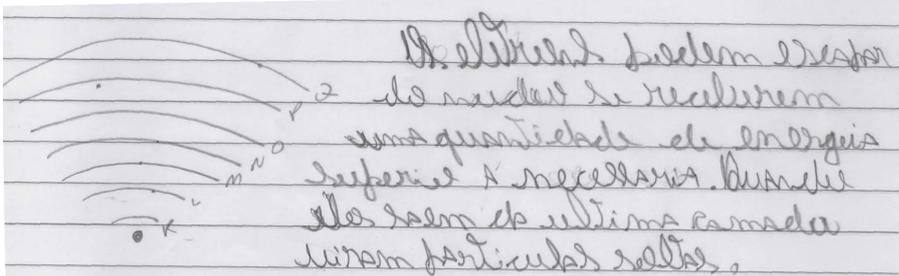
Figura 26 – Extrato da produção dos estudantes.

Os eletrons mudam de nível quando ele recebe
muita energia, quando ocorre o nível de energia
muito alto ele acamda passando da camada
e liberando energia.

“Os eletrons mudam de nível quando ele recebe muita energia, quando ocorre o nível de energia muito alto ele acamda passando da camada e liberando energia”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 27 – Extrato da produção dos estudantes.

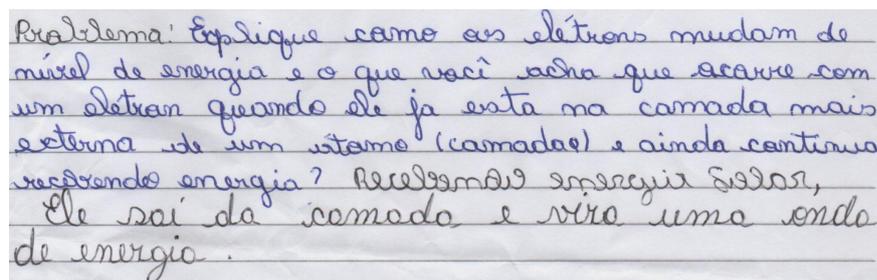


The diagram shows several curved lines representing energy levels, labeled with letters K, L, M, N, O, P, Q, R from bottom to top. An arrow points from level Q to level R. To the right of the diagram, the text reads: "Os eletrons podem escapar do nucleo se receberem uma quantidade de energia superior a necessaria. Quando eles saem da ultima camada viram particulas soltas."

“Os eletrons podem escapar do nucleo se receberem uma quantidade de energia superior a necessaria. Quando eles saem da ultima camada viram particulas soltas”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 28 – Extrato da produção dos estudantes.



Problema: Explique como os elétrons mudam de nível de energia e o que você acha que ocorre com um elétron quando ele já está na camada mais externa de um átomo (camada) e ainda continua recebendo energia? Receberam energia solar, ele sai da camada e vira uma onda de energia.

“Receberam energia solar, ele sai da camada e vira uma onda de energia”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

As respostas não consideraram a possibilidade dos elétrons escaparem da órbita dos átomos, um tema que, até o momento, não havia sido mencionado nas discussões para não haver interferência do professor nas hipóteses levantadas pelos estudantes.

Vale salientar que houve uma mudança de postura em relação ao comportamento dos estudantes durante as discussões. Alguns deles começaram a questionar o porquê de determinadas conclusões dos outros grupos, buscando entender os métodos utilizados para chegar à resposta do problema. Isso mostra que o estímulo para descrever os caminhos tomados na escolha da possível solução gerou resultados não apenas na contestação da solução, mas também na análise do processo utilizado para chegar até ela por parte de alguns estudantes. Isso evidencia que esse tipo de abordagem pode promover uma reflexão mais efetiva e crítica por parte dos estudantes.

5.2.2 Atividade 5

Essa atividade consiste em fazer com que os estudantes revisitem o problema 3 que questionava: Mas afinal, os painéis solares usam luz do Sol ou o seu calor para funcionar? O objetivo foi consolidar o aprendizado e promover um momento de reflexão crítica por parte dos estudantes sobre as respostas fornecidas anteriormente. A partir disso, eles puderam verificar os erros, reformular suas respostas e aprimorá-las, incorporando elementos da base teórica apresentada ao longo de toda a aplicação deste produto educacional, que sejam minimamente pertinentes ao funcionamento dos painéis solares e sua relação com a luz.

Ao retornar ao problema, os estudantes tiveram a oportunidade de desenvolver uma compreensão do processo de construção do conhecimento. Eles puderam se conscientizar

de que essa construção é marcada por erros e acertos, que se entrelaçam para produzir o entendimento ou a solução do problema. Ao confrontar o que foi feito anteriormente, eles se deparam com seus próprios equívocos e dificuldades, o que contribui para a consolidação do conhecimento produzido durante o processo.

Após sanar algumas dúvidas, os estudantes foram convidados a revisitar o terceiro problema, verificando os pontos em que gostariam de modificar, caso necessário, com base nas novas informações apresentadas ao longo da aplicação do produto educacional. Inicialmente, houve uma discussão das respostas dadas anteriormente com uma leitura em grupo delas. Essa etapa foi essencial para enfatizar aos estudantes que errar faz parte do processo de aprendizagem, e, em um modelo de ensino com foco na investigação, o erro é fundamental para a abertura de novas possibilidades, bem como socializar as respostas dos demais para rememorar o que foi trabalhado por todos.

Com o intuito de proporcionar uma renovação na curiosidade dos estudantes, foram disponibilizadas lâmpadas de acampamento para cada grupo idênticas a apresentada na Figura 29. Essas lâmpadas tinham o objetivo de permitir que os estudantes as manuseassem livremente, promovendo um estímulo diferente daquele causado pelos brinquedos educacionais utilizados anteriormente, mas mantendo o princípio básico do problema. Isso foi importante, pois manter o foco dos estudantes é uma ação desafiadora, mas com mudanças simples de estímulos pode ser alcançado. Mesmo que não seja possível realizar mudanças dessa natureza devido ao custo de aquisição desses equipamentos, o professor pode utilizar a criatividade, modificando as perguntas e as contextualizando de maneira mais divertida ou utilizando temas presentes na vida dos estudantes como enredo para os problemas sempre que possível. A adaptação constante dos recursos e estratégias de ensino às características da turma e ao ambiente de aprendizado contribui para o sucesso de abordagens mais investigativas e participativas.

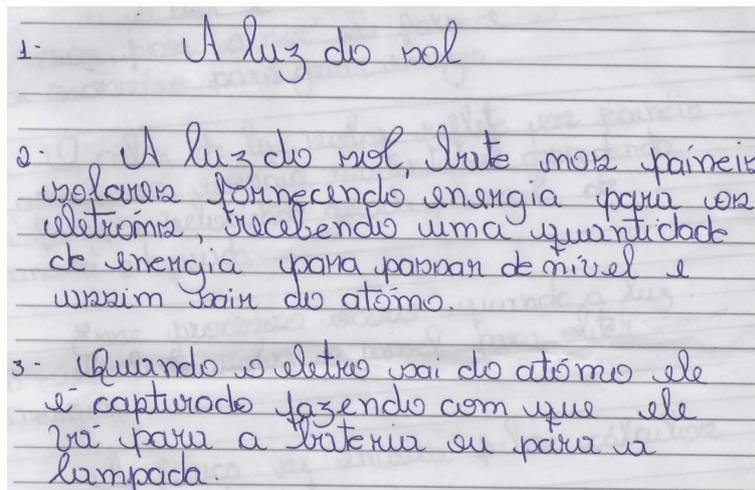
Figura 29 – Lâmpada de acampamento.



Fonte: https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-3390605016-lampada-solar-led-recarregavel-c-placa-fotovoltaica-_JM. Acessado em 28/03/2024.

Ao revisitar o terceiro problema, os estudantes engajaram-se em discussões e modificações nas soluções em cada grupo. Essas discussões envolviam a aplicação de conceitos e explicações dos fenômenos. Nesse momento, a intervenção do professor foi mínima, pois tratava-se principalmente de uma reformulação das soluções fornecidas anteriormente, cabendo apenas organizar os trabalhos. Para facilitar, foi sugerida a divisão do problema em etapas. Inicialmente, os estudantes analisariam se os painéis solares utilizavam calor ou a luz do Sol e, em seguida, tentariam explicar o funcionamento do processo de produção de energia, utilizando as teorias aprendidas. A Figura 31 apresenta alguns extratos produzidos por eles.

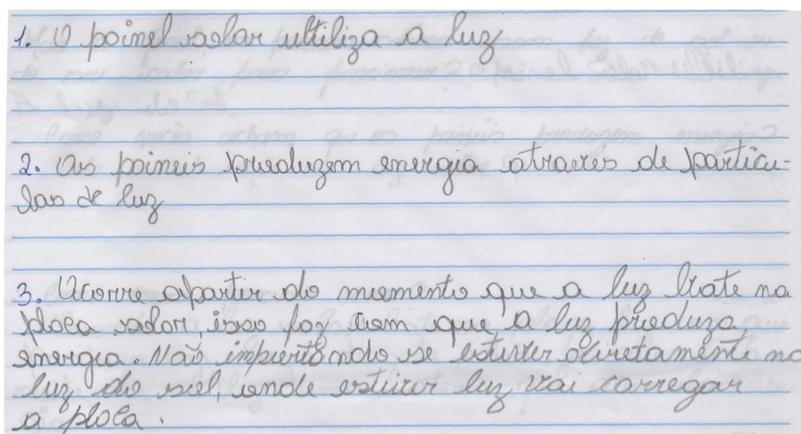
Figura 30 – Extrato da produção dos estudantes.



- “1. A luz do sol.
 2. A luz do sol bate nos painéis solares fornecendo energia para os elétrons, recebendo uma quantidade de energia para passar de nível e assim sair do átomo.
 3. Quando o elétron sai do átomo ele é capturado fazendo com que ele vá para a bateria ou para a lâmpada”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

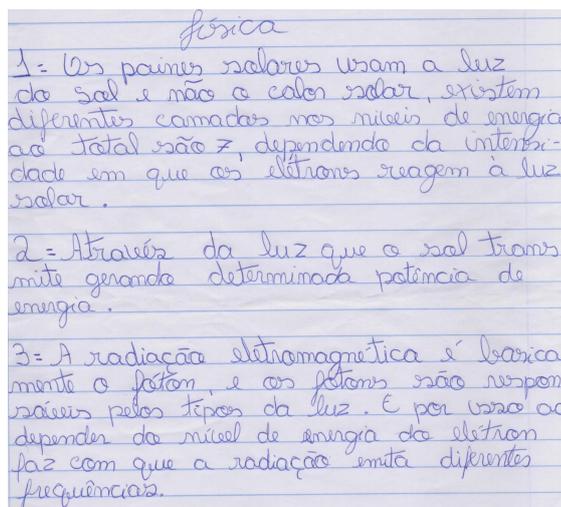
Figura 31 – Extrato da produção dos estudantes.



- “1. O painel solar utiliza a luz.
 2. Os painéis produzem energia através de partículas de luz.
 3. Ocorre a partir do momento que a luz bate na placa solar, isso faz com que a luz produza energia. Não importando se estiver diretamente na luz do sol, onde existir luz vai carregar a placa”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 32 – Extrato da produção dos estudantes.



- “1. Os painéis solares usam a luz do Sol e não o calor solar, existem diferentes camadas nos níveis de energia, ao total são 7, dependendo da intensidade em que os elétrons reagem à luz solar.
2. Através da luz que o sol transmite gerando determinada potência de energia.
3. A radiação eletromagnética é basicamente o fóton, e os fótons são responsáveis pelos tipos da luz. E por isso ao depender do nível de energia do elétron faz com que a radiação emita diferentes frequências”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Os estudantes adotaram uma abordagem mais autônoma e logo identificaram alguns equívocos conceituais, especialmente em relação à absorção da luz e ao uso do calor como explicação para o funcionamento dos painéis solares. Essa percepção crítica, agora embasada em conhecimento teórico, trouxe benefícios que podem impulsionar o crescimento individual dos estudantes. Com orientação adequada, eles têm o potencial de continuar avançando em seu entendimento e desenvolvimento.

A discussão em torno dos conceitos relacionados ao funcionamento dos painéis solares revelou uma progressão interessante na compreensão dos estudantes. O uso mais apropriado desses conceitos para explicar os fenômenos pretendidos indica um avanço no aprendizado. Mesmo que alguns termos ainda tenham sido empregados incorretamente, essa identificação oferece oportunidades para correção e aprimoramento, que podem ser abordadas por meio de intervenções específicas do professor durante as discussões, após a resolução do problema.

Dessa forma, o professor pode elucidar e orientar os estudantes na aplicação mais precisa desses termos para explicar o processo de produção de energia por meio dos painéis

solares, bem como os princípios físicos envolvidos nesse processo. Essas discussões subsequentes foram essenciais para a consolidação do aprendizado e a correção de concepções equivocadas, que poderiam prejudicar o desenvolvimento futuro do conhecimento.

A condução das atividades de ensino por um viés investigativo possibilitou que os estudantes aplicassem os conhecimentos teóricos de forma mais prática e contextualizada, deixando um pouco de lado a educação baseada apenas em exposição de conteúdo. Essa transição de aulas foi fundamental para a efetiva assimilação e aplicação dos conceitos aprendidos de forma autônoma.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conjunto de atividades proporcionou oportunidades para o desenvolvimento de novas habilidades, envolvendo a manipulação de objetos de pesquisa e a formulação de hipóteses sobre o funcionamento dos painéis solares. Isso incluiu a aplicação de conteúdos conceituais e atitudinais relacionados ao trabalho colaborativo e à utilização de conceitos da Física.

Ao permitir que os estudantes participassem ativamente na resolução dos problemas investigativos, foi possível cultivar um espírito desafiador em alguns deles, levando-os a encarar os problemas como verdadeiros desafios a serem superados. Essa abordagem trouxe benefícios significativos na maneira como os estudantes enfrentaram dificuldades e lidaram com as frustrações. Mesmo diante desses desafios, os estudantes desenvolveram uma perspectiva diferente do processo como um todo, tanto na forma como percebiam os erros quanto nos acertos obtidos individualmente. A ênfase na iniciativa e na participação mais ativa permitiu que eles se libertassem da pressão de estarem certos ou errados e da obrigação de aprender para uma avaliação futura, concentrando-se mais em descobrir a solução da melhor maneira possível.

Ao longo da aplicação do produto educacional, inicialmente, o trabalho buscou estimular a curiosidade e a participação dos estudantes por meio de problemas contextualizados e de fácil compreensão, utilizando brinquedos educacionais e outros equipamentos. Que mostrou-se eficiente em envolver os estudantes e instigar a curiosidade, proporcionando discussões mais frutíferas.

Entretanto, ao longo do processo, algumas dificuldades foram identificadas. A falta de conhecimento prévio dos estudantes em relação a conceitos fundamentais, como modelos atômicos e níveis de energia, trouxe desafios para a continuidade do trabalho. A complexidade desses temas demandou ações extras por parte deste professor, como a realização de aulas adicionais. Isso evidenciou a importância de conhecer o público-alvo e adaptar a abordagem conforme as necessidades específicas da turma. Outro ponto de dificuldade foram as interrupções das aulas por diversos motivos, que variaram desde atividades para a semana da mulher, gincana escolar, jogos internos, entre outros. Tais interrupções quebraram a sequência de ensino e exigiram modificações e adaptações na proposta para que fosse possível sua efetiva aplicação, bem como a consecução dos objetivos pretendidos ao planejar estas atividades.

Outro ponto observado foi o uso de recursos online pelos estudantes na tentativa de encontrar soluções rápidas, refletindo o hábito contemporâneo de buscar respostas prontas na internet. Isso destaca a importância de trabalhar não apenas os aspectos conceituais, mas também as habilidades investigativas e a autonomia dos estudantes na busca pelo conhecimento. Observa-se que, muitas vezes, os estudantes não têm como primeira opção pensar antes de resolver um problema. A tendência é a quase automática ação de buscar respostas prontas na internet, o que prejudica a livre iniciativa e tende a produzir efeitos negativos nas ações dos estudantes, pois eles preferem buscar respostas prontas a “perde” tempo pensando sobre como solucionar um problema.

Um ponto importante da utilização de problemas investigativos foi a implementação de mecanismos que efetivaram o processo de investigação. Esses artifícios estimularam a curiosidade dos estudantes e possibilitaram uma interação maior com a proposta. Além disso, a modificação do estímulo com a utilização de elementos como lâmpadas de acampamento na segunda fase do trabalho trouxe uma renovação no interesse dos estudantes, demonstrando que mudanças simples nos artifícios pedagógicos podem impactar positivamente o engajamento em sala de aula. Isso ressalta a importância da criatividade do professor na adaptação de recursos didáticos.

A maior participação resultante do emprego de novas práticas teve reflexos nas respostas dadas pelos estudantes aos problemas propostos. Observou-se uma evolução na utilização de conceitos pertinentes ao tema, indicando um progresso no aprendizado ao longo do trabalho. A possibilidade de reformular as respostas permitiu aos estudantes corrigir equívocos e aprimorar suas explicações. Além disso, a socialização das respostas e a oportunidade de ouvir críticas dos outros estudantes contribuíram para um ambiente colaborativo e enriquecedor, promovendo a troca de ideias e o aprofundamento do conhecimento.

Dessa forma, a aplicação do produto educacional proporcionou ideias valiosas sobre a importância de adaptar a abordagem de acordo com o público, lidar com lacunas conceituais, promover autonomia e criatividade, e utilizar diferentes estímulos para manter o interesse dos estudantes. Essas considerações contribuem para a reflexão sobre práticas pedagógicas inovadoras e desafios enfrentados no contexto educacional contemporâneo.

Portanto, o professor não deve ter medo de inovar e modificar suas práticas pedagógicas quando necessário. Essas mudanças, apesar de desafiadoras, podem possibilitar a

abertura de novas visões sobre o processo de ensino e aprendizagem, permitindo a exploração de novos desafios. Tais desafios podem promover a melhora contínua do professor, pois exigem atualizações frequentes da prática docente. Essas atualizações são necessárias em um ambiente como a sala de aula, que reflete várias das mudanças sociais que estão em curso na sociedade, exigindo professores cada vez mais preparados e capacitados para lidar com as novas necessidades educacionais.

Uma das principais vantagens da abordagem de resolução de problemas investigativos é sua capacidade de tornar o aprendizado mais significativo e relevante para os estudantes. Ao se envolverem ativamente no processo de descoberta e aplicação do conhecimento, eles desenvolvem uma compreensão mais profunda dos conceitos e são capazes de relacioná-los com situações do mundo real. Isso não apenas facilita a retenção do conhecimento, mas também promove o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas, essenciais para a resolução de problemas complexos nos mais diversos contextos e aplicações.

Em resumo, a utilização da resolução de problemas numa perspectiva investigativa no ensino representa uma abordagem inovadora e eficiente, colocando os estudantes no centro do processo de ensino e aprendizagem. Isso permite que eles se integrem uns com os outros e se tornem sujeitos pensantes na resolução de seus próprios problemas. Embora essa abordagem tenha sido inicialmente recebida com incredulidade pelos estudantes, é natural que propostas que os tirem da zona de conforto sejam desafiadoras no começo. No entanto, à medida que se envolviam na dinâmica das soluções, passaram a apreciar os desafios e as soluções apresentadas. Portanto, torna-se evidente que a abordagem de resolução de problemas é uma excelente alternativa para dinamizar as aulas de Física, promovendo um ambiente de aprendizado mais ativo e engajador.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. [S.l.]: Aneel, 2002.
- ARAÚJO, P. L.; MASSONI, N. T. Traçando um perfil para o professor de física da educação básica: o que preconiza a legislação brasileira? **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 1, 2021.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. 1^a. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. ISBN 85-85910-11-9.
- BRASIL. **Notas sobre o Brasil no PISA 2022**. Springer, 2023. Disponível em: <https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2022/pisa_2022_brazil_prt.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular - BNCC**. Brasília, DF, 2018.
- BRICEÑO, M. O.; LARA, M. d. P. T. Habilidades metacognitivas de organización en educación superior. **Revista cubana de educación superior**, Editorial UH, v. 39, n. 2, 2020.
- BRITO, M. C.; SILVA, J. A. Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em electricidade. **O instalador**, v. 25, n. 676, p. 07, 2006.
- BULGRAEN, V. C. O papel do professor e sua mediação nos processos de elaboração do conhecimento. **Revista Conteúdo, Capivari**, v. 1, n. 4, p. 30–38, 2010.
- CAIN, M. L.; BOWMAN, W. D.; HACKER, S. D. **Ecologia**. [S.l.]: Artmed Editora, 2017.
- CARVALHO, A. M. P. d.; SASSERON, L. H. Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino sobre calor e temperatura. **Ensino em Re-vista**, v. 22, n. 2, p. 249–266, 2015.
- CARVALHO, A. T. G. d. *et al.* A linguagem, a epistemologia e o ensino conceitual da dualidade onda-partícula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 45, p. e20220339, 2023.
- CLEMENT, J. Solving problems with formulas: Some limitations. **Engineering Education**, ERIC, v. 72, n. 2, p. 158–62, 1981.
- CLEMENT, L. **Autodeterminação e ensino por investigação: construindo elementos para promoção da autonomia em aulas de Física**. Tese (Doutorado) — (Programa de Pós-graduação em Educação Científica e . . . , 2013.
- CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 99–117, 2012.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A.; NASCIMENTO, T. B. Resolução de Problemas no ensino de física baseado numa abordagem investigativa. **Encontro nacional de pesquisa em educação em ciências**, v. 4, p. 1–13, 2003.

DEBOER, G. E. Historical perspectives on inquiry teaching in schools. **Scientific inquiry and nature of science: Implications for teaching, learning, and teacher education**, Springer, p. 17–35, 2006. Disponível em: <<https://george-deboer.org/wp-content/uploads/2020/10/Historical-Perspectives-on-Inquiry-Teaching-in-Schools.pdf>>. Acesso em: 17 jan. 2023.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, p. 125–150, 2001.

ECHEVERRÍA, M. d. P. P.; POZO, J. I. Aprender a resolver problemas e resolver problemas para aprender. **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: ArtMed, p. 13–42, 1998.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **Lições de física de feynman. Mecânica quântica. v. 3**. Porto Alegre: Bookman, 2008.

FONSECA, M. G.; GONTIJO, C. H. Pensamento crítico e criativo em matemática em diretrizes curriculares nacionais. **Ensino em Re-Vista**, Universidade Federal de Uberlândia, v. 27, n. 3, p. 956–978, 2020.

GIL, A. C. *et al.* **Como elaborar projetos de pesquisa**. [S.l.]: Atlas São Paulo, 2002. v. 4.

HUNG, W. The 3c3r model: A conceptual framework for designing problems in pbl. **Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning**, v. 1, n. 1, p. 6, 2006. Disponível em: <<https://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=ijpbl>>. Acesso em: 24 jan. 2023.

IQBAL, M. **An introduction to solar radiation**. [S.l.]: Elsevier, British Columbia, Canada, 2012.

JR, O. A. Sequências de ensino de física orientadas pela pesquisa educacional: princípios orientadores e ação docente comprometida com mudanças. **Sequências de ensino de Física orientadas pela pesquisa: experiências do PIBID e Pró-Mestre-UFMG**. Belo Horizonte: Fapemig, p. 13–31, 2018.

LIBÂNIO, J. C. **Adeus professor, adeus professora?** 10. ed. [S.l.]: São Paulo: Cortez editora, 10^o edição, 2007.

LIMA, A. A. *et al.* Uma revisão dos princípios da conversão fotovoltaica de energia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, Sociedade Brasileira de Física, v. 42, n. Rev. Bras. Ensino Fís., 2020 42, p. e20190191, 2020. ISSN 1806-1117. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2019-0191>>.

LOPES, R. d. C. S. A relação professor aluno e o processo ensino aprendizagem. **Obtido a**, v. 9, n. 1, p. 1–28, 2011. Disponível em: <<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/1534-8.pdf>>. Acesso em: 18 Fev. 2024.

LOPES, R. M.; SILVA FILHO, M. V.; ALVES, N. G. Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação no ensino médio e na formação de professores. **Rio de Janeiro: Publiki**, Publiki, p. 47–74, 2019.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U, 2018. 128 p.

MEDEIROS, D. R.; GOI, M. E. J. A resolução de problemas como uma metodologia investigativa no ensino de ciências da natureza. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 1, p. e49911579–e49911579, 2020.

OLIVEIRA, T. L. S. de *et al.* Análise dos propósitos e ações epistemológicas do professor durante a realização de uma atividade investigativa sobre seres vivos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 643–655, 2021.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no Ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 42, 2020.

PEDUZZI, L. O. d. Q. Sobre a resolução de problemas no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), v. 14, n. 3, p. 229–253, 1997.

PEREIRA, E. B. *et al.* **Atlas brasileiro de energia solar**. São José dos Campos, SP: Inpe São José dos Campos, 2006. v. 1. Disponível em: <<http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2017/08.15.18.20/doc/thisInformationItemHomePage.html>>. Acesso em: 28 Mar. 2023.

PÉREZ, D. G.; MARTINEZ TORREGROSA, J. *et al.* **La resolución de problemas de física: una didáctica alternativa (Capítulo IV)**. España. Ministerio de Educación y Ciencia, 1987. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Joaquin-Martinez-Torregrosa/publication/316657858_La_resolucion_de_problemas_de_fisica_Una_didactica_alternativa/links/590a14820f7e9b1d0823c5a5/La-resolucion-de-problemas-de-fisica-Una-didactica-alternativa.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2023.

POLYA, G. **A arte de resolver problemas (Tradução de How to solve it, 1945)**. Rio de Janeiro. [s.n.], 1995. Disponível em: <http://im.ufrj.br/~nedir/disciplinas-Pagina/Polya-Arte_Resolver_Problemas.pdf>.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. Por que os alunos não aprendem a ciência que lhes é ensinada. **A aprendizagem e o ensino de ciências. Do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**, v. 5, p. 14–28, 2009.

RIBEIRO, D. d. C. d. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. A metodologia de resolução de problemas no ensino de ciências: as características de um problema eficaz. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, SciELO Brasil, v. 22, 2020.

ROITMAN, R. O método de resoluções de problemas. **Revista Brasileira de Educação Médica**, Associação Brasileira de Educação Médica, v. 3, n. 2, p. 15–19, May 1979. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1981-5271v3.2-004>>.

RÜTHER, R.; NASCIMENTO, L. R.; CAMPOS, R. A. Extreme overirradiance events in brazil: consequences on pv power plant output performance. **Submitted to Solar Energy**, 2017.

SARAIVA, M. d. F. O.; KEPLER, d. S. O. F. **Astronomia e astrofísica**. Porto Alegre: Editora Livraria da Física, 2014. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>>. Acesso em: 28 Mar. 2023.

SASSERON, L. H. Ensino por investigação: pressupostos e práticas. **São Paulo, sd (Apostila de Licenciatura em Ciências USP/Univesp. Módulo 7. Capítulo 12. p. 116-124)**. Disponível em: https://midia.atp.usp.br/plc/plc0704/impressos/plc0704_12.pdf. Acesso em 23/01/2023, v. 13, 2018.

SILVA, T. T. **Teorias do currículo: uma introdução crítica**. [S.l.: s.n.], 2000.

SPENCER, H. **What knowledge is of most worth**. [S.l.]: JB Alden, 1884. v. 3.

SPENCER, H. **Education: Intellectual, moral, and physical**. [S.l.]: CW Bardeen, 1894.

STÉPHAN, V.-L. *et al.* **Educational Research and Innovation Fostering Students' Creativity and Critical Thinking What it Means in School: What it Means in School**. [S.l.]: OECD Publishing, 2019.

TIPLER, P. A.; LLEWELLYN, R. A. **Modern physics**. Nova York: WH Freeman and Co., 2012.

VALLÊRA, A. M.; BRITO, M. C. Meio século de história fotovoltaica. **Gazeta de Física**, v. 1, n. 2, p. 17, 2006.

WALKER, J.; RESNICK, R.; HALLIDAY, D. **Halliday and resnick fundamentals of physics**. [S.l.]: Wiley, 2014.

WIDÉN, J.; MUNKHAMMAR, J. **Solar radiation theory**. [S.l.]: Uppsala University, 2019.

ZOMPERO, A. d. F. *et al.* Ensino por investigação e aproximações com a aprendizagem baseada em problemas. **[TESTE] Debates em Educação**, v. 11, n. 25, p. 222–239, 2019.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

OBERLAN ARAUJO DE FREITAS

**FUNCIONAMENTO DOS PAINÉIS SOLARES POR MEIO DO
ESTUDO DA ÓPTICA**

CAMPINA GRANDE - PB

2024

OBERLAN ARAUJO DE FREITAS

**FUNCIONAMENTO DOS PAINÉIS SOLARES POR MEIO DO
ESTUDO DA ÓPTICA**

Produto Educacional que compõe o Trabalho de Dissertação apresentado ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual da Paraíba e da Sociedade Brasileira de Física, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Física e sociedade.

Orientador(a): Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde

CAMPINA GRANDE - PB

2024

Produto Educacional

Instituição de Ensino: Universidade Estadual da Paraíba.

Programa: Programa de Pós-graduação Profissional em Ensino de Física/Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF.

Nível: Mestrado.

Área de Concentração: Física e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Ensino de Física.

Título da Dissertação: A resolução de problemas e o ensino por investigação: um guia para o ensino da óptica aplicado ao efeito fotovoltaico.

Produto Educacional: Funcionamento dos painéis solares por meio do estudo da óptica.

Autor: Oberlan Araujo de Freitas.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde.

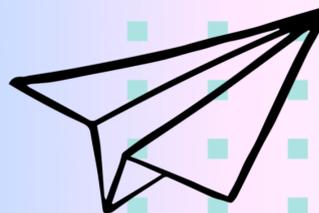
Ano: 2024.



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física

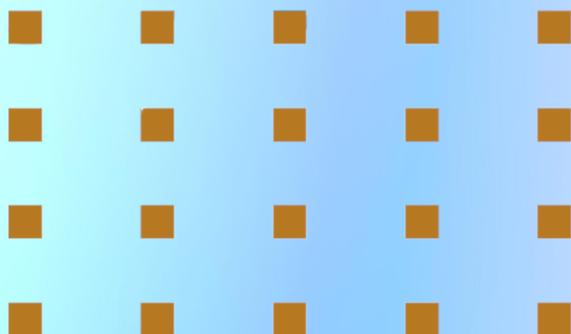


SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA



PRODUTO EDUCACIONAL

Funcionamento dos painéis solares por meio do estudo da óptica



Oberlan A Freitas

Ana Raquel P Ataiede



Sumário

INTRODUÇÃO	96
ESTRUTURA DO PRODUTO EDUCACIONAL	97
Divisão da sequência de ensino e o conteúdo abordado	97
APLICAÇÃO DO PRIMEIRO MOMENTO	100
Tema 1.1 : A importância dos modelos na ciência	100
<i>Discussão da atividade</i>	101
<i>Preparação da atividade</i>	102
<i>Primeira parte</i>	102
<i>Segunda parte</i>	103
<i>Problema Proposto</i>	104
<i>Auxílio visual</i>	104
<i>Proposta de questões avaliativas</i>	104
Tema 1.2 : A importância dos modelos na ciência	105
<i>Problema Proposto</i>	105
<i>Discussão da atividade</i>	105
Tema 1.3: A natureza da luz	107
<i>Primeira parte</i>	107
<i>Discussão da atividade</i>	108
<i>Segunda parte</i>	108
<i>Discussão da atividade</i>	108
<i>Preparação da atividade</i>	109
APLICAÇÃO DO SEGUNDO MOMENTO	112
Tema 2.1 - Introdução de conceitos de Física quântica	112
<i>Discussão da atividade</i>	113
<i>Problema proposto</i>	114
<i>Preparação da atividade</i>	115
<i>Proposta de questões avaliativas</i>	116
Tema 2.2 - Introdução de conceitos de Física quântica	116
<i>Discussão da atividade</i>	117



<i>Preparação da atividade</i>	117
<i>Finalização do segundo módulo</i>	118
REFERÊNCIAS	119
APÊNDICE B – O QUE SÃO MODELOS?	120
APÊNDICE C – ESTRUTURA DO ÁTOMO E OS NÍVEIS DE ENERGIA	120
ANEXO A – MODELO DA CAIXA	126
ANEXO B – ESPECTROS DAS ESTRELAS	128



INTRODUÇÃO

O objetivo deste produto educacional é fornecer uma sequência de ensino que apresente uma proposta na qual o efeito fotovoltaico é abordado do ponto de vista do fenômeno óptico, utilizando para isso conceitos iniciais da mecânica quântica, destinado a estudantes do segundo ano do ensino médio. Essa abordagem será baseada em um ensino voltado à resolução de problemas com caráter investigativo.

A abordagem investigativa através da resolução de problemas permitirá que os estudantes tenham uma compreensão mais profunda do fenômeno óptico (efeito fotovoltaico). Eles serão incentivados a resolver problemas propostos que exploram as interações da luz com os materiais dos painéis solares, entender as transições de energia dos elétrons bem como, a forma como isso resulta na geração de eletricidade. Possibilitando que os estudantes desenvolvam habilidades de análise, raciocínio e aplicação prática do conhecimento; Estimulando o interesse dos estudantes pela Física e contribuindo para uma compreensão mais significativa dos conceitos físicos.

Ao fim desta sequência de ensino, espera-se obter um envolvimento maior por parte dos estudantes com os aspectos teóricos dos conteúdos apresentados, com o objetivo de se aprofundar mais nos conceitos e modelos da Física, constituindo assim uma tentativa de escapar do caráter puramente matemático que muitos professores do ensino básico ainda perpetuam em detrimento da compreensão teórica dos conteúdos e conceitos.



Divisão da sequência de ensino e o conteúdo abordado

A sequência de ensino será dividida em dois momentos, distribuídos em um total previsto de **9 aulas de 50 minutos** cada; os momentos serão subdivididos em temas que nortearão os problemas e a área de ensino a ser trabalhada. Isso será feito respeitando sempre que possível o tempo de aprendizado de cada turma.

Os momentos terão como objetivo dividir o trabalho em duas etapas distintas. O primeiro momento abordará os conhecimentos fundamentais necessários para compreender o funcionamento dos painéis solares. O segundo momento permitirá que os estudantes estabeleçam conexões entre o que aprenderam, com o objetivo de explicar o funcionamento dos painéis solares.

Essa divisão por temas é uma estratégia pedagógica adotada para abordar a extensão dos conteúdos envolvidos na sequência de ensino. Os temas foram concebidos com o propósito de segmentar o aprendizado, fornecendo uma base conceitual sólida que será fundamental para a resolução do problema.

A abordagem de apresentar problemas em cada tema é uma forma eficaz de construir o conhecimento através das discussões e hipóteses lançadas pelos estudantes para resolver o problema. Por meio das discussões e dúvidas que surgem do processo de levantamento de hipóteses, esses problemas funcionarão como “peças conceituais” que os estudantes irão reunir para compreender e resolver o problema principal do módulo, de forma similar à montagem de um quebra-cabeça.

Com essa abordagem, os estudantes terão a oportunidade de aplicar os conceitos aprendidos em situações práticas e desafiadoras, o que contribuirá significativamente para a consolidação do conhecimento e o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas.

Os conteúdos a serem trabalhados estão listados na Quadro 1, e incluirão temas relevantes relacionados à óptica e à Física dos painéis solares.



Quadro 1: Conteúdos a serem trabalhados.

	Conteúdo/Atividade	Objetivo
1	O que são e para que servem os modelos na Ciência.	Abordar a importância dos modelos para a ciência; Mostrar que modelos são construções humanas que tentam explicar e reproduzir fenômenos que dependem da interpretação humana.
2	A luz como uma onda eletromagnética; quantização da luz.	Introduzir o conceito de onda eletromagnética e a relação da variação das frequências de oscilação dessas ondas como as cores visíveis.
3	Efeito fotovoltaico; a importância de utilização de novas fontes de energia.	Mostrar a importância de fontes de energia limpa além de introduzir o efeito fotovoltaico e as características físicas por traz de seu funcionamento.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Observações ao professor que queira aplicar a metodologia de resolução de problemas investigativos

Ao utilizar o método de resolução de problemas em sala de aula, o professor deve considerar que muitos estudantes podem não ter adquirido autonomia suficiente para lidar com problemas que envolvem investigação. Portanto, é necessário começar com problemas simples e aumentar progressivamente o nível de dificuldade ao longo do tempo. Ao integrar a resolução de problemas como método complementar às aulas de Física, é importante considerar o tempo necessário para a adaptação dos estudantes.

É sugerido que o professor familiarize os estudantes com assuntos mais simples previamente, permitindo que tanto ele quanto os alunos pratiquem o método e adquiram experiência de forma gradual. Dessa forma, à medida que os estudantes tenham mais contato com problemas investigativos, eles ganharão confiança para lidar com problemas de maior dificuldade e abstração. Sugerimos, portanto, a divisão da sequência em momentos que exigirão diferentes graus de abstração e raciocínio dos estudantes.



Competências e habilidades BNCC:

Quadro 2: Competências e habilidades utilizadas no produto.

<p>★ ★ Competência específica 1: Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia [...]</p> <p>★ Habilidades:</p> <p>(EM13CNT101) Analisar e representar as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento [...]</p> <p>(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções [...]</p> <p>(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 [...]</p> <p>(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica [...]</p> <p>★ ★ Competência específica 2: Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões [...]</p> <p>★ Habilidades:</p> <p>(EM13CNT201) Analisar e utilizar modelos científicos [...]</p> <p>(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, nos seres vivos no corpo humano [...]</p>	<p>(EM13CNT204) Elaborar explicações e previsões [...]</p> <p>(EM13CNT205) Utilizar noções de probabilidade e incerteza para interpretar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, reconhecendo os limites explicativos das ciências.</p> <p>★ ★ Competência específica 3: Analisar 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 [...]</p> <p>★ Habilidades:</p> <p>(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas [...]</p> <p>(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos [...]</p> <p>(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias [...]</p> <p>(EM13CNT308) Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos [...]</p>
--	--

Fonte: (Brasil, 2018, p. 540).



APLICAÇÃO DO PRIMEIRO MOMENTO

No primeiro momento, iremos apresentar aos estudantes o problema central deste produto educacional. Nosso objetivo é proporcionar aos alunos uma compreensão inicial da proposta, capturando suas primeiras impressões sobre o tema. Ao mesmo tempo, exploraremos conceitos iniciais e ideias sobre a luz, além de discutir a aplicação de modelos nas ciências. Buscaremos construir a ideia para os estudantes de que esses modelos são construções humanas e, portanto, não representam verdades absolutas, estando sujeitos a mudanças e revisões ao longo do tempo.

Tema 1.1 : A importância dos modelos na ciência

Número de aulas: 2 aulas

Objetivos geral: Mostrar a importância dos modelos teóricos para a ciência como um todo, em especial para a Física fazendo a distinção entre os modelos da ciência e os modelos do conhecimento empírico. Demonstrar como funciona um processo investigativo e as diferentes visões que são possíveis a partir do mesmo objeto ou fenômeno estudado.

Objetivos específicos:

- Orientar os estudantes sobre a aplicação da proposta de sequência de ensino;
- Dar uma noção para os estudantes de como acontece um processo investigativo;
- Mostrar que a ciência é cheia de modelos que tentam explicar diversos fenômenos;
- Perceber como os estudantes se comportam em um ambiente de trabalho em equipe;
- Preparar os estudantes para trabalhar com questões que exigem um trabalho autônomo.
- Comparar a ideia do modelo da caixa com os modelos propostos para a luz.

Conteúdo:

- Aplicação de modelos no cotidiano.
- Modelos físicos.
- Dualidade onda partícula.



Quadro 3: Distribuição das atividades

Tema da aula	Atividades	Tempo
1 - Criando um modelo para o mecanismo da caixa	Observação e manuseio da caixa pelos estudantes.	1 aula
	Elaboração de um esquema de funcionamento do mecanismo da caixa pelos estudantes, tomando como base as hipóteses levantadas.	
	Discussão da validade dos esquemas propostos.	
2 - Um modelo para a luz	Leitura do texto do: Os modelos na ciência, contidos no Anexo A.	1 aula
	Resolução do problema.	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Discussão da atividade

Nessa atividade, o objetivo é destacar que as teorias físicas e científicas em geral são criações humanas e, portanto, estão sujeitas a diversas modificações e até mesmo ao descarte. Tais alterações podem ocorrer devido a erros de formulação, erros conceituais, etc; que podem torna-las obsoletas por intermédio de novas descobertas ou, ainda, serem confirmadas e evoluírem para leis gerais. Com isso, almeja-se mostrar aos estudantes que as teorias científicas não devem ser consideradas verdades absolutas, mas sim representações idealizadas da realidade, passíveis de revisão e atualização conforme novas evidências.

Sendo assim, essa atividade inicial apresenta aos estudantes uma experiência prática que possa ser semelhante ao método utilizado pelos cientistas para “iniciar” o estudo de um problema. Além disso, busca-se proporcionar aos estudantes uma experiência real de lidar com algo “invisível”, onde eles terão poucas informações disponíveis para tentar desvendar os mecanismos internos de seu funcionamento e com isso sugerir um modelo que possa explicar seu funcionamento com a anuência dos outros membros do grupo e



posteriormente como os outros estudantes.

Essa atividade visa oferecer ao professor uma oportunidade de observar os alunos em ações investigativas, permitindo uma adaptação mais precisa das atividades futuras ao contexto específico da turma. As observações detalhadas são fundamentais para compreender como os alunos interagem entre si, identificar dinâmicas de grupo e potenciais dificuldades individuais. Essa análise mais aprofundada possibilita ao professor ajustar sua abordagem, promovendo um ambiente de aprendizado colaborativo e estimulante para discussões e trocas de ideias.

A partir de uma análise do que são modelos na ciência e sua importância, os estudantes terão a condição de buscar relacionar esse conhecimento com outros tipos de modelos, possibilitando uma visão mais aprimorada do que são modelos e de sua importância, sem deixar de considerar que todos eles são construções humanas.

Preparação da atividade

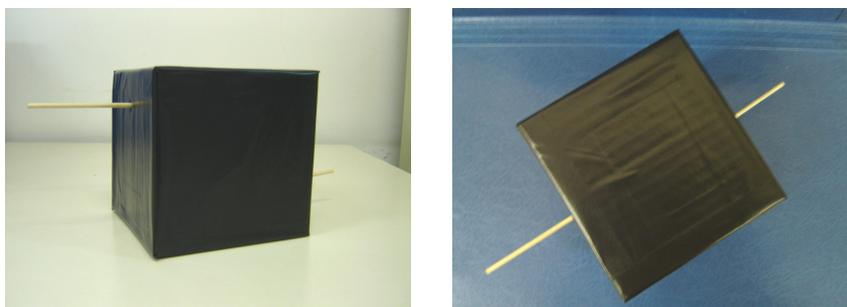
Primeira parte

Como introdução a essa atividade, os estudantes serão apresentados ao experimento do modelo para o funcionamento da caixa, ilustrado na Figura 1. Nesse experimento, uma caixa totalmente fechada será exibida, contendo um mecanismo interno que se movimenta ao ser puxado por uma das hastes em sua lateral. Os alunos serão desafiados a sugerir hipóteses e discutir em grupo quais são os modelos mais plausíveis para o funcionamento desse mecanismo, mantendo a caixa fechada e utilizando apenas a imaginação, o apelo tátil e visual.

Após esta etapa, os estudantes serão convidados a ler o texto *O que são modelos*, presente no Apêndice B. Esse texto simples tem o objetivo de consolidar o conhecimento dos estudantes sobre os modelos na ciência e sua utilização em outros campos do conhecimento. O texto foi elaborado seguindo as características da turma para a qual ele foi apresentado, cabendo ao professor proceder às modificações que possa achar pertinentes para o contexto no qual o produto for aplicado.



Figura 1: Modelo das caixas



fonte: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo–FEUSP. Url:<http://nupic.fe.usp.br/projeto-materiais/fisica-moderna-no-ensino-medio/material-didatico-para-ensino-de-dualidade>.

Segunda parte

A partir do entendimento adquirido nesta segunda parte será solicitado que eles reflitam e tentem responder o problema proposto. Nele, os estudantes terão contato com o modelo de dualidade onda partícula para a luz, mas também com modelos clássicos que adotavam a luz como partícula ou como onda de separadamente, possibilitando ao professor realizar discussões interessantes sobre os problemas e distinção de cada modelo.

Para isso, será apresentado para a discussão o experimento da fenda dupla Figura 2, onde será mostrado o comportamento da luz ao passar por duas fendas.

O objetivo é que os estudantes avaliem a situação e tentem formular hipóteses para o que estão observando antes de serem apresentados aos modelos para a luz. Com isso, busca-se fazer com que os estudantes tenham contato com experimentos históricos reais e tentem chegar a conclusões sobre o que estão vendo com base nos conhecimentos sobre ondulatória, juntamente com seu conhecimento empírico sobre a luz. Essa abordagem visa mostrar as divergências entre os dois modelos (ondulatório e corpuscular) e incentivar uma reflexão crítica sobre os conceitos físicos envolvidos. Posteriormente, será apresentado a eles o problema para que os estudantes relacionem os modelos para a luz com o que aprenderam com a construção do modelo para o funcionamento da caixa. Essa conexão entre diferentes contextos e modelos visa enriquecer a compreensão dos estudantes sobre os fenômenos físicos e sua aplicação em diferentes situações.



Figura 2: Experimento da fenda dupla.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Problema Proposto

De que forma os modelos propostos para a luz se assemelha como o modelo da caixa?

Auxílio visual

Como suporte para as discussões do problema, sugerimos ao professor o vídeo: “Dr. Quantum - Fenda Dupla”¹. Esse vídeo aborda a natureza corpuscular e ondulatória da luz, além de mostrar o experimento da fenda dupla e seus padrões de interferência.

Proposta de questões para discussão

Essas perguntas podem ser feitas no momento da discussão das hipóteses levantadas pelos alunos, onde o professor terá um papel de estimular as discussões, sem dar respostas ou interferir no processo de tomada de decisão dos estudantes. Tais perguntas podem ser do tipo:

- 1 - Como podemos definir o que é um modelo para a ciência?
- 2 - Porque são utilizados modelos na Física?
- 3 - Como é possível explicar o comportamento da luz ao passar pela fenda?
- 4 - Com base em que podemos afirmar que um modelo deixou de ser útil como ferramenta para explicar determinado fenômeno?

¹Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=UtPf0XYQzfl>. Acessado em 18 de novembro, 16:30



Tema 1.2 : O funcionamento dos painéis solares

Número de aulas: 1 aula

Objetivos geral: Introduzir uma discussão sobre o problema principal que é a Física por traz do funcionamento dos painéis solares.

Objetivos específicos:

- Orientar os estudantes sobre a aplicação da proposta de sequência de ensino;
- Coletar preliminarmente a forma como os estudantes compreendem o funcionamento dos painéis solares;
- Obter possíveis hipóteses de explicação do fenômeno envolvidos e dos conceitos físicos relevantes.

Quadro 4: Distribuição das atividades

Tema da aula	Atividades	Tempo
1 - Apresentação do problema.	Apresentação dos brinquedos didáticos.	10 min
2 - Coleta inicial das hipóteses.	Verificação preliminar das hipóteses levantadas pelos estudantes sobre o funcionamento dos painéis solares.	40 min

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Problema Proposto

"Mas a final, os painéis solares usam luz do Sol ou o seu calor para funcionar?"

Discussão da atividade

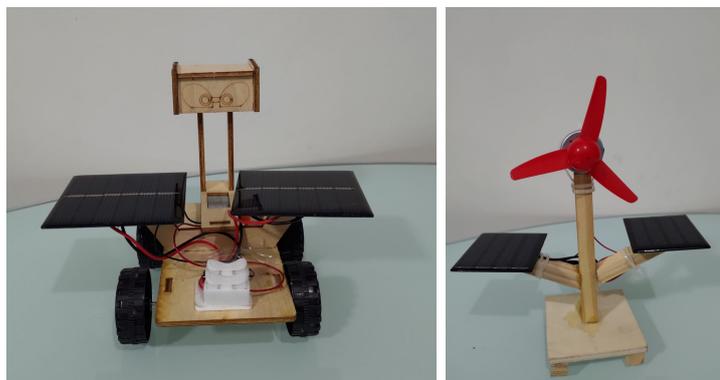
O objetivo é apresentar o problema fundamental deste produto educacional. Aqui, nosso foco inicial é coletar as ideias preliminares dos estudantes sobre como os painéis solares funcionam. Vamos utilizar essas ideias para registrar suas hipóteses preliminares, levando em consideração o conhecimento prévio deles e suas explicações, independentemente de serem baseadas em evidências empíricas ou não. Essa etapa é essencial para entender as concepções iniciais dos estudantes e criar uma base para o desenvolvimento posterior



das atividades, permitindo uma abordagem mais personalizada e direcionada ao longo do processo educacional.

Para auxiliar a discussão e permitir que os estudantes tenham contato com painéis solares e possam vê-los funcionando, possibilitando um meio para que eles testem suas hipóteses, serão apresentados os brinquedos educacionais mostrados na Figura 3. Esses brinquedos fornecem uma representação prática do funcionamento dos painéis solares, permitindo que os estudantes observem diretamente a movimentação dos brinquedos por meio da conversão de luz em energia. Essa experiência prática ajudará no processo de formulação de hipóteses e permitirá que os estudantes possam trocar ideias e discutir com base em algo que possa ser tocado e manipulado por eles. Essa forma de trabalho possibilita que os estudantes avancem na solução sem necessariamente dependerem da intervenção do professor, promovendo assim uma aprendizagem mais autônoma e colaborativa.

Figura 3: Brinquedos educacionais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Para isso, o professor pode incentivar os alunos a discutirem o problema com base nas seguintes perguntas:

- Como vocês acham que os painéis produzem energia?
- Como esse processo ocorre?
- Onde a Física se encaixa na sua resposta anterior?

Durante a discussão, é importante que o professor se abstenha de fornecer respostas aos estudantes. O objetivo aqui é deixar que os estudantes falem sobre o problema. A função



do professor é estimular e guiar as discussões, tendo em vista que, ao final deste processo, voltaremos a abordar o problema, motivando os estudantes a explicá-lo novamente, mas desta vez embasados no conhecimento teórico adquirido ao longo deste trabalho.

Tema 1.3: A natureza da luz

Número de aulas: 2 aulas

Primeira parte

Objetivos geral: Ampliar os conhecimentos dos estudantes sobre características da luz visível e invisível; verificar o que os estudantes trazem de conhecimentos prévios sobre as ondas eletromagnéticas, e a partir de exemplos de fácil visualização e imaginação fazer analogias com situações do cotidiano que possam servir como base para melhorar o entendimento sobre essa temática; instigar discussões sobre as várias representações das ondas eletromagnéticas, indo além das cores do espectro visível.

Objetivos específicos:

- Compreensão da luz como uma onda eletromagnética;
- Compreensão dos elementos de uma onda eletromagnética;
- Quantização da luz
- Dualidade onda partícula.

Quadro 5: Distribuição das atividades

Tema da aula	Atividades	Tempo
1 - O que é a luz.	Discussão de conceitos pertinentes: frequência e comprimento de onda.	1 aula
2 - Espectro visível da luz	Melhora do entendimento sobre a luz; e suas características.	1 aula

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.



Discussão da atividade

Para essa atividade, iniciaremos fazendo a seguinte pergunta: O que é luz? O objetivo é verificar quais são os conhecimentos prévios e suas impressões sobre os fenômenos ópticos, mais especificamente a natureza e sua compreensão empírica da luz, tanto do ponto de vista do fenômeno como da sua natureza ondulatória. Momento onde serão discutidos conceitos básicos do conteúdo, como: frequência, comprimento de onda. Esta parte é importante para sanar dúvidas pendentes já que tais conceitos serão utilizados nas explicações posteriores.

Segunda parte

Objetivos geral: Apresentar o espectro da luz visível, ampliando o entendimento dos estudantes sobre as características ondulatórias da luz; Demonstrar a utilização dos espectros para identificar diferentes compostos químicos, fazendo uma correlação entre esses espectros e a identificação dos elementos constituintes de outros corpos celestes a exemplo das estrelas; Estudar as faixas do espectro eletromagnético suas frequências e suas divisões com enfoque maior para a luz visível e as características que definem as cores e das ondas.

Objetivos específicos:

- Definir o que são espectros.
- Discutir as cores dos espectros visíveis e suas frequências específicas.
- Identificar os elementos que definem as cores.

Discussão da atividade

O tema de espectros possui um grande número de possibilidades e formas de ser explorado no ensino médio, podendo ser abordado por meio de diversas metodologias e temáticas. Para esse trabalho, sugerimos que o professor inicie a aula abordando os espectros de absorção e de emissão da luz do Sol como uma forma de motivar os estudantes a participarem de forma mais ativa do processo. Conteúdos que envolvem astronomia básica têm o potencial de causar impactos positivos na curiosidade e no aprendizado dos



estudantes.

Após a introdução, o professor pode incluir outros temas correlacionados, como as dúvidas dos estudantes sobre o espectro das estrelas, ou iniciar a discussão sobre os espectros dos elementos químicos. Essa discussão pode ser direcionada para introduzir os espectros da luz visível e, posteriormente, abordar as outras faixas do espectro eletromagnético.

Nessa proposta de atividade, o uso do apelo visual tem uma importância relevante para auxiliar os estudantes a perceberem as diversas formas dos espectros e a compreenderem as características únicas do espectro que cada elemento químico possui. Ao apresentar imagens dos espectros dos elementos químicos e da luz das estrelas, constantes no Apêndice C, os estudantes terão uma experiência mais efetiva e intuitiva, o que facilitará o processo de aprendizagem dos conceitos abordados.

Nesse momento, o professor pode introduzir conceitos sobre tipos de interferência com mais detalhes, caso isso já tenha sido feito no momento da discussão da atividade anterior.

Preparação da atividade

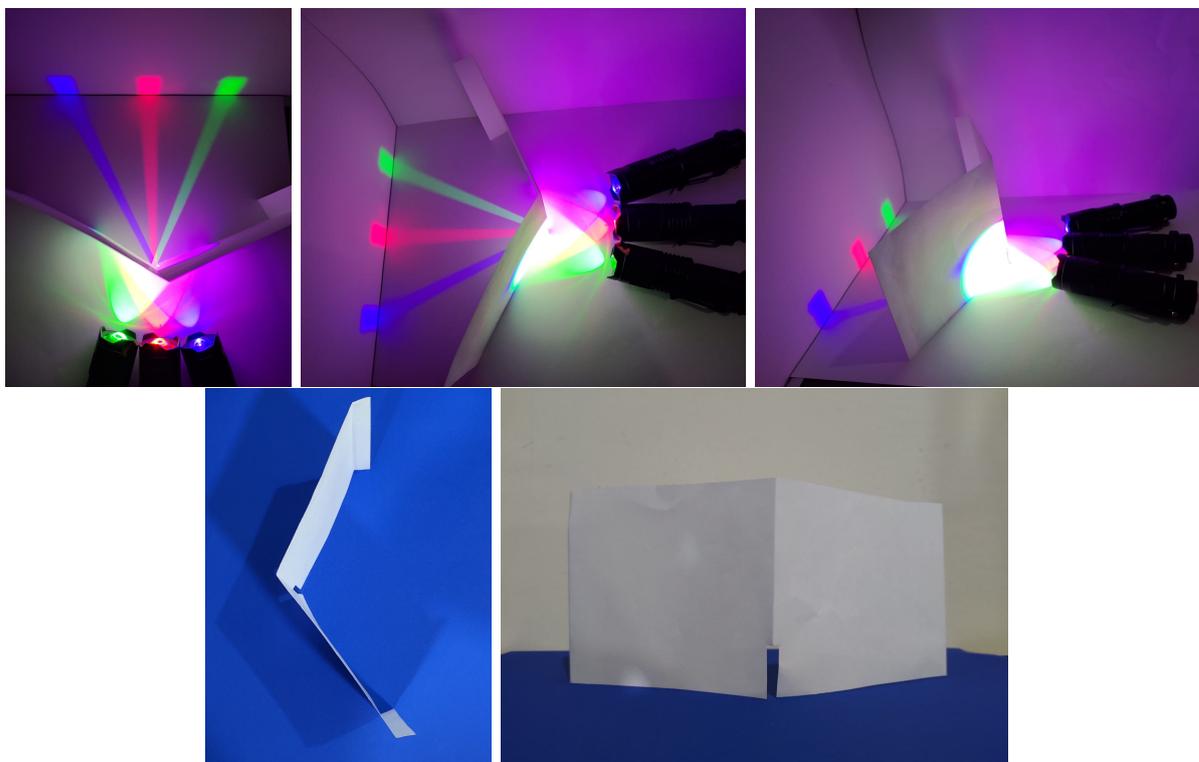
Para essa atividade sugerimos que o professor inicie o conteúdo de espectros utilizando-se da discussão com o seguinte problema:

"Como os cientistas conseguem descobrir de que é feita uma estrela sem que eles tenham de viajar até ela?"

Para ajudar no processo investigativo, sugerimos o experimento da fenda. Para este experimento serão necessárias três lanternas de cores diferentes, neste produto foi utilizada lanternas nas cores: vermelha, azul e verde. Elas servirão de fonte luminosa, além disso, será utilizada duas folhas de papel A4 uma inteira e outra para produzir a fenda por onde passará a luz. Na Figura 4 apresentamos imagem da montagem do experimento.



Figura 4: Experimento da fenda com lanternas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Este problema exige um nível maior de aprofundamento quanto às definições de frequência e comprimento de onda, o que explica a necessidade de uma abordagem detalhada desses temas na primeira parte da atividade. Sem essa base, os estudantes podem não conseguir relacionar as frequências com as cores emitidas e a formação do espectro. Por isso, essa atividade pode e deve ser adaptada caso os estudantes não consigam atender a essa necessidade. Ao buscar responder o problema, os estudantes precisam perceber que a luz emitida é quebrada ao passar por uma “barreira” produzindo o espectro, gerando a imagem como a da Figura 4. Todo esse processo deve ocorrer com o professor instigando a discussão, pois, sem ela, pode ser muito difícil que os estudantes cheguem a uma resposta plausível para o problema.

Devido a essa dificuldade, o professor deve preparar os estudantes na primeira parte, avaliando a viabilidade da aplicação ou não desta atividade.

No material disponibilizado no Anexo B, os professores poderão encontrar imagens do espectro de algumas estrelas bem como os espectros de elementos químicos para melhor promover as discussões pertinentes a atividade. Neste mesmo material, também é possível



encontrar uma atividade que relaciona os espectros de alguns elementos Químicos com o espectro de alguns exemplos de estrelas. Essa atividade pode ser útil para aprofundar o conhecimento.



APLICAÇÃO DO SEGUNDO MOMENTO

Neste momento, serão apresentadas as bases para a construção do conhecimento básico necessário para que os estudantes possam resolver o problema motivador deste produto. Este problema aborda conceitos complexos que se enquadram nas áreas de Física moderna, mecânica quântica e Física dos materiais. No entanto, devido à sua complexidade para estudantes do ensino médio, esses tópicos serão introduzidos de forma superficial, com ênfase em aspectos relevantes e compreensíveis para alunos dessa faixa etária.

A motivação destes problemas está na parte conceitual, e não serão abordadas as etapas práticas da produção de energia elétrica, uma vez que os estudantes ainda não possuem o conhecimento sobre conceitos inerentes a esse tema, geralmente ensinado em turmas do terceiro ano do ensino médio.

Portanto, o objetivo é fornecer uma bagagem conceitual que permita uma compreensão mínima do funcionamento interno das células fotovoltaicas. Ao explorar essas bases conceituais, espera-se que os estudantes possam desenvolver uma compreensão inicial do processo de geração de energia solar e como os painéis fotovoltaicos podem converter a luz do Sol em eletricidade do ponto de vista conceitual da Física. Ao fornecer esse conhecimento essencial, os estudantes estarão mais preparados para lidar com questões relacionadas ao tema.

Tema 2.1 - Introdução aos conceitos da Física

Número de aulas: 2 aulas.

Objetivos geral: Consolidar os conhecimentos vistos na química do primeiro ano (modelos atômicos e distribuição eletrônica), descrevendo esses conceitos com base na Física; Abordar a distinção entre distribuição contínua e discreta da energia; relembrar o conceito de quantização da energia.

Objetivos específicos:

- Desenvolver o conceito de quantização da energia.
- Desenvolver o conceito de níveis de energia.

Conteúdo:



Quadro 6: Distribuição das atividades

Tema da aula	Atividades	Tempo
1 - Estrutura do átomo	Ler o texto do Apêndice C e formular hipótese para o problema proposto.	1 aula
2 - Discussão do problema	Momento onde os alunos, com o estímulo do professor, irão aprofundar as hipótese e sua viabilidade de acordo com o contexto do problema	1 aula

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

- A quantização da energia;
- Níveis de energia;
- Absorção e liberação de energia;

Discussão da atividade

Um dos conceitos mais importantes para que os estudantes compreendam o funcionamento dos painéis solares está na transição de níveis de energia dos elétrons, o que é fundamental para entender a Física envolvida nesse processo. Para isso, é necessário que o professor, a partir das hipóteses dos alunos, comece do básico, explicando a quantização de energia. Em seguida, é essencial construir uma base sólida sobre a importância dessas transições. Com esse conhecimento, os estudantes podem perceber a importância da quantização de energia e como ela está fortemente ligada à capacidade dos painéis solares de converter a luz solar em eletricidade, ao invés do calor como foi suposto no segundo problema.

Dessa forma, será essencial que o professor esteja atento durante as discussões do problema para identificar se os estudantes possuem conhecimento prévio sobre o assunto. Caso contrário, o professor deverá utilizar um tempo maior da proposta para guiar a discussão com maior tranquilidade, garantindo que a maior parte dos estudantes consiga obter o conhecimento necessário. Isso pode envolver a explicação de conceitos fundamentais, a realização de atividades práticas ou demonstrações que ilustrem os princípios envolvidos bem como o fornecimento de recursos adicionais, como textos complementares ou vídeos explicativos. O objetivo é garantir que todos os estudantes tenham a oportunidade de compreender os conceitos relevantes para a resolução do problema de forma clara e acessível.



Para esta atividade, foram disponibilizados objetos com capacidade fluorescente, conforme ilustrado na Figura 5. Esses objetos foram introduzidos para permitir que os estudantes manipulassem e investigassem a relação entre a quantidade de energia absorvida pelas “estrelas” e o seu brilho, servindo como uma introdução aos conceitos que envolvem saltos entre níveis de energia e a produção de elétrons livres. Essa etapa do trabalho requer uma atenção especial devido à complexidade do conteúdo para os estudantes, que podem não possuir uma base conceitual bem estabelecida, limitando as possibilidades de aplicação que envolvem muitos aspectos teóricos.

Portanto, o objetivo aqui é apresentar apenas as partes do conteúdo que sejam significativas para o entendimento da proposta, fornecendo uma base conceitual mínima que permita aos alunos explorarem e compreenderem os fenômenos observados de forma acessível.

Figura 5: Estrelas fluorescentes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Problema proposto

Explique como os elétrons mudam de nível de energia e o que você acha que ocorre com um elétron quando ele já está na camada mais externa de um átomo (camada Q) e ainda continua recebendo energia?

Com esse problema, espera-se que ao final das discussões os estudantes possam associar as transições entre os níveis K, L, M, N, O, P e Q de energia de um átomo, com a “produção” de elétrons livres que são essenciais para o sistema fotovoltaico.



A partir disto, espera-se que os estudantes consigam perceber que:

- A movimentação dos elétrons dos átomos do material que constitui os painéis solares se inicia com o recebimento de fótons de luz do Sol.
- Existe a possibilidade de haver elétrons livres na estrutura dos objetos, possibilitando a compreensão dos mecanismos de produção de energia, mesmo que de forma rudimentar.

Caso seja necessário, o professor pode ao final explicar que essas cargas livres podem gerar uma movimentação de cargas chamada de corrente elétrica. Tornando mais clara a relação entre as movimentações e as consequências delas para a produção de energia. Essa correlação é necessária se os estudantes ainda não tiverem tido o contato com este conteúdo.

Aplicação da atividade

Para esta etapa da atividade, cada grupo receberá três estrelas plásticas semelhantes às mostradas na Figura 5. Os estudantes serão convidados a observar essas estrelas, que serão iluminadas com diferentes fontes de luz: a luz ambiente, a luz solar direta e a luz de um celular. Eles irão inicialmente colocar as estrelas em um local coberto para que a energia absorvida por elas seja liberada antes do início das atividades; posteriormente, os estudantes irão expor simultaneamente as três estrelas a essas fontes de luz e realizarão observações das mudanças ocorridas. Em seguida, serão iniciadas as discussões para a formulação de hipóteses explicando o que está acontecendo.

O objetivo inicial é que os estudantes formulem hipóteses sobre a variação da intensidade da luz emitida pelas estrelas em resposta à exposição a essas diferentes fontes luminosas. Essa parte do trabalho tem o intuito de incentivar os estudantes a observar as nuances do problema antes de formular uma solução ou hipótese. Durante essa fase, os alunos serão incentivados a comparar as estrelas em termos de luminosidade e a propor explicações para as diferenças observadas, fazendo uma relação entre essa luminosidade e a energia recebida destas fontes sugeridas.

Essas discussões serão orientadas de modo a estabelecer conexões com os níveis e subníveis de energia que foram estudados previamente durante o primeiro ano do ensino



médio, especialmente no contexto da química. Caso não seja possível prosseguir por esse caminho, o professor pode contornar essa discussão e partir para as transições de níveis.

Findadas as discussões, o professor apresentará o texto contido no Apêndice C, intitulado *Estrutura do átomo e os níveis de energia*, que servirá para sanar dúvidas e deixar mais clara a compreensão dos estudantes. Nessas discussões, será considerado o ganho ou perda de energia pelos elétrons durante essas transições. Isso permitirá aos estudantes compreender como a luz solar fornece a energia necessária para que os elétrons realizem saltos entre os níveis de energia, resultando na geração de corrente elétrica utilizada nos painéis solares, por meio dos elétrons livres.

Como pode ser observado, este problema exige muito do conhecimento prévio dos estudantes. Alguns aspectos deste problema podem e devem ser alterados conforme a necessidade e as especificidades dos estudantes e do contexto socioeconômico em que estão inseridos. Atividades como esta tendem a ser mais desafiadoras devido à quantidade de conceitos e às ligações necessárias entre esses conceitos para que sejam efetivamente aplicadas. Cabe ao professor avaliar a melhor forma de colocá-la em prática e as adaptações necessárias para que possa ser alcançado o objetivo proposto.

Proposta de questões para discussão

- 1 - Houve alteração na intensidade da luz emitida pelas estrelas?
- 2 - Como pode ser explicado essa diferença?
- 3 - Como pode ser explicado a produção de luz pelas as estrelas?
- 4 - De que forma a luz emitida está relacionada com os níveis de energia dos átomos que compõem as estrelas?
- 5 - Os elétrons podem receber qualquer quantidade de energia para que ocorra a transição entre os níveis?
- 6 - De onde os elétrons podem receber energia para que ocorram as transições entre os níveis de energia?

Tema 2.2 - Funcionamento dos painéis solares

Número de aulas: 2 aulas.

Objetivos geral: Abordar de forma simplificada o efeito fotovoltaico, do ponto de



vista da óptica, tentando esclarecer de forma resumida a Física que existe por trás do funcionamento dos painéis solares.

Objetivos específicos:

- Introdução ao funcionamento dos painéis solares.
- Relacionar os fenômenos físicos com o funcionamento dos painéis solares.

Conteúdo:

- Funcionamentos dos painéis solares.

Quadro 7: Distribuição das atividades

Tema da aula	Atividades	Tempo
1 - Manipulação das placas solares.	Testar se de fato é a luz ou o calor que alimenta as placas solares.	1 aula
2 - Retomando o problema inicial.	Consolidar os conhecimentos aprendidos na resolução do problema principal.	1 aula

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Discussão da atividade

Nessa fase, vamos retomar o problema apresentado no Tema 1.1: Mas afinal, os painéis solares usam luz do Sol ou o seu calor? Agora, solicitaremos aos estudantes que tentem responder ao problema com base no conhecimento adquirido ao longo do processo de resolução dos problemas. Eles devem utilizar a base conceitual que desenvolveram para formular hipóteses e sugerir soluções para o problema.

Aplicação da atividade

Para auxiliar os estudantes, eles terão a oportunidade de manipular um painel solar ligado a uma lâmpada, onde eles poderão experimentar na prática a produção de energia elétrica. O equipamento a ser utilizado é mostrado na Figura 6.



Figura 6: Material do experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Com isso, eles poderão verificar em diferentes ambientes se de fato é o calor ou a luz do Sol que possui alguma influência na produção de energia através do uso dos painéis.

Na etapa posterior a manipulação dos painéis, eles terão a oportunidade de revisitar suas hipóteses anteriores e modifica-las, agora com um embasamento teórico melhor, obtido a partir da resolução dos problemas, das experiências e das discussões em sala.

Finalização do segundo módulo

Ao final deste produto, a expectativa é que os estudantes desenvolvam uma base conceitual na introdução à Física moderna, mesmo durante o segundo ano do ensino médio. Além disso, espera-se que adquiram uma compreensão mais sólida de como essas teorias se aplicam a questões do cotidiano. Através da resolução de problemas investigativos, os estudantes podem aprimorar sua capacidade de formular hipóteses e explicações para problemas fora do ambiente escolar. Isso os capacitará a aplicar o conhecimento adquirido em suas atividades diárias.

Essa experiência de buscar uma base teórica para resolver problemas será fundamental para cultivar uma mentalidade de busca ativa de respostas, em vez de simplesmente aceitá-las de fontes externas, promovendo um maior desenvolvimento da autonomia intelectual dos estudantes.



Referências

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular - BNCC. Brasília: [s.n.], 2018.



APÊNDICE B

O QUE SÃO MODELOS?

Os modelos são representações da “realidade” que auxiliam na visualização de fenômenos, teorias e seus comportamentos. No entanto, antes de nos aprofundarmos na definição de modelos, é necessário compreender o que é essa realidade que mencionamos. O termo “*realidade*” abrange tudo o que é perceptível ao homem, constituindo o conjunto de formas pelas quais nos relacionamos com objetos, ideias ou conceitos. Essas formas podem envolver a interação com objetos físicos, que são tangíveis, ou com conceitos subjetivos, que dependem da interpretação individual.

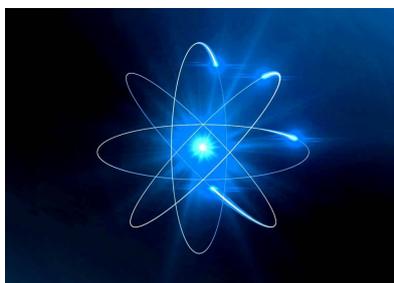
Os modelos são representações simplificadas (Silva, et al, 2019) criadas para representar ideias, fenômenos, processos, eventos, etc. Através dos modelos, é possível aprofundar o conhecimento desejado ou expandir as ideias, facilitando assim a construção de novos conhecimentos. Dessa maneira, os modelos são representações da realidade e, como tal, se constituem como *construções humanas*. Eles tornam o estudo ou entendimento de conceitos e teorias mais acessíveis, seja através do apelo visual ou da comparação com sistemas e modelos já conhecidos.

Portanto, os modelos são representações que possuem uma relação de semelhança com o objeto estudado, podendo apresentar problemas ou imprecisões, que podem ter origem em falhas conceituais ou na própria limitação do conhecimento humano.

Um dos modelos mais conhecidos é o modelo atômico; todos nós já nos deparamos com representações de átomos em livros didáticos, na internet e nas aulas de química. A representação na Figura 1 é uma das mais familiares, seguindo a estrutura do modelo planetário, no qual os elétrons orbitam em torno do núcleo, de maneira análoga ao nosso sistema solar.



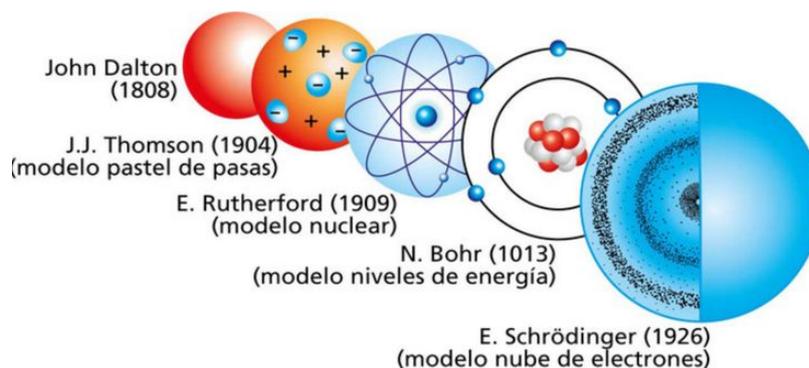
Figura 1 – Modelo do átomo.



Fonte: <https://www.maxieduca.com.br/blog/quimica/teoria-atomo/>. Acessado em 20/10/2023.

Esse modelo foi aceito durante muito tempo para explicar os fenômenos envolvendo o átomo e a organização de sua estrutura, incluindo núcleo, elétrons, prótons, etc. No entanto, à medida que o conhecimento progrediu, esse modelo foi sendo aperfeiçoado, culminando na representação da Figura 2. Essa representação utiliza o conceito de nuvem eletrônica para demonstrar a distribuição dos elétrons ao redor do núcleo.

Figura 2 – Evolução do modelo do átomo.



Fonte: <https://www.pinterest.de/pin/695313629950637393/>. Acessado em 20/10/2023.

Dessa evolução e de várias outras, percebemos que o conhecimento é mutável, e os modelos utilizados para explicar esse conhecimento também o são. Dessa forma, tais modelos não devem ser considerados como verdades absolutas, mas sim, como já mencionado, como construções humanas que representam uma realidade científica conhecida e aceita até o momento. Essa representação da realidade é passível de alteração à medida que adquirimos mais conhecimento.



REFERÊNCIAS

PRESTES, Maria Elice de Brzezinski et al. **O Uso de modelos na Ciência e no ensino de Ciências**. Boletim de História e Filosofia da Biología, v. 7, n. 1, p. 4-10, 2013.

SILVA, Fernando Siqueira da; CATELLI, Francisco. **Os modelos na ciência: traços da evolução histórico-epistemológica**. Revista brasileira de ensino de física, v. 41, 2019.

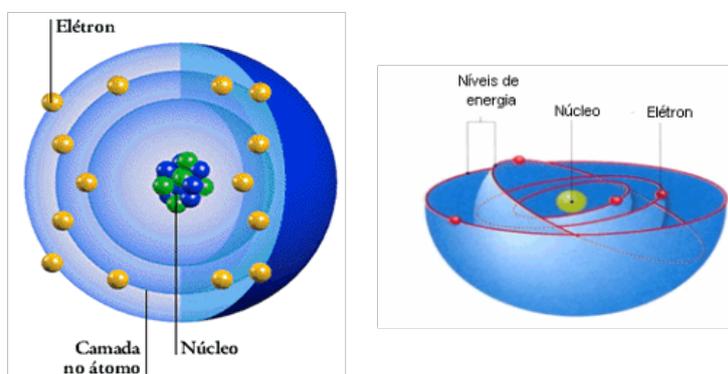


APÊNDICE C

ESTRUTURA DO ÁTOMO E OS NÍVEIS DE ENERGIA

Um átomo é composto por duas regiões distintas. Uma delas é o **núcleo**, uma região central que contém prótons, nêutrons e outras partículas menores. A outra é a **eletrosfera**, uma região ao redor do núcleo onde os elétrons se movem, como ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura do átomo.



Fonte: <http://grupestevolucao.com.br/livro/Quimica1/atmo.html>. Acessado em 17/10/2023.

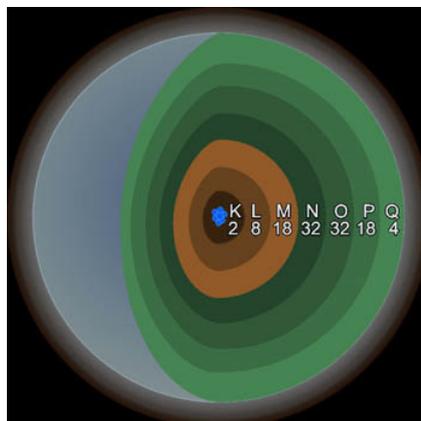
Em um átomo típico, o número de prótons no núcleo é igual ao número de elétrons na eletrosfera.

De acordo com esse modelo atômico, existem regiões na eletrosfera em que a probabilidade de encontrar elétrons é maior. Essas regiões são as **camadas eletrônicas**, às quais são associadas quantidades de energia bem definidas, constituindo os **níveis** de energia. Cada camada comporta um determinado número de elétrons.

Cada camada, é representada por uma letra do alfabeto, começando pela camada K, a mais próxima do núcleo, que representa o nível mais baixo de energia (nível fundamental, $n=1$). Em sequência, temos as camadas L ($n=2$), M ($n=3$), N ($n=4$), O ($n=5$), P ($n=6$) e, por último, a camada Q ($n=7$).



Figura 2 – Níveis de energia do átomo.

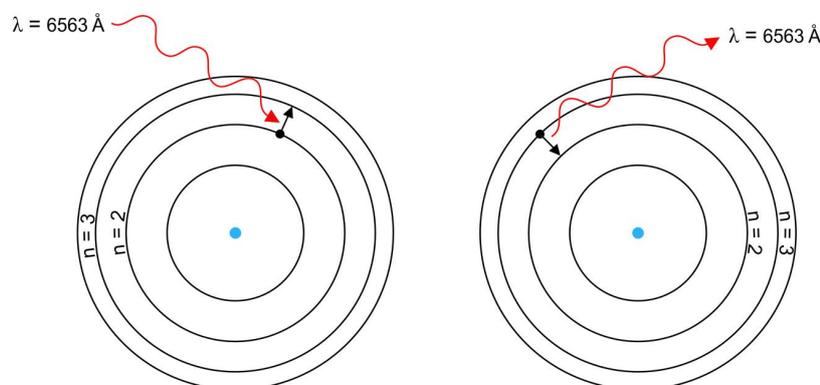


Fonte: <https://www.preparaenem.com/quimica/modelo-atomico-rutherford-bohr.htm>. Acessado em 17/10/2023.

Portanto, a energia de cada nível aumenta à medida que os elétrons se afastam do núcleo atômico. No entanto, não significa que todos os átomos tenham todas as suas camadas preenchidas (completas). Com exceção dos gases nobres, praticamente todos os outros elementos têm “espaços vazios” na camada mais distante do núcleo atômico, conhecida como camada de valência. São esses espaços vazios que permitem as transições dos elétrons entre os níveis de energia, conhecidas como “saltos quânticos”.

Cada elemento possui seu próprio número característico de elétrons e, da mesma forma, um conjunto característico de níveis de energia. Quando os elétrons “caem” de níveis de energia mais altos para níveis mais baixos (ou vice-versa), eles emitem pulsos oscilantes de radiação eletromagnética chamados fótons, como demonstrado na Figura 3.

Figura 3 – Liberação de fóton após decaimento do elétron



Fonte: https://www.if.ufrgs.br/fis02001/aulas/aula_espec.htm. Acessado em 17/10/2023.



Um fóton é a unidade básica de energia na forma de radiação eletromagnética. Os fótons são responsáveis por todos os tipos de luz, desde o infravermelho ao ultravioleta, até os raios X e as ondas gama. A depender de que nível de energia o elétron se deslocou e para qual nível ele foi, a radiação emitida pode ser de frequências diferentes. Essa emissão de fótons é a responsável pelas cores que vemos, por exemplo em metais aquecidos, Figura 4.

Figura 4 – Liberação de fóton de luz no metal



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ponto_de_Draper. Acessado em 17/10/2023.

A frequência desses fótons está relacionada à diferença de energia correspondente ao salto quântico. A diferença de energia depende dos níveis entre os quais o elétron transita.

Para o elétron passar do nível K para o nível M, o átomo precisará receber uma quantidade de energia exatamente igual à diferença de energia entre esses níveis, ou seja, $\Delta E = E_M - E_K$. A mesma diferença de energia ΔE deverá também ser emitida (liberação de um fóton de luz), pelo átomo, quando o elétron retornar ao seu nível de origem, neste caso do nível M para o nível K.

REFERÊNCIAS

HEWITT, P. G. **Fundamentos de física conceitual**. 12^o. ed. Porto Alegre – RS: Bookman, 2015.

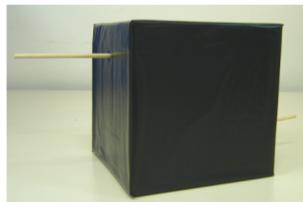


ANEXO A – MODELO DA CAIXA

Roteiro para Construção da Caixa Preta (somente para o professor)

Materiais

- caixa de papelão pequena
- elástico
- palitos de churrasco (sem as pontas) e sorvete
- arame ou fio grosso
- fita adesiva
- papel preto ou tinta preta

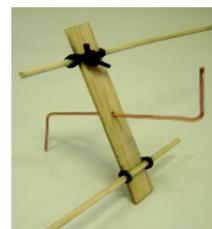


Montagem

1 – Faça um furo no centro do palito de sorvete e corte suas pontas de modo que seu comprimento fique um pouco menor que a altura da caixa.



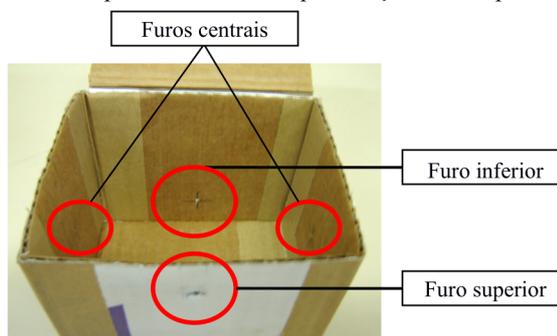
2 – Amarre um palito de churrasco em cada ponta do palito de sorvete utilizando o elástico.



3 – Corte um pedaço de arame, ou fio grosso, maior que a largura da caixa e passe pelo centro do palito de sorvete.

4 – Faça dois furos na mesma altura em duas laterais opostas da caixa para encaixar o arame.

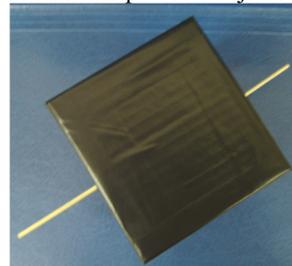
5 – Em outra lateral faça um furo para o palito de churrasco superior e na lateral oposta faça um furo para o palito de churrasco inferior.



6 – Encaixe o mecanismo cuidadosamente dentro da caixa.

7 – Utilizando elástico e fita adesiva prenda a parte menor dos palitos de churrasco nas laterais da caixa, como na figura.

6 – Agora é só fechar a tampa da caixa e cobri-la com papel ou tinta preta. Mexa um dos palitos e veja como o outro se comporta.



REFERÊNCIAS

_____. Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP: Transformação das Teorias Modernas e Contemporâneas para Sala de Aula. São Paulo, SP, 2016. Disponível em: <https://sites.usp.br/nupic/wp-content/uploads/sites/293/2016/05/Bloco-I-Modelos.pdf>. Acesso em : 05 abr. 2023.



ANEXO B – ESPECTROS DAS ESTRELAS

Laboratório de Pesquisa em Ensino de Física da Faculdade de Educação da USP

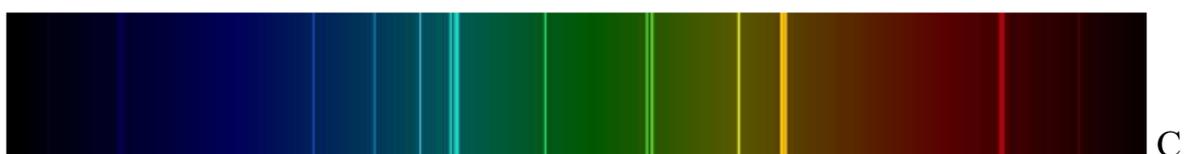
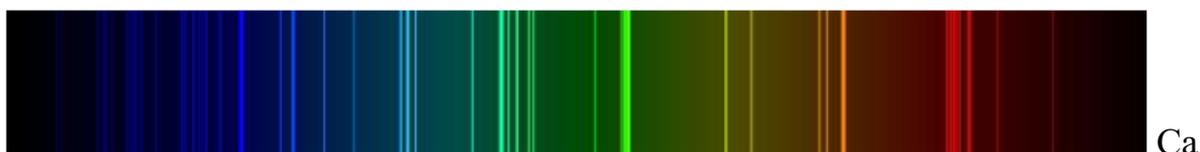
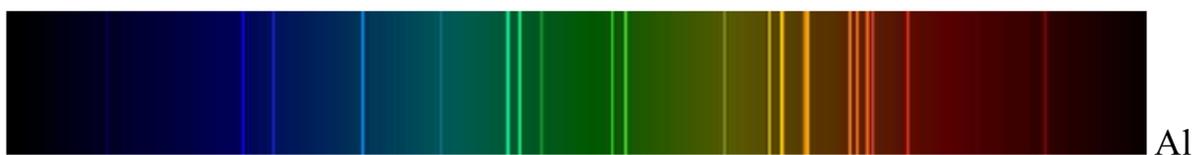
Transposição das Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula

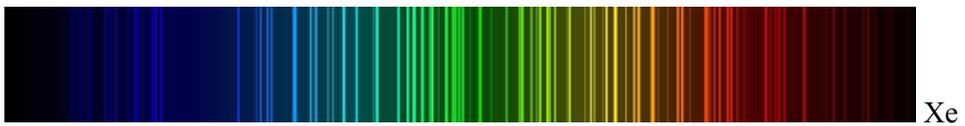
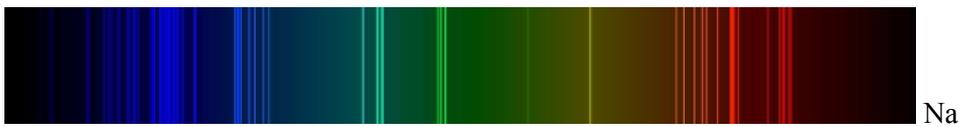
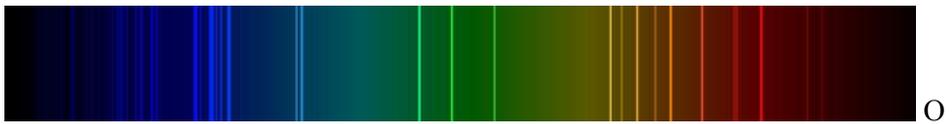
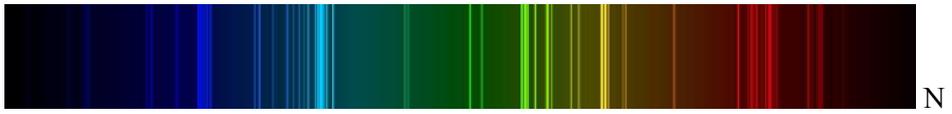
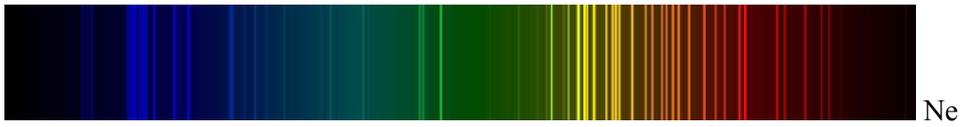
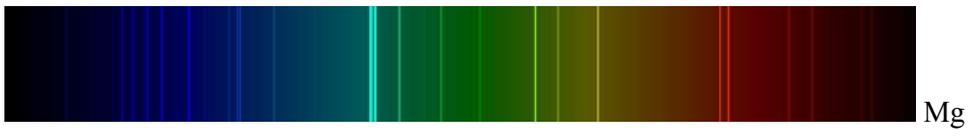
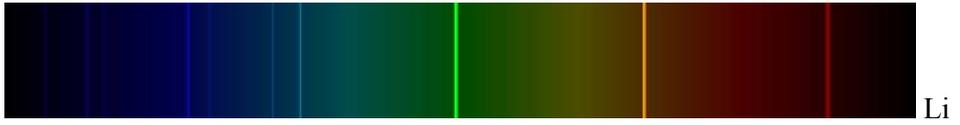
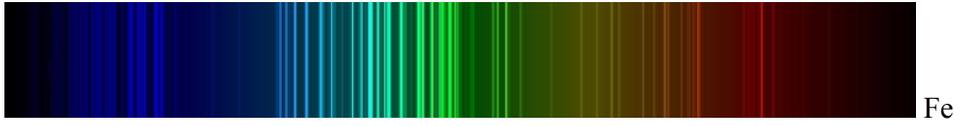
Vamos descobrir de que elementos químicos se compõe uma estrela?

Cada grupo receberá folhas de sulfite com os espectros de elementos químicos e transparências com espectros simplificados e numerados de algumas estrelas. Os alunos deverão comparar o espectro das estrelas com os espectros dos diferentes elementos. Se o espectro da estrela apresentar todas as linhas correspondentes ao elemento, é por que este é um dos constituintes da estrela.

Compare com cuidado, pois cada estrela tem pelo menos 3 elementos componentes.

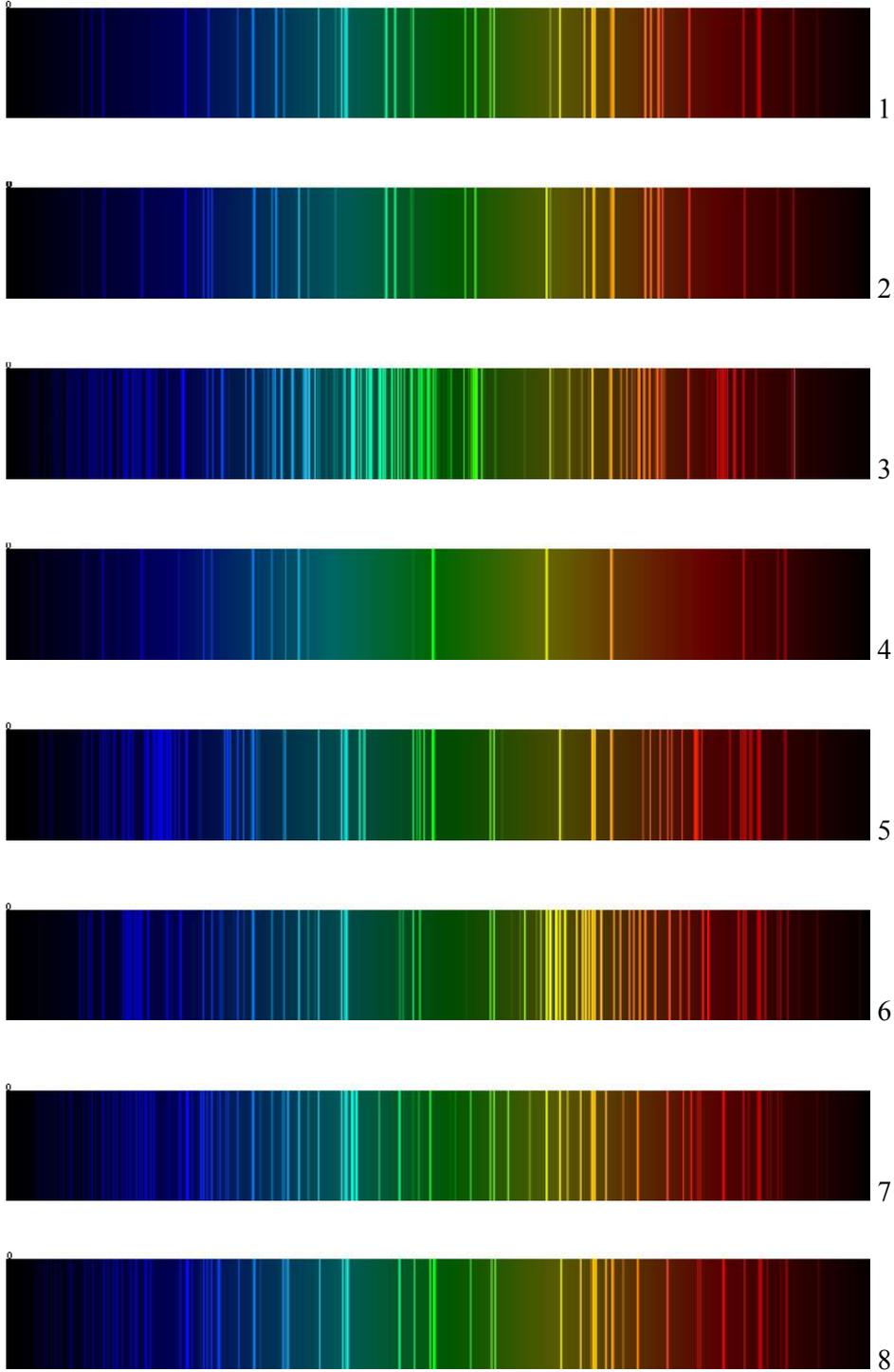
Espectro de Elementos Químicos

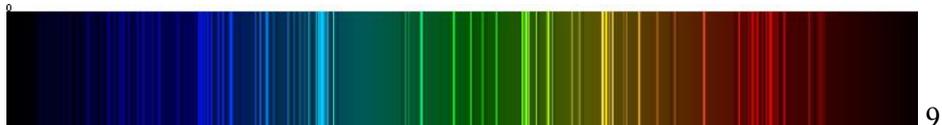






Espectros das Estrelas





GABARITO

1 – Al, H, C

6 – Ne, H He, C

2 – Al, He, H

7 – O, C, H, He, Mg

3 – Fe, H, Al, Ca

8 – O, C, Li, H

4 – He, H, Li

9 – O, H, N

5 – Na, H, Li, C

10 – Xe, H, C

REFERÊNCIA

<http://nupic.fe.usp.br/projeto-materiais/fisica-moderna-no-ensino-medio/material-didatico-para-ensino-de-dualidade/>;
acessado em 8 jul. 2023