

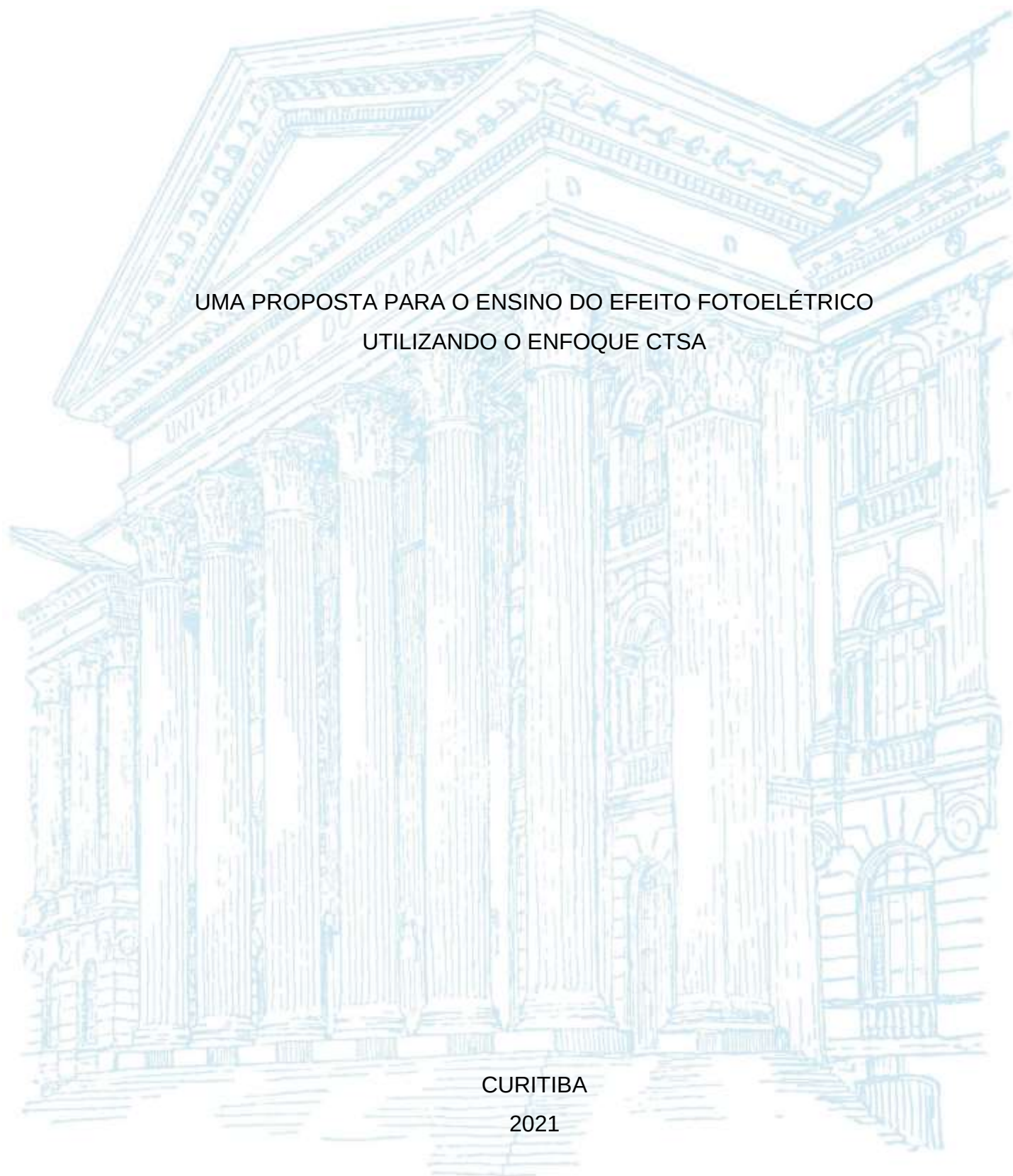
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LUCAS EMERSON BUIAR

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO
UTILIZANDO O ENFOQUE CTSA

CURITIBA

2021



LUCAS EMERSON BUIAR

UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DO EFEITO FOTOELÉTRICO
UTILIZANDO O ENFOQUE CTSA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Graduação em Licenciatura em Física, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Marlus Koehler

CURITIBA

2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ATA DE REUNIÃO

ATA DA APRESENTAÇÃO E ARGUIÇÃO ORAL DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 15 dias do mês de dezembro de 2021, as 10 horas, reuniram-se remotamente usando a Plataforma Microsoft Teams, disponibilizada pela Agência de Tecnologia da Informação e Comunicação da UFPR, o acadêmico **Lucas Emerson Buiar**, estudante do Curso de Licenciatura em Física do Setor de Exatas da Universidade Federal do Paraná, para fazer a apresentação e arguição oral relativa ao seu **Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)**, intitulado **"Uma Proposta para o Ensino do Efeito Fotoelétrico Utilizando o Enfoque CTSA"**, orientado pelo Professor Dr. Marlus Koehler, perante a banca examinadora, que foi assim constituída: Prof. Dr. Marlus Koehler, como Presidente da Banca, o Prof. Dr. Mauro Gomes Rodbard, como 1º Membro da Banca e o Prof. Dr. Sérgio Camargo, como 2º Membro da Banca. Após assistirem a exposição do acadêmico, acima nomeado, e arguirem-no sobre diferentes aspectos do TCC apresentado, os membros da banca reuniram-se para atribuição da nota final, a qual foi **95 (noventa e cinco)**, de acordo com o **Relatório de Avaliação de TCC**, que acompanha esta Ata, estando o acadêmico aprovado na disciplina TCCB, com a recomendação de que todas as sugestões de correções indicadas pela Banca sejam atendidas e que a versão definitiva do TCC seja entregue conforme as regras estabelecidas pelo Colegiado de Curso e no prazo fixado. A nota final foi comunicada ao acadêmico. Nada mais havendo a ser tratado, o Presidente da Banca declarou encerrada a seção e todos os membros da Banca assinaram eletronicamente a presente Ata.



Documento assinado eletronicamente por **MARLUS KOEHLER, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/12/2021, às 12:08, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MAURO GOMES RODBARD, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/12/2021, às 12:18, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **LUCAS EMERSON BUIAR, Usuário Externo**, em 20/12/2021, às 10:12, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **SERGIO CAMARGO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 09/01/2022, às 18:33, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador 4124365 e o código CRC 827DA1A0.

Dedico esse trabalho acadêmico primeiramente a Deus pelo dom da vida; aos meus pais Emerson e Nádia, que são meus maiores exemplos de determinação e inspiração; a minha parceira Camila pelo incentivo e empenho em todos os momentos de nossa trajetória; por fim a Universidade Federal do Paraná e todo corpo docente do curso de Física por todos os ensinamentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me abençoar todos os dias.

Agradeço a minha família que me apoiou e encorajou em todos os momentos desta caminhada. E a minha parceira Camila Andrade, que sempre esteve ao meu lado me incentivando, facilitando assim a jornada acadêmica.

Agradeço ao orientador deste trabalho, o professor Dr. Marlus Koehler, que pacientemente tirou as minhas dúvidas sempre que o procurei.

Agradeço ao professor Jeferson de Souza, que propiciou a aplicação metodológica deste e de outros trabalhos durante minha graduação. Sendo um exemplo de dedicação ao ensino da física.

Agradeço ao Colégio Estadual Roberto Langer Junior, por abrir suas portas, possibilitando assim a aplicação desse trabalho.

Agradeço a todos os meus colegas de curso e amigos, que fizeram a jornada mais leve, ajudando na resolução de exercícios, trabalhos e provas.

E por fim, agradeço toda a Universidade Federal do Paraná, por proporcionar todo o aprendizado e o suporte necessário para a realização dessa graduação.

Obrigado, sinto imensa gratidão por tudo e todos!

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a beleza libertadora do intelecto para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade a qual seu futuro trabalho pertencer.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Este trabalho acadêmico tem como objetivo elaborar uma estratégia facilitadora no processo ensino-aprendizagem, através da utilização da História da Física e modelos computacionais com enfoque em Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Implementar a utilização destes recursos é fundamental para a aprendizagem significativa dos alunos. Ressalta-se a importância do enfoque CTSA perante os questionamentos críticos e reflexivos acerca do contexto científico-tecnológico e social e, em especial, sua relevância para o Ensino Médio. Os pressupostos do movimento CTSA têm se ampliado em toda sociedade brasileira, principalmente na área educacional. Considerando as diferentes possibilidades de explorar o tema “produção de energia elétrica através da energia solar”, procuramos refletir sobre em que medida as análises realizadas sobre este tema, poderiam ser recontextualizadas em conteúdos escolares. Assim, foi desenvolvida e aplicada uma sequência didática em uma turma do 2º ano do ensino médio, utilizando como recurso didático: papel impresso, material para projeção e o simulador de ciências, *Phet simulations*, que foi disponibilizado pela universidade de Colorado. Finalizamos esse trabalho com a análise da aplicação juntamente com as dificuldades encontradas e melhorias a serem implementadas visando uma aula mais perto do ideal.

Palavras-chave: Aprendizagem Significativa, Modelo computacional, CTSA, História da Física e Aula experimental .

ABSTRACT

This academic work aims to elaborate a facilitating strategy in the teaching-learning process, through the use of the History of Physics and computer models focusing on Science, Technology, Society and Environment. Implementing the use of these resources is fundamental for students' meaningful learning. The importance of the CTSA approach is emphasized in the face of critical and reflective questioning about the scientific-technological and social context and, especially, its relevance to high school. The assumptions of the CTSA movement have expanded throughout Brazilian society, especially in the educational area. Considering the different possibilities of exploring the theme "production of electricity through solar energy", we tried to reflect on the extent to which the analyses performed on this theme could be recontextualized into school learning contents. Thus, a didactic sequence was developed and applied in a 2nd year high school class, using educational resources such as: printed paper, projection material and a science simulator, *Phet simulations*, that was provided by the University of Colorado. We end this work with an analysis of the application along with the difficulties encountered and improvements to be implemented in order to have a class closer to the ideal.

Keywords: Meaningful Learning, Computational Model, CTSA, History of Physics, Experimental Classroom..

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – MODELO EXPERIMENTAL DO EFEITO FOTOELÉTRICO	31
FIGURA 2 – MODELO EXEMPLO DE MAPA MENTAL	62
FIGURA 3 – MAPA MENTAL PRODUZIDO PELO ALUNO 1	64
FIGURA 4 – MAPA MENTAL PRODUZIDO PELO ALUNO 2	65
FIGURA 5 – MAPA MENTAL PRODUZIDO PELO ALUNO 4	66
FIGURA 6 – MAPA MENTAL PRODUZIDO PELO ALUNO 5	67

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – CORRENTE ELÉTRICA PELA DIFERENÇA DE POTENCIAL	32
GRÁFICO 2 – RELAÇÃO ENTRE FREQUÊNCIA E POTENCIAL DE CORTE	34

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – COMPORTAMENTO DA LUZ INTERPRETADO PELOS ALUNOS	46
TABELA 2 – RESPOSTAS PARA QUESTÃO 1 DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	52
TABELA 3 – RESPOSTAS PARA QUESTÃO 2 DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	53
TABELA 4 – RESPOSTAS PARA QUESTÃO 3 DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	54
TABELA 5 – RESPOSTAS PARA QUESTÃO 4 DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	56
TABELA 6 – RESPOSTAS PARA QUESTÃO 5 DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	57
TABELA 7 – RESPOSTAS PARA QUESTÃO 6 DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	58
TABELA 8 – RESPOSTAS PARA QUESTÃO 7 DO ROTEIRO EXPERIMENTAL	60
TABELA 9 – CRITÉRIO DE ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS	63

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

CTSA	- Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.
BNC	- Base Nacional Curricular.
BNCC	- Base Nacional Comum Curricular.
FCM	- Física Moderna e Contemporânea.
UFPR	- Universidade Federal do Paraná.
PDF	- Portable Document Format (Formato de Documento Portátil).
UV	- Ultravioleta.
nm	- Nanômetro

LISTA DE SÍMBOLOS

V	- Diferença de Potencial (Tensão Elétrica)
i	- Corrente Elétrica
I	- Intensidade Luminosa
V_o	- Potencial de Corte
E_p	- Energia Potencial Elétrica
q	- Carga Elétrica
eV	- Elétron-Volt
e	- Carga Elementar
K	- Energia Cinética
h	- Constante de Planck
f	- Frequência da Radiação
E	- Energia
c	- Velocidade da Luz
λ	- Comprimento de Onda
W	- Função Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	JUSTIFICATIVA	18
1.2	OBJETIVOS	20
1.2.1	Objetivo geral	20
1.2.2	Objetivos específicos	20
1.3	METODOLOGIA	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	27
2.2	EFEITO FOTOELÉTRICO	29
2.2.1	A Física do efeito fotoelétrico	31
3	MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1	DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	36
3.1.1	Questionário Prévio	37
3.1.2	Material para Projeção	38
3.1.3	Roteiro Experimental e Simulação	39
3.1.4	Mapa Mental	40
3.2	APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	41
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	44
4.1	ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDA PELO QUESTIONÁRIO PRÉVIO	44
4.2	ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDA PELO ROTEIRO EXPERIMENTAL	51
4.3	ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS	61
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
5.1	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	72
	REFERÊNCIAS	74
	APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO PRÉVIO	77
	APÊNDICE 2 – ROTEIRO EXPERIMENTAL	78
	APÊNDICE 3 – MATERIAL PARA PROJEÇÃO	81

1 INTRODUÇÃO

O Sol por ser uma fonte de energia promissora e intensa é responsável por desenvolver toda vida em nosso planeta Terra. A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia, seja ela térmica, por radiação, entre outros. De forma indireta, a energia proveniente do Sol pode ser convertida em energia elétrica através da captação de fótons pelas células fotovoltaicas. A energia solar fotovoltaica é a tecnologia que gera energia elétrica em corrente contínua a partir da iluminação de elementos semicondutores por fótons presentes na radiação solar. A energia solar como fonte de energia renovável tem grande potencial no ensino da física, onde podemos trabalhar a física envolvida na evolução da tecnologia e ciência e os impactos sociais e ambientais que são decorrentes desses avanços.

Ressalta-se a importância do enfoque CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) perante os questionamentos críticos e reflexivos acerca do contexto científico-tecnológico e social e, em especial, sua relevância para o ensino médio. Os pressupostos do movimento CTSA têm se ampliado em toda sociedade brasileira, principalmente na área educacional. Sabemos da importância de aproximar o aluno da interação com a ciência e a tecnologia em todas as dimensões da sociedade, oportunizando a ele uma concepção ampla e social do contexto científico, tecnológico e ambiental.

O objetivo principal do educador, ao tratar do tema energia solar, é tornar os estudantes mais conscientes e com mais ferramentas de atuação e compreensão do mundo, ao entenderem a física presente na energia solar e a Física moderna. Sabemos que o tema de física moderna está na Base Nacional Curricular (BNC) e, mesmo tendo ferramentas que possam auxiliar os professores, existe uma grande defasagem de conteúdos a serem debatidos quando tratamos de física moderna. Poucos professores de física do ensino médio se sentem preparados e/ou com tempo de lecionar esses assuntos aos alunos. Quando excepcionalmente conseguem entrar no assunto, o mesmo é tratado de forma muito superficial e, geralmente, é passado apenas no último ano letivo dos alunos. Porém, não existe

um único fator responsável pela dificuldade do ensino-aprendizagem da Física Moderna.

A falta de tempo hábil para trabalhos bem elaborados no ensino médio, estimulando a curiosidade dos alunos, o preparo adequado dos professores, a falta de estrutura oferecida pelo governo, responsabilidades de pais e os alunos no aprendizado, entre outros, constituem um grande desafio para o sucesso do ensino-aprendizagem da Física Moderna. (ROCHA ET AL, p. 56, 2017).

Em uma perspectiva própria, conjecturo que nosso objetivo como professor é romper as dificuldades e levar aos alunos um conhecimento mais aprofundado sobre o tema de energia solar que está em alta nos últimos anos (pela busca de energia limpa) e só tende a crescer. Além do conhecimento pelo mecanismo de funcionamento e pela física aplicada em si, também é necessário conscientizar os estudantes para a importância dos estudos nessa área, justificando pela necessidade de termos energia de modo não prejudicial ao nosso planeta e que possamos viver em uma sociedade em harmonia com a natureza.

A grande crítica ao ensino de ciências feita no final do século XX era que o mesmo direcionava-se para aqueles com facilidade para as Ciências, visando formar cientistas (CARVALHO, 2010), enquanto que milhares de estudantes acabavam “ficando de lado”, sem que entendessem o básico de ciências e detestando física. Assim, ensinar Ciências para todos passou a ser um objetivo da sociedade contemporânea. No início do século XIX, ocorreram várias mudanças de diretrizes, a principal era que o ensino de física deveria ser para todos, e não apenas para aqueles que tenham aptidão para essa disciplina.

A busca pelo desenvolvimento de relações e/ou percepções entre o conhecimento científico escolar e o contexto do aluno tem sido alvo de preocupação a longa data. Associado à superação da falta de motivação e da baixa aprendizagem dos alunos em Ciências, essa preocupação passou a estar no rol das discussões sobre a melhoria do ensino, principalmente, das últimas décadas do século XX. (STRIEDER E KAWAMURA, p. 46, 2017).

Tradicionalmente, o ensino de física é voltado para o acúmulo de informações. Na sala de aula, os alunos têm dificuldade de compreender as diferentes linguagens envolvidas nos conceitos da física. Nosso objetivo, como professor, é extrair algumas proposições básicas em torno da atividade científica que

possam ser absorvidas em atividades de ensino, incentivando o processo de enculturação científica, social e ambiental.

Diante do exposto, neste trabalho apresenta-se um projeto que defende e propõe a criação e implementação de uma sequência didática que apresenta a necessidade de fontes de energia solar em uma perspectiva CTSA. A seguir, apresenta-se algumas justificativas desta proposta.

1.1 JUSTIFICATIVA

Mesmo antes de iniciar a graduação em Física, já existia a admiração pela Energia elétrica. Entender os conceitos por trás das formas de utilizar e obter energia foi algo que motivou a entrar no curso de Física. Conforme adquirimos conhecimento e experiência na graduação, começamos a conhecer novos caminhos que nos fizeram aumentar nossos horizontes. Passamos a compreender melhor algumas problemáticas e, a partir disso, buscamos meios e alternativas para tentar resolver e/ou ajudar a colaborar para a solução dos mesmos. Sabemos que na educação há várias defasagens de assuntos de extrema importância a ser debatidos e contextualizados em sala de aula. Dessa forma, buscamos, através desse trabalho; além de desenvolver nosso próprio conhecimento, elaborar uma ferramenta que auxilie os professores no aperfeiçoamento de suas aulas envolvendo conceitos de física moderna.

Desta forma, foi utilizado neste trabalho a aplicação do assunto energia solar como uma forma de motivação para apresentar conceitos de física moderna no ensino médio. A energia solar é uma das formas mais limpas de se obter energia atualmente e cremos que será a tecnologia para conversão de energia dominante no futuro. A BNCC (Base Nacional Comum Curricular) estabelece que devem ser discutidos os "fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia [...]"(BRASIL, 2018, p.553) e que nesse tema devem ser mobilizados estudos referentes a: estrutura da matéria, princípios da conservação da energia, fusão e fissão nucleares, espectro

eletromagnético e o desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias de obtenção de energia elétrica. Assim a energia solar ganha, nesse cenário, notória relevância não apenas como uma das promissoras fontes energéticas para os próximos anos, mas também como assunto motivador para o estudo da física.

Considerando as diferentes possibilidades de explorar o tema produção de energia elétrica através da energia solar, procuramos refletir sobre como as análises realizadas por cientistas, técnicos e outros grupos sociais, no que se refere a este tema, podem ser recontextualizadas em conteúdos escolares. Assim, utilizamos como justificativa para introduzir esse assunto, a necessidade de um debate sobre meio ambiente na educação.

Além de conceitos físicos básicos envolvidos, é extremamente relevante abordar o aspecto da conversão da energia solar em energia elétrica, uma questão energética atual numa época em que se busca fontes de energia renováveis capazes de suprir a crescente demanda energética mundial e substituir nossa atual dependência pelos combustíveis fósseis. No Paraná, esse assunto se torna mais crítico, pois com o agravamento da estiagem histórica e a diminuição dos níveis dos mananciais, o Paraná decretou situação de emergência hídrica no mês de maio de 2020. Tivemos decretos estaduais, dentro deles o decreto 4626/2020, que regulamenta o rodízio do abastecimento, e trata da redução e uso racional da água (Sanepar 2020).

Nesse cenário, torna-se importante um debate de como podemos utilizar a energia solar como uma forma de obter energia limpa e sustentável. Para isso, é de extrema importância que a sequência didática pensada para os professores seja elaborada para que o estudante obtenha de forma completa os conhecimentos fundamentais sobre essa fonte de energia, seus impactos tecnológicos, socioeconômicos e ambientais subsidiando o desenvolvimento de seu pensamento crítico e o pleno exercício de sua cidadania junto a sociedade.

Defendemos a ideia desse projeto por acreditar que, em nível médio, o ensino de ciências (Biologia, Física e Química) precisa de mudanças, pois um currículo norteado pela contextualização, multidisciplinaridades e a formação crítica

do educando (que o prepara para a plena cidadania), são itens indispensáveis para a melhoria do processo educacional.

O objetivo central da educação de CTS no ensino médio é desenvolver a alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia na sociedade e atuar na solução de tais questões (SANTOS E MORTIMER, 2002, p. 138)

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Desenvolver e aplicar o material didático abordando o ensino do efeito fotoelétrico utilizando os pressupostos do CTS e embasamento da Física Moderna e Contemporânea com base nas dificuldades encontradas pelos professores e por fim avaliar a proposta didática implementando-a em forma de uma sequência didática.

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos são:

Percorrer os manuais que apresentam orientações específicas sobre energia solar (efeito fotoelétrico) e CTS para ensinar Física no Ensino Médio, compreendendo as dificuldades que os professores do ensino médio têm em relação a Física Moderna e Contemporânea, CTS e energia solar;

Propor, desenvolver, implementar e avaliar um material didático a fim de ser um compêndio (manual) voltado aos professores do ensino médio, utilizando os pressupostos do movimento CTS a partir de uma proposta didática sobre a utilização de energia solar. O objetivo, com essa aula, é que o aluno compreenda a dualidade onda-partícula da luz e como o efeito fotoelétrico está relacionado com o desenvolvimento deste modelo. Mostrar também que o fenômeno básico do efeito

fotoelétrico permite compreender os mecanismos envolvidos para a conversão de energia solar em elétrica. Por fim, compreenda que a Ciência é uma construção humana e que, portanto, está sujeita às condições histórico-sociais de cada época, e que este conhecimento científico não parte de uma pessoa isolada e sim de uma coletividade.

1.3 METODOLOGIA

Uma das formas de obtermos uma melhor qualidade no ensino seria desenvolver uma pesquisa qualitativa, ou seja, trazer uma abordagem que pressupõe que o significado dado ao fenômeno é mais importante que sua quantificação. Segundo Creswell (2014), a pesquisa qualitativa é um conjunto de práticas que transformam o mundo visível em dados representativos, incluindo notas, entrevistas, fotografias, registros e lembretes. Os pesquisadores qualitativos buscam entender um fenômeno em seu contexto natural. Porém, os resultados de pesquisas qualitativas se destinam a explicar somente o fenômeno ou o contexto em que a pesquisa foi aplicada, não sendo capaz de generalizar os resultados para uma população ou para outros contextos diferentes.

O procedimento mais adequado para a caracterização deste quadro foi o de consulta à bibliografia que discute aspectos da relação entre produção de energia elétrica através da energia solar e impactos socioambientais. Este levantamento bibliográfico possibilitou, assim, a sistematização de informações sobre esta realidade, oferecendo um quadro referencial básico em termos de conteúdos e possíveis abordagens para o planejamento de atividades em sala de aula relacionadas com esta temática, procura-se ressaltar a importância do movimento CTSA como impulsionador de questionamentos críticos e reflexivos acerca do contexto científico-tecnológico e social e, em especial, destacar sua relevância no Ensino Médio.

O conhecimento científico é provisório e dependente do contexto histórico. Os professores, como profissionais da prática educacional, ao invés de serem apenas os consumidores da pesquisa realizada por outros, deveriam transformar suas próprias salas de aula em objetos de pesquisa. Como provável professor do ensino médio atuante, a meta é construir uma sequência didática e testar as práticas em sala de aula, para em seguida verificar se o novo procedimento é eficaz ou não. Por fim, avaliar a proposta didática, realizando uma análise nas orientações desse material a fim de relacioná-las com as práticas pedagógicas, evidenciando assim, a importância desse material na capacitação de docente, além de verificar sua relação com a cultura escolar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Em vista do crescimento da sociedade e o avanço da ciência, estamos mais dependentes de recursos tecnológicos avançados. Vemos a física como uma ciência básica para gerar conhecimentos em engenharias e medicina, por exemplo. Este avanço científico tem despertado olhares mais atentos dos jovens à temas das ciências em geral. Porém, é preocupante como o ensino da física no ensino médio não tem acompanhado todo esse desenvolvimento e como é grande o abismo de conhecimento dos alunos entre o seu cotidiano tecnológico e aquilo que lhes é ensinado. OLIVEIRA et al problematizam alguns motivos que levam a esse abismo.

Um dos fatores que contribuem para esse quadro é a defasagem em termos de conteúdo do atual currículo de física e aquilo que o aluno é informado, pela mídia escrita e falada, sobre os avanços e descobertas científicas no campo da física no Brasil e no mundo. (GERBASSI ET AL, 2007, p. 2).

Nos últimos anos, tem se discutido como a física moderna no ensino médio pode ser uma alternativa de deixar as aulas de física mais interessantes, tendo em vista de que os alunos podem ter uma maior discussão sobre os fenômenos físicos por trás das atuais tecnologias. É necessário a busca de metodologias diferentes das tradicionais, pois é fundamental que as aulas sejam dinâmicas e atrativas, onde o professor busque novos métodos, sempre em consenso com os diversos meios tecnológicos atuais. Essa forma de semear o conhecimento é de suma importância, pois vários alunos já vêm para a sala de aula com concepções prévias de conteúdos da FMC (Física Moderna e Contemporânea). O papel do professor segundo uma ideologia de Fernando Becker em relação a pedagogia não-diretiva, é então organizar o conhecimento prévio do aluno e/ou recheiar com mais conteúdo.

Vários motivos podem ser apontados para o ensino da FMC, dos quais destacam-se analisar conceitos físicos tratados de forma incorreta pelos meios de comunicação e contribuir para que o aluno construa uma ideia de ciência e das características do trabalho científico mais adequado ao fenômeno real (SALES et al 2008, p. 2).

Podemos analisar algumas ferramentas que possam facilitar tanto o ensino quanto o aprendizado do conteúdo. Temos como exemplo de objeto de aprendizagem alguns modelos computacionais que auxiliam o professor em suas

explicações, ressaltando conceitos que são considerados incompreensíveis pelos alunos, e assim, possibilitando uma melhor compreensão dos fenômenos da FMC (Física Moderna e Contemporânea).

Um exemplo de ferramenta a ser utilizado é o PhET, que é um simulador de ciências (incluindo assuntos de FMC) e é disponibilizado gratuitamente. As simulações são escritas em Java, Flash ou HTML5, e podem ser executadas on-line ou copiadas para o computador. Temos alguns autores que reforçam a ideia de que um sistema virtual facilita a compreensão da FMC. *“Sendo assim, notamos que ambientes virtuais de aprendizagens e simuladores computacionais podem ser estratégias que contribuem nos processos de ensino e de aprendizagem” (KAFER, MARCHI).* Como nas condições atuais (Covid-19), o ensino está ocorrendo através dos meios virtuais, torna-se cada vez mais importante a aplicação dessas ferramentas de apoio.

Trabalhar com objetos tecnológicos torna o processo de ensino-aprendizagem mais significativo aos envolvidos e que essa prática potencializa as ações-participantes. Mesmo porque, se eles pouco frequentam nossas aulas, nos esforçamos para frequentar o ambiente deles e aprender sobre eles. E com a ideia de aproximar os alunos das tecnologias e também dos impactos sociais é que foi desenvolvido esse trabalho. (ANGOTTI et al; 2001).

Outra forma de passar o conhecimento aos alunos é através de aulas experimentais. As aulas práticas experimentais têm por objetivo proporcionar aos alunos um contato mais direto com os fenômenos físicos. As interações dos alunos com o material experimental podem ser de duas maneiras: somente visual ou de forma manipulativa. Os experimentos podem ser desenvolvidos para comprovar o que já foi estudado em sala de aula ou como uma ferramenta de investigação.

Ressaltamos a importância de empregarmos metodologias que utilizam como ferramenta a experimentação, seja real ou virtual, e também temas atuais. Tais processos são imprescindíveis ao processo de aprendizagem e complementam o aprendizado dos alunos do tema proposto. Aulas experimentais facilitam a compreensão das ideias expostas, melhorando a eficiência dos discentes e tornando

a aprendizagem lúdica e significativa. Logo, essa metodologia de ensino aplicada influencia fortemente a relação professor/aluno.

Acreditamos que fazer pesquisa (aulas experimentais) como princípio educativo seja uma forma de aproximar os resultados das pesquisas científicas da realidade dos professores e, ao mesmo tempo, de melhor formar os formadores, porque, como afirmam Carr e Kemmis (1988, p. 58): “Para uma autonomia profissional mais extensa e umas responsabilidades mais dilatadas, é preciso que sejam os próprios docentes que construa(m) a teoria educativa por meio de uma reflexão crítica sobre seus próprios conhecimentos práticos” (GALIAZZI et al, 2000. p. 252).

Enfatizamos a importância do trabalho com objetos tecnológicos no ensino de Física, salientando uma dimensão dialógica de educação e buscando as relações possíveis com uma concepção processual de ciência, tecnologia e sociedade. O trabalho com os objetos tecnológicos, quando transformados em equipamentos geradores nas aulas de Física, constitui um dos componentes importantes para o processo de conscientização.

Independente da área de conhecimento, há uma necessidade de uma educação mais ampla, transdisciplinar, reflexiva e crítica e, para tal, se faz necessário uma modificação nas relações pedagógicas e epistemológicas nas salas de aula a partir de uma análise crítica das relações entre ciência, tecnologia e sociedade -CTS e na maneira como estudantes e professores encaram a relação entre progresso social e desenvolvimento tecnológico” (BAZZO E PEREIRA, 2008).

No conjunto de ações para melhorar a situação social e a qualidade da vida humana, sugere-se um lugar destacado para os projetos de Educação Ambiental nas escolas, com o objetivo de aumentar de modo significativo a massa crítica dos que passam a entender as dimensões das questões ambientais, tendo sempre em vista a participação dos cidadãos na solução desses problemas.

Nesse contexto, as preocupações com os problemas relacionados às questões ambientais podem ser um ponto de partida para a problematização. Os problemas ambientais têm sido apresentados em diversos trabalhos e podem ser explorados a partir da experimentação. Além disso, partindo dessa temática, os conteúdos abordados em sala de aula começam a fazer real sentido para o contexto social do aluno, permitindo a conexão de conceitos físicos à sua realidade. Nesse

contexto, entende-se que as atividades experimentais investigativas em um enfoque CTS associadas às questões ambientais podem contribuir para a formação cidadã.

Santos e Mortimer (2002), retratam que o ensino com o enfoque CTSA tem o objetivo principal de promover a educação científica e tecnológica dos cidadãos, buscando dessa forma auxiliar o educando a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões referentes à ciência e à tecnologia na sociedade e atuar na solução dessas questões.

A proposta curricular que tenha um enfoque CTS, corresponderia, portanto, a uma integração entre a educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos... (SANTOS E MORTIMER, 2002. p 113).

Portanto, a principal proposição dos currículos com ênfase em Ciência, Tecnologia e Sociedade é alfabetizar os cidadãos em ciência e tecnologia, disponibilizando as representações que permitam ao cidadão agir, tomar decisão e compreender o que está em jogo no discurso dos especialistas.

Neste trabalho, além de discutirmos sobre os processos relacionados à temática energia solar com os pressupostos CTSA (que visa ser um caminho para um melhor relacionamento entre a física moderna, professor e aluno), abordaremos também o abismo entre conceitos cotidianos de física moderna que os alunos trazem para a sala de aula e para o ensino da física. Espera-se que cada vez mais tenhamos noção da importância dos debates sobre os impactos da tecnologia na sociedade e ambiente e que com isso, tenhamos uma sociedade cada vez mais preocupada com essa importante temática. Atualmente, o tema CTSA tem sido cada vez mais discutido no meio acadêmico, todavia, precisamos levar esses debates também para as escolas. O que segue é a análise dessa proposta do ponto de vista da prática educacional dialógica em Física via objetos tecnológicos, como, um dos momentos coletivos do processo reflexivo.

2.1 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para o desenvolvimento de uma aula de maior qualidade, vemos a história da física como uma precursora para ensinar física. A História da Ciência, especialmente da Física, desempenha um papel importante para ajudar o estudante a entender a natureza do conhecimento científico, ao mostrar que a atividade científica faz parte da atividade humana e que não é apenas fruto de mentes privilegiadas.

Se a história da Ciência sem a filosofia da Ciência é cega, a filosofia da Ciência sem a história da Ciência é vazia; e que o seu mútuo esclarecimento impõe uma particular atenção à centralidade da argumentação nas diligências quer dos historiadores da Ciência quer dos filósofos da Ciência. (HANSON citado por CARRILHO e SÁÁGUA, 1991, p. XVII)

A História da Física apresenta os problemas que levaram a formulação de um particular conceito; ela revela os ingredientes, lógicos ou empíricos, que foram realmente importantes nesse processo. Portanto, a História da Física clarifica conceitos, revelando-lhes o significado. Do ponto de vista da aprendizagem significativa, a História da Física, por revelar significados, é um legítimo organizador prévio.

Aprendizagem significativa é, de acordo com o teórico americano David Ausubel (1963), um tipo de aprendizagem em que um estudante relaciona novas informações com o que ele já tem, reajustando e reconstruindo ambas as informações neste processo. De acordo com Marco Antônio Moreira:

“A aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Nesse processo, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.” (MOREIRA, 1999, p. 2)

“Subsunçor” é o que Ausubel define como a estrutura cognitiva dos conhecimentos prévios trazidos anteriormente pelo sujeito, sendo um conjunto de

ideias que serve como base para a interação com o novo conhecimento. A organização dos subsunçores é hierárquica e sistemática, segundo Moreira:

“Ausubel vê o armazenamento de informações na mente humana como sendo altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos de conhecimento são ligados (e assimilados por) a conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivas. Esta organização decorre, em parte, da interação que caracteriza a aprendizagem significativa.” (MOREIRA, 2009, p. 9).

Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 19) defendem que a aprendizagem significativa se efetiva quando “uma informação nova é adquirida mediante um esforço deliberado por parte do aprendiz em ligar a informação nova com conceitos ou proposições relevantes preexistentes em sua estrutura cognitiva”.

O mapeamento conceitual, proposto por Joseph D. Novak no início da década de 70, é uma forma esquemática de representar graficamente os conceitos de um determinado campo de conhecimento. O exercício de elaborar mapas conceituais estimula a busca por relações significativas e diminui a chance da ocorrência da aprendizagem mecânica (Novak, Science Education 86, 548 (2002)).

Num sentido amplo, os mapas conceituais são diagramas que indicam relações entre conceitos incluídos numa estrutura hierárquica de proposições. Conceitos representam regularidades percebidas em acontecimentos, objetos ou seus registros, designados por um rótulo. Esse rótulo pode ser uma palavra, na maioria das vezes, ou um símbolo. Em um mapa conceitual, os conceitos estão normalmente contidos dentro de círculos, retângulos ou outros símbolos, e as proposições constam de dois ou mais conceitos unidos por palavras de enlace.

O mapa conceitual se fundamenta em princípios teóricos da aprendizagem significativa que considera a necessidade de conhecer as ideias prévias e a estrutura de significados dos sujeitos com o propósito de estabelecer aprendizagens inter-relacionadas. Na medida em que o novo conhecimento é construído, os conceitos preexistentes experimentam uma diferenciação progressiva. Deve-se ressaltar que erros conceituais podem ser evidenciados nos mapas de conceitos, visto que a aprendizagem significativa não implica necessariamente no

estabelecimento de relações conceituais corretas, sendo assim apesar de significativa, a aprendizagem pode apresentar incorreções passíveis de revisão.

Iremos utilizar em nossa proposta didática os propósitos da aprendizagem significativa para o ensino do efeito fotoelétrico.

2.2 EFEITO FOTOELÉTRICO

Os questionamentos acerca da natureza da luz historicamente rodearam os debates dos cientistas e filósofos desde tempos imemoriais. Enquanto alguns fenômenos luminosos eram perfeitamente descritos assumindo a natureza corpuscular da luz, outros só poderiam ser descritos em sua forma ondulatória.

Esse debate ocorre desde a antiguidade, quando os filósofos gregos tinham interesse em compreender o mecanismo da visão. Segundo Rocha (2015), entre os filósofos da antiguidade prevalecia a crença de que a luz possuía característica corpuscular. Porém Aristóteles tinha uma visão diferente para a época, acreditava que a luz, assim como o som, era um tipo de vibração. As ideias de Aristóteles são consideradas precursoras da concepção ondulatória da luz.

No século XVII, cientistas como René Descartes, Isaac Newton, buscaram explicar os fenômenos de reflexão e refração. Tais fenômenos eram descritos muito bem a partir do conceito de raio luminoso e dentro da concepção da luz como um feixe de partículas. (ROCHA, 2015).

Com a descoberta de outros fenômenos ópticos como a difração, interferência e polarização, já não foi mais possível explicá-los satisfatoriamente a partir da concepção da natureza corpuscular da luz. Assim, surgiram defensores da teoria ondulatória dos fenômenos luminosos, como Christiaan Huygens, Thomas Young e Augustin Fresnell. (ROCHA, 2015). O apogeu da teoria ondulatória da luz ocorreu no final do século XIX, quando James Clerk Maxwell conseguiu unir as leis da eletricidade e do magnetismo, em quatro equações, conhecidas como as equações de Maxwell e são a base do eletromagnetismo. Segundo Rocha (2015), a partir dessas equações, Maxwell demonstrou que a velocidade das ondas

eletromagnéticas coincidiam com a velocidade da luz, o que lhe indicou que a luz era de natureza eletromagnética.

As previsões de Maxwell foram confirmadas experimentalmente por Hertz, em 1887. Investigando a natureza eletromagnética da luz, Hertz observou que a luz era capaz de gerar faíscas em uma superfície metálica. Estimulados pelo trabalho de Hertz, outros cientistas também investigaram o fenômeno, como Wilhelm Hallwachs, que mostrou que corpos metálicos irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva. Lenard e Wolf publicaram um artigo na *Annalen der Physik* sugerindo que a luz ultravioleta faria com que partículas do metal deixassem a superfície do mesmo. (Site da UFRGS - Efeito Fotoelétrico , 2017).

Esse fenômeno observado por Hertz, Hallwachs, Lenard e Wolf, contradiz a teoria clássica do eletromagnetismo. Porém, em 1905, Einstein usou uma proposta apresentada por Planck em 1900, e conseguiu explicar o efeito. Planck afirmou que a energia irradiada de um corpo negro era quantizada, ou seja, que os corpos só podiam emitir ou absorver energia em determinadas quantidades discretas chamadas de quanta. (Site da UFRGS - Efeito Fotoelétrico , 2017).

A partir dos resultados obtidos por Lenard e da ideia proposta por Planck, Einstein desenvolveu, em 1905, uma teoria muito simples mas que foi capaz de explicar o efeito fotoelétrico. Ao invés de considerar a natureza ondulatória da luz, propôs que essa fosse composta por partículas, denominadas fótons e que cada fóton transporta uma quantidade de energia. A descoberta desta lei rendeu a Einstein o Prêmio Nobel de Física de 1921. (Site da UFRGS - Efeito Fotoelétrico , 2017).

A descoberta do efeito fotoelétrico tem grande relevância na forma como obtemos energia limpa e sustentável atualmente, uma das principais fontes de energia renovável é a energia solar. Os equipamentos utilizados na produção desse tipo de energia, são baseados em um efeito relacionado ao efeito fotoelétrico, que é diferente em essência. Esse efeito é o efeito fotovoltaico que é a geração de uma diferença de potencial quando um semicondutor absorve um fóton.

2.2.1 - A FÍSICA DO EFEITO FOTOELÉTRICO

Um sistema experimental empregado para investigar o efeito fotoelétrico é exibido na figura 1. Duas placas (coletora e emissora) são seladas em um tubo de vidro evacuado e conectado a uma bateria que fornece uma diferença de potencial ajustável V entre as duas placas. A luz monocromática incidida libera elétrons, alguns dos quais são coletados pela placa coletora. A corrente resultante pode ser medida por um amperímetro.

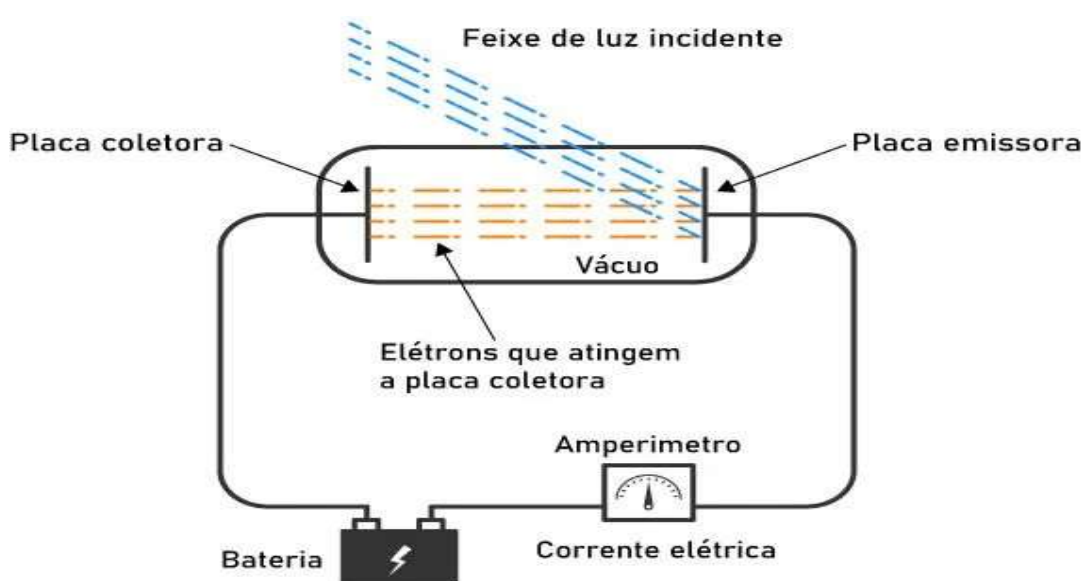


Figura 1 - Modelo experimental do efeito fotoelétrico
FONTE: Mundoeducação.uol (2021)

A corrente elétrica gerada está relacionada com a intensidade da radiação incidente. Quanto mais intensa é a radiação, maior é o número de fótons incidentes (na placa metálica) por unidade de área por unidade de tempo. A corrente pode ser medida em função da diferença de potencial aplicada pela bateria.

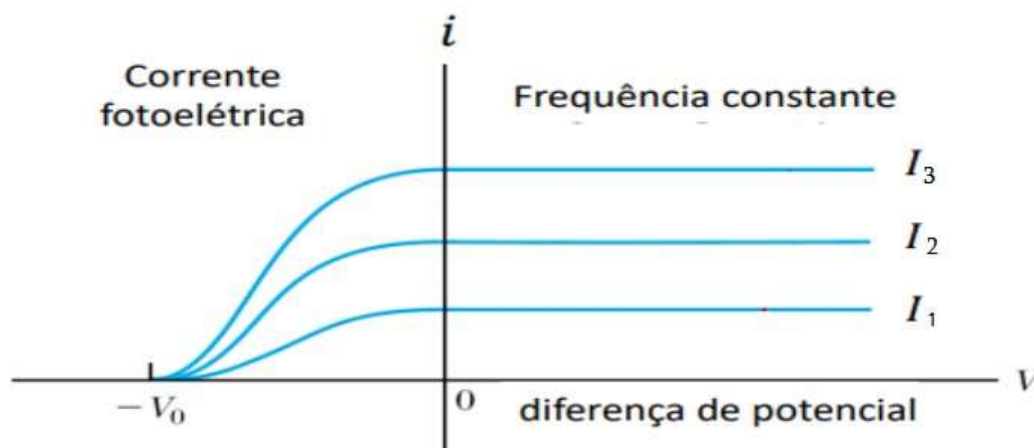


Gráfico 1 - Corrente elétrica (i) pela diferença de potencial (V)

Fonte: Notas de aula da matéria de laboratório de física moderna - UFPR (2021)

O gráfico acima relaciona a corrente elétrica (i) produzida pelos elétrons, ejetados por uma placa e captada pela outra placa (como disposta na figura 1), com o potencial elétrico estabelecido entre elas. Essa curva mostra que, ao aplicar uma diferença de potencial suficientemente elevada, todos os elétrons ejetados pela placa emissora serão coletados pela placa coletora chegando assim na corrente de saturação. A corrente máxima alcançada é chamada de corrente de saturação, ou seja, a corrente passa a se manter constante. O que se percebe é que a corrente de saturação depende da intensidade luminosa (I), quanto maior é a intensidade da luz, maior é a corrente elétrica formada entre as placas. As três curvas mostram o mesmo potencial de corte (V_0)

Sabe-se que o potencial elétrico é a energia potencial por unidade de carga ($V = Ep/q$), verificamos que quando temos tensão negativa relativamente baixa um elétron com carga elementar e ganha energia potencial eV (através da força elétrica gerada pelo campo elétrico na direção oposta ao movimento do elétron onde o mesmo é desacelerado) com o correspondente decréscimo de sua energia cinética. Se essa diferença de potencial for maior que a energia cinética com que os elétrons deixam o emissor, eles podem nunca alcançar o receptor. Quando a diferença de potencial varia, alcançando um certo valor crítico (V_0), chamado de potencial de corte, a corrente cai a zero, mostrando que os elétrons não saem do emissor com energias cinéticas maiores que eV_0 . Neste caso

$$K_{\text{máx}} = eV_0, \quad (1)$$

onde e é a carga elementar e $K_{\text{máx}}$ é a energia cinética máxima com que os elétrons são ejetados da superfície.

Assim como existe um potencial de corte ($K_{\text{máx}} = eV_0$), existe uma frequência mínima para a luz ser capaz de arrancar os elétrons, chamada de frequência de corte. A existência dessa frequência dá-se pelo fato de que é necessária uma energia mínima (chamada de função trabalho) para que um elétron seja arrancado do metal. A frequência de corte é a frequência que fornece exatamente essa energia. Sendo a frequência de corte a menor frequência necessária para existir o efeito fotoelétrico, quanto maior a frequência maior a energia cinética dos elétrons, e por consequência, maior o módulo do potencial de corte. (HALLIDAY E RESNICK, vol 4. (2016))

O pressuposto de Einstein para a explicação do efeito fotoelétrico se apoiou na ideia de quantização proposta por Planck. Segundo Einstein, a radiação é composta por um *quanta* de energia (hf), onde h é a constante de Planck e f é a frequência da radiação. Quando um desses *quanta* ou pacotes de energia, que são chamados de fótons, penetra na superfície metálica, cede energia a um elétron do metal. (SILVA, E. A. P 2005)

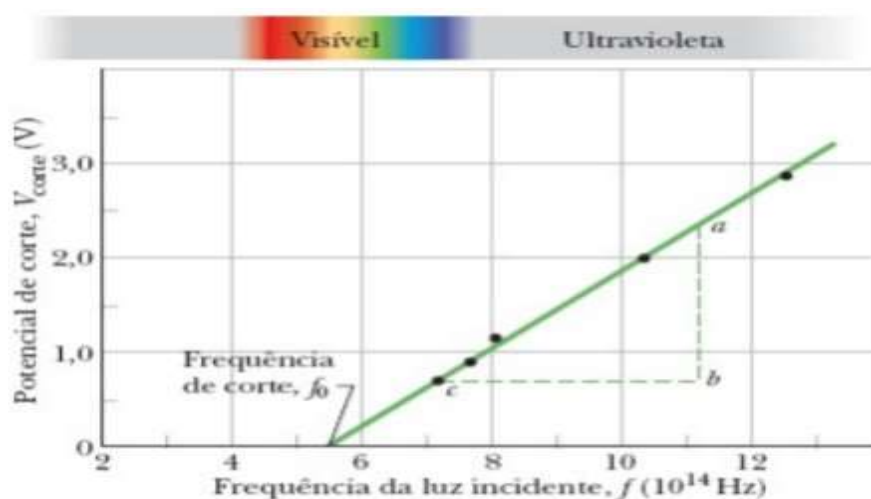


Gráfico 2 - Relação entre frequência e potencial de corte

Fonte: HALLIDAY E RESNICK, vol 4. (2016)

A energia carregada por um fóton é totalmente absorvida por um único elétron. Se o elétron é ejetado do material, a diferença entre a energia absorvida pelo elétron e a energia com a qual o elétron estava ligado a superfície do material aparece como energia cinética do elétron, logo, para uma dada frequência, cada fóton carrega energia.

$$E = hf, \quad (2)$$

mas, $f = c/\lambda$, onde c é a velocidade da luz e λ é o comprimento da onda, assim temos que:

$$E = hf = hc/\lambda. \quad (3)$$

Conforme já mencionado, para que um elétron deixe a superfície de um condutor, ele deve superar a barreira de energia potencial. A quantidade de energia necessária para um elétron ser removido de uma superfície é denotada por W . Podemos dizer que quando um elétron absorve um fóton de energia $E = hf$, sua energia cinética fora da superfície será:

$$K_{\text{máx}} = hf - W \quad (4)$$

onde $K_{\text{máx}}$ é a energia cinética do fotoelétron e W é a função trabalho do material, ou seja, a energia necessária para que um elétron passe através da superfície do metal e escape das forças atrativas que, normalmente, unem o elétron ao metal. Reescrevendo a equação fotoelétrica de Einstein substituiremos a energia cinética pelo produto da carga fundamental pelo potencial de corte (Eq (1) na Eq (4)) obtém-se:

$$V_o = hf/e - W/e \quad (5)$$

Permitindo assim, através da equação 5, a obtenção da função trabalho do material a partir da medição da tensão de corte V_o .

Segundo Halliday e Resnick (2016), a intensidade da luz não modifica a energia cinética dos elétrons, pois a intensidade de uma certa luz está relacionada com o número de fótons emitidos. Se estes fótons tiverem energia menor que a função trabalho, os elétrons não serão arrancados do metal. Não importa o quanto aumente a intensidade. Mas os fótons tendo energia maior que a função trabalho, quanto mais fótons, mais elétrons serão retirados do metal. Corrente elétrica é a quantidade de elétrons que atravessam uma certa região por unidade de tempo. Assim a corrente elétrica aumenta com a intensidade.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Nesta seção, apresentamos o público alvo, a elaboração do produto educacional (sequência didática) e finalizamos com a aplicação da sequência didática.

3.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A ideia inicial seria desenvolver uma sequência didática para ser aplicada em três aulas para o terceiro ano do ensino médio assumindo que os alunos já houvessem assistido as aulas sobre eletricidade e magnetismo e com isso possuírem uma compreensão maior dos fenômenos intrínsecos do efeito fotoelétrico. Porém, o professor orientador no colégio sugeriu aplicar em uma turma do segundo ano, na qual os alunos estavam estudando justamente os fenômenos da luz. Assim, a sequência didática se encaixaria muito bem, justamente por trazer a explicação sobre o comportamento dual da luz. Desta forma, a sequência didática foi desenvolvida e aplicada em uma turma do segundo ano do ensino médio composta por cerca de 25 alunos no Colégio Estadual Roberto Langer Junior - EFM, localizado na cidade de Curitiba-PR.

Segundo Gil et al. (1987), citado por Ostermann e Moreira (2000), o ensino de FMC a alunos do EM é muito importante, pois a introdução de conceitos atuais de Física pode contribuir para dar uma imagem mais correta desta ciência e da própria natureza do trabalho científico, a qual deve superar a visão linear, puramente cumulativa do desenvolvimento científico. Sendo assim, acreditamos que podemos sim passar assuntos de física moderna em todos os anos do ensino médio, possibilitando um melhor desenvolvimento dos alunos não só na física aplicada em si mas também na construção do seu caráter crítico.

Devido às dificuldades apresentadas como o pouco tempo disponibilizado pelo professor e também a incapacidade de reunir os alunos em um laboratório de informática (por ser uma sala pequena), a sequência didática teve que ser desenvolvida em duas aulas. Ressalto que isso propiciou um desafio adicional de elaborar uma sequência didática sobre um assunto de física moderna, mais

especificamente o Efeito Fotoelétrico em somente duas aulas. Esse desafio adicional justifica-se por termos que tratar de assuntos de alta complexidade, como a constante de Planck, e o próprio efeito fotoelétrico por si só, entre outros.

A partir dos limitadores propostos, a sequência didática iniciou-se com um questionário a fim de se inferir o conhecimento prévio dos alunos. Após o questionário, foi apresentado uma sequência de slides sobre o efeito fotoelétrico, abordando inicialmente a temática CTSA, energias renováveis e o desenvolvimento histórico sobre a natureza da luz até chegar à conceituação moderna proposta por Einstein. Por fim, foram mostradas as aplicações do efeito fotoelétrico como, por exemplo, os painéis solares. Após o tema apresentado, foi utilizado como ferramenta experimental um simulador do efeito fotoelétrico disposta pela universidade de Colorado, PHET Colorado. Como não foi possível unir os alunos no laboratório de informática, a solução encontrada foi conduzir o simulador enquanto os alunos observavam os fenômenos físicos ocorrendo. Sendo assim, foi passado um roteiro experimental aos alunos onde eles o responderam seguindo a sequência de fenômenos visualizados no experimento (o roteiro está disposto no apêndice 2). Após a realização da simulação voltamos aos slides onde foi explicado como desenvolver um mapa mental, sendo que o mesmo foi utilizado como avaliação do conhecimento obtido pelos alunos.

O resultado esperado da sequência didática é que o aluno consiga compreender a dualidade onda e partícula da luz e como o efeito fotoelétrico está relacionado com o desenvolvimento desse modelo. Também é esperado que os alunos compreendam que a ciência e a tecnologia são construções humanas e estão sujeitas às condições históricas e sociais de cada época, logo, não parte de uma pessoa isolada e sim de uma coletividade, assim, tornando o aluno mais crítico a questões científicas.

3.1.1 QUESTIONÁRIO PRÉVIO

O primeiro contato sobre o tema com os alunos objetiva descobrir quais os conhecimentos prévios que eles possuem sobre a natureza da luz, provocando-os a respeito do tema e assim despertando a sua curiosidade. Deste modo elaboramos

um questionário prévio (Apêndice 1, “Questionário Prévio”) a ser respondido pelos alunos. Este questionário foi entregue aos alunos uma semana antes da primeira aula sobre o tema proposto. Foi então solicitado que eles entregassem o questionário respondido antes da aplicação da primeira aula.

O *questionário prévio* contém nove questões que abordam a natureza da luz, a relação da luz com a visão, relação energia/luz, energia renovável e se encerra com uma abordagem sobre os impactos sociais e ambientais da produção de energia elétrica. Esperamos que as respostas obtidas com esse questionário também forneçam uma orientação para o professor a respeito dos modelos mentais que os alunos trazem a respeito do fenômeno.

Ao responder esse questionário esperamos extrair dos alunos até que ponto eles associam o ato de enxergar com a luz. Queremos também conhecer qual modelo conceitual os alunos trazem sobre a natureza da luz (será que esse modelo se aproxima de algum modelo científico?). Buscamos entender também se os alunos conseguirão associar o estudo da luz com inovações tecnológicas e a importância dessas inovações para o desenvolvimento de sistemas renováveis e sustentáveis.

3.1.2 MATERIAL PARA PROJEÇÃO

A aplicação da primeira aula iniciou com o uso de um material para projeção. Nesta etapa, ao invés de abordar diretamente o efeito fotoelétrico e o comportamento dual da luz, optou-se por começar a aula com uma abordagem voltada à Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, objetivando estimular o entendimento dos alunos perante a ligação entre esses itens, evidenciando que ciência, tecnologia e a sociedade são um trio que só conseguem trabalhar e evoluir juntos. Ressaltamos também a importância de um olhar para o meio ambiente em questões de produção de energia elétrica, propondo assim, uma forma de produção de energia elétrica através de fonte de energia renováveis: os painéis solares.

Após o primeiro contato, demos sequência na aula indagando aos alunos a cerca da luz, utilizando perguntas do questionário já respondido por eles. Após algumas explicações sobre a importância e a necessidade de estudarmos a luz, iniciamos uma abordagem sobre a evolução das concepções a respeito da natureza da luz. Partindo de concepções dadas à luz na Grécia antiga, passando para o final do século XVII onde predominavam dois modelos distintos sobre a natureza da luz, um ondulatório e outro corpuscular. Continuamos nossa caminhada histórica até o século XIX onde a luz se consagrou como um fenômeno ondulatório e, posteriormente, como uma onda eletromagnética.

Seguimos nossa aula evidenciando os primeiros avanços do estudo da luz como uma partícula partindo de Hertz, passando por outros cientistas como Lenard e Planck até por fim chegar na solução proposta por Einstein. Essa solução fornecia explicações que a física clássica não conseguia responder como o porquê de existir uma frequência mínima para a ocorrência do fenômeno. A presença dessa frequência foi associada a presença de uma energia chamada função trabalho, o que permitiu a Einstein escrever a relação entre a energia cinética do elétron arrancado e essa grandeza característica do material. Desta forma Einstein revelou o comportamento da luz também como uma partícula (pacotes de energia). Por fim, encerramos nosso material para projeção mostrando algumas aplicações em nosso cotidiano do efeito fotoelétrico como sensores de presença e o próprio painel solar. Por fim, terminamos ressaltando a importância do avanço da ciência para que a nossa sociedade consiga construir cada vez mais e melhor tecnologia de uma forma que não agride ou o menos possível o meio ambiente.

3.1.3 ROTEIRO EXPERIMENTAL E SIMULAÇÃO

Seguimos com nossa sequência didática na segunda e última aula do nosso cronograma. Esse momento foi dedicado ao uso da simulação “Efeito fotoelétrico” do *PHET Simulations*. Escolhemos esse simulador por ser de livre e gratuito acesso e também por ser uma simulação com operações simples. Com essa simulação é

possível relacionar as grandezas como: frequência, comprimento de onda, velocidade da onda, intensidade luminosa, tensão da fonte e de corte entre outros. A simulação também conta com gráficos que podem ser utilizados para sintetizar a discussão

Por conta de todos os problemas sociais que vivemos devido a pandemia de COVID-19, o uso da simulação foi manuseado somente pelo professor enquanto os alunos interpretavam os fenômenos físicos analisados por ela. Foi desenvolvido um roteiro de atividades para o uso desta simulação (Apêndice 2, “Roteiro experimental”). Esse roteiro foi composto por sete questões a serem analisadas pelos alunos. Anterior às questões, o roteiro conta com um texto sobre o efeito fotoelétrico, que aborda o assunto de forma a fazer com que os alunos leiam a respeito antes de presenciar a realização das simulações. Sem fornecer as respostas finais, procuramos indagar os alunos sobre os fenômenos que estavam ocorrendo e, assim, chegar ao melhor caminho possível para a resolução dessas questões. Esse guia conta com as respostas esperadas das questões propostas aos alunos. Logo, é um material de uso exclusivo do professor.

3.1.4 MAPA MENTAL

Para levantamento do conhecimento adquirido posterior a sequência didática proposta, foi solicitado aos alunos que elaborassem um mapa mental. Por conta da falta de tempo em sala de aula, essa atividade foi realizada em casa pelos alunos e entregue uma semana após a aplicação da segunda aula. A ideia da elaboração do mapa mental vem pelo fato de ser uma forma inovadora de avaliar o conhecimento adquirido pelos alunos. Assim saímos do formalismos que temos em provas (dissertativas e discursivas) e passamos para uma forma mais lúdica de avaliação. Deste modo, os alunos têm liberdade para aplicar a criatividade ao produzir o mapa. conjecturamos que o mapa mental é uma boa maneira de introduzir e também de extrair informações dos alunos, sendo uma forma criativa e eficaz de mapear (literalmente) os pensamentos. Os mapas mentais ajudam a aprender, organizar e armazenar uma grande quantidade de informação, podendo

assim, classificá-las de forma natural e para se ter um acesso fácil e instantâneo sobre o tema.

3.2 APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática foi desenvolvida pensando em maneiras de possibilitar a aplicação em vários contextos. Utilizamos materiais de fácil acesso e manuseio, como o uso de texto em papel que pode ser utilizado em praticamente todas as escolas. Em nosso caso esse foi o material utilizado para os questionários e roteiros. Os mesmos foram disponibilizados em PDF, podendo ser convertido em questionários online, possibilitando assim, a aplicação desta sequência didática em forma virtual. Em relação à parte computacional, mesmo que a escola tenha como posse um laboratório de informática, fomos impossibilitados de utilizá-lo devido a pandemia em que vivemos. Porém a escola disponibilizou notebook e projetor para realização da sequência.

Perante a execução da sequência didática, nossa proposta foi explicitar o conteúdo em dois momentos, sendo dividido em duas aulas de 50 minutos. Conforme mencionado anteriormente, antes de aplicar a aula fisicamente, foi entregue uma semana antes da primeira aula, um questionário aos alunos. A ideia proposta neste questionário é que os alunos pensem em algumas pontos relacionados à luz, energia solar, energia renovável e impactos científicos, tecnológicos e ambientais relacionados à energia solar.

Com o questionário respondido e as discussões alimentadas no grupo de alunos sobre o assunto, iniciamos a aula abordando assuntos sobre CTSA. Começamos indagando-os sobre como a evolução da ciência, tecnologia e sociedade estão interligadas e os impactos gerados por esse trio perante o ambiente em que vivemos. O tempo todo procuramos ressaltar a importância de termos cada vez mais energias renováveis que utilizam a luz como fonte de energia, em especial os painéis solares.

Seguimos com o material para projeção abordando a evolução histórica dos modelos relacionados à natureza da luz, as aplicações do efeito fotoelétrico e a importância das energias renováveis, conforme explicado anteriormente.

Iniciou-se o segundo momento com a entrega do roteiro experimental. O roteiro experimental contém um resumo em forma de texto sobre o efeito fotoelétrico e também as questões a serem analisadas utilizando a simulação. Através do resumo, relembramos pontos importantes sobre o efeito fotoelétrico que servem para uma melhor interpretação dos fenômenos ocorridos no modelo computacional.

Dentro de uma situação ideal, seria interessante que os alunos tivessem acesso ao laboratório de informática de forma que pudessem se dividir em grupos e que cada grupo tivesse pelo menos um computador a disposição para manipular a simulação. Porém, foi desenvolvido uma alternativa para a sequência didática a fim de que pudesse ser realizada mesmo não havendo um laboratório de informática. A solução encontrada para suprir a ausência de laboratório de informática, foi projetar a simulação dentro da própria sala de aula. Neste caso, o aplicador da sequência foi o único manipulador do experimento virtual. Utilizando o roteiro experimental, fomos passando por cada questão e assim, visualizando os fenômenos ocorridos. Por ser o único a manipular o experimento, coube ao aplicador comentar sobre os fenômenos sem dar a resposta final aos alunos, fazendo, assim, com que os mesmos pudessem refletir sobre os efeitos e responderem por si só as análises. No decorrer deste último encontro, foram discutidos com os alunos o comportamento dual da luz, o conceito de frequência de corte e a definição da função trabalho.

Ao final das aulas, foi solicitado aos alunos que entregassem os roteiros preenchidos. A leitura das respostas dará ao professor uma ideia de como os alunos responderam às atividades, e uma boa medida do quanto compreenderam as principais questões ligadas ao efeito fotoelétrico.

Como forma de avaliação a fim de inferir o conhecimento obtido pelos alunos após a aplicação da sequência didática, foi solicitado que os mesmos desenvolvessem um mapa mental onde deveriam sinalizar o que consideram importante sobre energia solar. Assim, a produção do mapa mental permite aos

alunos utilizarem a criatividade, o que pode ajudá-los a fixar os pontos mais importantes da matéria, permitindo todas as associações possíveis sobre o conhecimento adquirido. Para a explicação de como criar um mapa mental voltamos aos slides, onde foi mencionado a importância, serventia e o passo a passo da produção desse instrumento exemplificando-o usando um modelo.

Por conta dos problemas gerados pela pandemia presente, foi aberto aos estudantes com comorbidades a possibilidade de não frequentar as aulas presenciais e de assisti-las de forma virtual. Sendo assim, a mesma aula também foi aplicada em forma online. Essa aula contou com apenas três alunos, mais o professor orientador do colégio, sendo que dois alunos já haviam assistido a aula presencialmente. Assim, concluímos que a sequência didática também pode ser aplicada no regime online.

As análises sobre o questionário prévio, roteiro experimental preenchido pelos alunos e o mapa mental estão dispostas no próximo capítulo.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Esse tópico é dedicado para a análise dos resultados obtidos pelos alunos através do questionário prévio, roteiro experimental e mapa mental. Notou-se que as respostas dos alunos para as atividades foram semelhantes, o que favoreceu a análise quantitativa do material.

Para a entrega desses materiais respondidos pelos alunos, definimos prazos para a devolução do questionário prévio e do mapa mental, onde ambos foram resolvidos em casa devido ao pouco tempo disponibilizado em sala de aula (o roteiro experimental foi preenchido em sala de aula). A turma onde foi aplicado o material consistia em torno de 25 alunos com uma média de idade de dezesseis anos. A turma frequentava a escola pela manhã, sendo as aulas de física sempre as primeiras, tendo assim, início às 07:30 da manhã. Apenas 9 entregaram o material no prazo. Sendo assim, o material analisado constituiu em uma amostra de nove alunos.

A infelicidade de somente nove dos vinte e cinco alunos terem entregue as atividades no prazo também é passível de análise. Porém, não é fácil achar apenas um indicador para esse problema. Vários alunos “esqueceram” de entregar as atividades. Podemos criar algumas hipóteses para o feito, como: o horário da aula, o retorno recente às atividades presenciais, preocupações com vestibulares, preocupações com a pandemia em que vivemos, entre outros fatores. Ao indagá-los sobre as entregas houve um silêncio em sala de aula.

4.1 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDA PELO QUESTIONÁRIO PRÉVIO

O questionário prévio foi entregue fisicamente aos alunos para que eles pudessem resolver em casa e entregar antes da primeira aula. Foi solicitado aos alunos que respondessem as questões sem realizar pesquisas na internet, afinal, o objetivo era saber os conhecimentos prévios que eles traziam para as aulas.

O desenvolvimento da análise será dividido em quatro partes. Na primeira, buscamos entender as associações que os alunos fazem entre o ato de enxergar e a luz. Na segunda, iremos analisar os modelos que eles apresentam para a natureza da luz e a relevância para o estudo do mesmo. Na terceira, queremos entender o conhecimento trazido pelos alunos através da relação entre energia e luz e também questionar acerca da física moderna, com o intuito de saber se eles já tinham estudado algum fenômeno explicado por esse ramo da física. Por fim, em nosso último momento, buscamos indagar aos alunos sobre as questões ambientais através das energias renováveis e suas relações com ciência, tecnologia e sociedade.

1º Momento: O primeiro momento é destinado para a associação entre o ato de enxergar e a luz. Para essa primeira análise, utilizaremos as respostas obtidas pelos alunos na primeira questão.

Questão 1 - O que é necessário para enxergarmos?

Todos os alunos apontaram os olhos e a necessidade da luz com o ato de enxergar, o que já era esperado. Nessa questão buscamos justamente que os alunos levantassem alguma hipótese de como a luz está relacionada com o processo de visão. Para uma melhor visualização iremos ilustrar algumas respostas obtidas dos alunos.

O que é necessário para enxergarmos?

Aluno 4: “Para enxergarmos necessitamos dos olhos, que a luz atinja o objeto e que ela (a luz) de lá, chegue aos nossos olhos.”

Aluno 6: “É necessário que haja luz no ambiente.”

Aluno 7: “É necessário que a luz seja refletida”

Vemos que os alunos utilizam a mesma ideia para a relação entre a luz e o ato de enxergar. Eles destacaram a necessidade da luz ser refletida em um objeto para que se possa enxergar, ou seja, é a luz que chega aos nossos olhos para que possamos enxergar, expressando assim, de forma clara e objetiva a relação entre a luz e a visão.

2º Momento: No segundo momento buscamos analisar os modelos que os alunos apresentam para a natureza da luz e a relevância que eles atribuem para o estudo do mesmo. Para essa primeira análise, utilizaremos as respostas obtidas pelos alunos nas questões dois e três.

Questão 2 - O que seria a luz? Ela é considerada uma onda ou uma partícula, por quê?

Questão 3 - Por que temos que estudar a luz?

Para uma melhor visualização da questão 2, iremos classificar as respostas em três padrões, sendo eles, onda, partícula e ambos. A tabela a seguir demonstra os resultados obtidos.

TABELA 1 – Comportamento da luz interpretado pelos alunos.

Aluno	Onda	Partícula	Ambos
1			X
2	X		
3			X
4			X
5		X	
6	X		
7			X
8			X
9		X	

FONTE: O autor (2021).

Podemos observar que a maior parte dos alunos conseguem associar a luz como tendo comportamento dual, sendo eles aproximadamente 55% dos alunos da amostra. O restante dos alunos divergem da opinião sobre a dualidade da luz. Em torno de 22,5% deles acreditam que a luz é somente uma onda, enquanto os outros

22,5% dizem que a luz é considerada uma partícula. O que podemos notar através das respostas dos alunos é que a maioria delas são simplificadas, ou seja, os alunos não conseguiram desenvolver alguma ideia mais elaborada sobre o comportamento de propagação da luz. Temos, como exemplo, um aluno que menciona a natureza da luz também como sendo uma onda.

O que seria a luz. Ela é considerada uma onda ou partícula?

Aluno 9: “É um tipo de onda eletromagnética, pode ser interpretada como uma onda em determinadas situações e comporta-se como partícula em casos específicos”

Em relação à terceira questão, infelizmente nenhum aluno conseguiu desenvolver alguma resposta concreta. As questões ficam entre “não sei” e “para conhecer mais sobre o assunto”. A questão mais detalhada foi dada pela importância do avanço do estudo para a ciência. Mesmo não sendo uma resposta tão elaborada, ela é muito interessante.

Por que temos que estudar a luz?

Aluno 8: “Porque ela informa em vários eventos físicos e químicos e também por que a luz é a coisa mais rápida do universo”

3º Momento: No terceiro momento queremos entender o conhecimento trazido pelos alunos através da relação entre energia e luz e também questionar acerca da física moderna, com o intuito de saber se eles já tinham estudado algum fenômeno explicado pela física moderna. Também procuramos induzir os estudantes a pensar em formas de aplicação do efeito fotoelétrico, buscando entender se os alunos conseguiram relacionar os princípios físicos associados a uma aplicação prática desse efeito.

Questão 4 - O que é energia? Qual a relação da luz com a energia? E com a eletricidade?

Questão 5 - O que é Física Quântica? Por que Quântica?

Questão 6 - Qual é o princípio físico no qual os painéis solares e sensores de presença (utilizados em sistemas de segurança ou acionamento automático de luzes e portas) estão baseados?

Ao analisar as respostas dos alunos sobre a questão 4, percebemos a dificuldade deles em relacionar as transformações de energia. Esperávamos um melhor desenvolvimento nas respostas, pois, os alunos normalmente estudam os conceitos de conservação de energia já no primeiro ano. Porém, compreendemos que, devido aos problemas recentes ligados à pandemia, alguns conteúdos anteriores ministrados durante o ensino médio não foram bem assimilados. Já em relação com a energia elétrica, a pouca compreensão dos estudantes em relação ao tema, pode ser justificado pelo fato da eletricidade só ser ensinada no terceiro ano do ensino médio. Destacamos assim duas respostas interessantes dadas pelos alunos:

O que é energia? Qual a relação da luz com energia? E com a eletricidade?

Aluno 6: “Energia é algo que precisamos hoje em dia para tudo, é o que faz as coisas funcionarem.”

Aluno 8: “Energia é uma força que pode ser gerada por novas coisas, a luz pode gerar energia e vice-versa, a eletricidade é uma “fonte” de energia que também gera luz”

Notou-se que apenas os alunos 6 e 8 conseguiram desenvolver a resposta, e que ambos têm a compreensão sobre a transformação de energia. Fica mais claro nas explicações que os alunos reconhecem a necessidade da energia para que os

equipamentos funcionem e também a ideia de transformação de energia luminosa em outras fontes de energia e vice-versa.

Perante a questão sobre o que é a física quântica, notamos que dos 9 alunos, apenas 3 deixaram a resposta em branco, enquanto que os outros 6 alunos associaram a física quântica com o estudo de fenômenos ocorridos em escalas atômicas.

O que é física quântica? Por que “quântica”?

Aluno 3: “São moléculas, átomos, elétrons, prótons e outras partículas subatômicas, porque é uma referência ao evento físico da quantização.”

Aluno 8: “Física quântica é o estudo do universo microscópico, o nome quântico é dado pelo fato do estudo ser decorrido a coisas com tamanho quântico (menor tamanho possível)”

Finalizando o terceiro momento, analisamos a questão sobre o princípio físico utilizado em práticas do dia a dia. Somente um aluno respondeu essa questão, percebemos através da resposta, que o aluno conseguiu relacionar as aplicações. Porém, ao explicar a física envolvida no mesmo, não conseguiu desenvolver o assunto. Esse resultado evidencia a necessidade de um maior debate sobre o assunto para consolidar o conhecimento mostrado nas atividades.

Qual é o princípio físico no qual os painéis solares e sensores de presença utilizados em sistemas de segurança ou acionamento automático de luzes e portas são baseados?

Aluno 1: “Energia elétrica a partir do efeito fotovoltaico, produzida a partir do calor da luz solar.”

4º Momento: Em nosso quarto e último momento buscamos indagar os alunos sobre as questões ambientais através das energias renováveis e suas relações com ciência, tecnologia e sociedade. Intencionávamos que os alunos fizessem relações com a produção de energia através de fontes renováveis. Apenas cinco dos nove alunos responderam essa questão, todos focando nos recursos naturais.

O que é energia renovável ? E energia sustentável?

Aluno 5: “Energia renovável é a energia que vem de recursos naturais e a energia sustentável é a prática de usar energia de uma forma que não comprometa a capacidade das gerações futuras.”

Aluno 7: “São a energia que vem de recursos naturais como: sol, chuva, vento, etc. Já a energia sustentável é a energia que parte de energia renováveis.”

Na última questão do questionário prévio, apenas dois alunos responderam à questão, fazendo relações entre a obtenção de energia de forma eficaz e também em ao melhor aproveitamento da energia em si.

*Como as energias renováveis estão ligadas com a Tecnologia ?
E com a Ciência?*

Aluno 3: “Por causa dos painéis solares, que economizam energia, com a ciência é por conta dos estudos que eles fazem para ver o que é melhor e gastar menos energia.”

Aluno 8: “Elas estão ligadas geralmente pelos meios de obtenção de energia, como painéis solares, energia eólica, etc.”

Este questionário prévio foi elaborado com o intuito de buscar concepções prévias dos alunos a respeito do tema Luz. Salientamos que neste momento não há resposta errada para as questões e procuramos deixar isso claro aos alunos. O importante aqui é que eles exponham suas concepções e conclusões para cada questão. Acreditamos que este roteiro também sirva como um provocador para que os alunos possam refletir um pouco a respeito de fenômenos que estão presentes no cotidiano.

4.2 ANÁLISE DAS RESPOSTAS OBTIDA PELO ROTEIRO EXPERIMENTAL

O roteiro experimental foi entregue no início da segunda aula e contém uma figura da simulação virtual juntamente com um texto resumido sobre o efeito fotoelétrico. Também contém questões a serem respondidas através das análises realizadas em sala de aula utilizando o simulador virtual PHET Colorado - Efeito Fotoelétrico.

Para uma análise mais clara das respostas obtidas pelo roteiro experimental, optou-se por organizá-las em tabelas, seguido de uma classificação qualitativa das respostas dos alunos conforme a análise do questionário prévio. Buscou-se classificar as respostas em três categorias: **COMPREENSÃO ESPERADA**, onde estão classificados os alunos que se aproximaram da resposta aceita para o fenômeno; **COMPREENSÃO PARCIAL**, mostrando que compreenderam parcialmente o fenômeno; e por fim, **SEM COMPREENSÃO**, onde as respostas dos alunos não estão de acordo com o modelo científico.

Questão 1 - Para um dado elemento, o que ocorre quando alteramos o comprimento da luz?

TABELA 2 – Respostas para a questão 1 do roteiro experimental, baseado em três categorias.

Aluno	Compreensão Esperada	Compreensão Parcial	Sem Compreensão
1		X	
2		X	
3		X	
4			X
5	X		
6			X
7			X
8	X		
9	X		

FONTE: O autor (2021).

Para a primeira questão, esperamos que, através da simulação, os alunos pudessem associar a variação do comprimento da onda com a velocidade dos elétrons ejetados. O objetivo seria que os alunos concluíssem que, ao diminuir o comprimento de onda, a velocidade dos elétrons aumenta, mantendo inalterada a quantidade de elétrons. Podemos observar no simulador a variação da velocidade dos elétrons em consequência da mudança do comprimento de onda da luz. Esperávamos também que os alunos notassem que os elétrons só são arrancados da placa metálica após a incidência de luz com um comprimento de onda mínimo (frequência de corte).

Analisando as respostas, vemos uma grande divisão de opiniões, onde apenas três alunos chegaram na compreensão esperada (33,3%). Apesar dos alunos não terem feito relações com a frequência mínima, ainda assim consideramos a resposta correta, pois apresentaram associação entre o comprimento de onda e a velocidade dos elétrons.

Aluno 8: “Muda a cor e no UV “dobra” energia cinética”

Aluno 9: “ Conforme a alteração do comprimento, a velocidade aumenta, porém a quantidade de elétrons é a mesma.”

Outros 33,3% dos alunos tiveram suas respostas caracterizadas em COMPREENSÃO PARCIAL. Nessas respostas os alunos relacionaram a variação do comprimento de onda com a ejeção de elétrons, porém, ao concluir suas respostas

acabam divergindo em suas opiniões. Exemplifico as respostas classificadas nessa categoria através do aluno 3, que visualizou a velocidade do elétron aumentando. Contudo, fez associação a uma maior quantidade de elétrons saindo da placa metálica.

Aluno 3: “Ocorre a velocidade dos elétrons e o número deles é maior, a velocidade muda.”

O outro terço dos alunos (33,3%) foram classificados em “SEM COMPREENSÃO”. Olhando nas respostas classificadas nessa categoria, dois alunos deixaram suas respostas em branco, enquanto que o outro aluno desenvolveu uma resposta onde não foi encontrado relação com as observações realizadas no experimento virtual.

Questão 2 - Escolha um comprimento de onda na faixa do vermelho. O que acontece se aumentarmos a intensidade luminosa?

TABELA 3 – Respostas para a questão 2 do roteiro experimental, baseado em três categorias.

Aluno	Compreensão Esperada	Compreensão Parcial	Sem Compreensão
1	X		
2	X		
3	X		
4	X		
5	X		
6	X		
7	X		
8	X		
9		X	

FONTE: O autor (2021).

Essa questão foi desenvolvida para exemplificar e mostrar a existência de uma frequência mínima, ou seja, somente a partir de um certo comprimento de onda que conseguiremos arrancar os elétrons do metal. Sendo assim, para maiores comprimentos de onda onde temos baixa frequência, os elétrons não ganham energia suficiente para ejetar, evidenciando assim, a frequência de corte.

Por ser uma questão de simples compreensão visual, aproximadamente 90% dos alunos alcançaram a compreensão esperada, destacou-se a resposta dada pelo aluno 2, que conseguiu explicar de forma satisfatória o fenômeno. Apenas um aluno demonstrou compreensão parcial, na qual o mesmo explicou de forma superficial a relação entre o ganho de energia com a ejeção de elétrons.

Aluno 2: “Não acontece nada! O fóton não tem energia proporcional a frequência mínima da luz”

Aluno 9: “Quanto mais energia, mais elétrons vão sair.”

Questão 3 - Escolha um comprimento de onda, no qual tenhamos elétrons passando de uma placa para outra. Em seguida, escolha diferentes valores de intensidade de luz. O que podemos observar?

TABELA 4 – Respostas para a questão 3 do roteiro experimental..

Aluno	Compreensão Esperada	Compreensão Parcial	Sem Compreensão
1	X		
2			X
3			X
4	X		
5	X		
6	X		
7			X
8	X		
9	X		

FONTE: O autor (2021).

Esta questão foi desenvolvida para ver se os alunos conseguiam distinguir o efeito da mudança do comprimento de onda com a intensidade luminosa. Ao manipular o experimento virtual vemos que quando alteramos a intensidade da luz, a velocidade dos elétrons ejetados não é alterada, pois, a energia do elétron está relacionada com a energia do fóton absorvido. Neste caso, só dependerá da frequência. Podemos notar também que, ao variar a intensidade da luz, observamos uma variação do número de elétrons ejetados, uma vez que aumentando a intensidade, aumentamos também o número de fóton emitidos pela fonte luminosa.

Nesta questão, 67% dos alunos chegaram a compreensão de que, ao aumentar a intensidade, os elétrons são ejetados em maior quantidade porém com a mesma velocidade. Obtivemos respostas interessantes como a disposta pelo aluno 6, na qual o mesmo mencionou a emissão a partir de um comprimento de onda mínimo. Contudo, ele relacionou a emissão a partir de uma porcentagem mínima de intensidade. Sabemos que a energia do elétron varia com a frequência, assim, a única relação com a intensidade identificada nessa etapa é a variação na quantidade de elétrons emitidos.

Aluno 6 “Os elétrons saem do azul escuro até o UV. Os elétrons começam a sair no valor de intensidade 30%, e começa a sair taxamente”

Aluno 2: “Os elétrons estão mais rápidos e saem em quantidade menores”

Os restantes dos alunos (33%) não conseguiram chegar a compreensão do fenômeno. Um deles não respondeu, enquanto que os outros dois fizeram relações opostas ao visto no simulador, como a respondida pelo aluno 2. Isso foi surpreendente, pois o mesmo conseguiu relacionar a energia com a frequência da luz na questão anterior. Suponho que o aluno possa ter tido uma imprecisão na interpretação do fenômeno (O simulador pode confundir se não analisar com atenção o fenômeno). Porém, precisamos categorizar essa resposta como “sem compreensão”.

Questão 4 - Selecione diferentes valores de tensão para o mesmo comprimento de onda, no qual os elétrons estejam sendo ejetados de uma placa para outra, procure explicar o que ocorre.

TABELA 5 – Respostas para a questão 4 do roteiro experimental, baseado em três categorias.

Aluno	Compreensão Esperada	Compreensão Parcial	Sem Compreensão
1	X		
2	X		
3	X		
4	X		
5			X
6	X		
7			X
8	X		
9			X

FONTE: O autor (2021).

O objetivo desta questão era fazer com que os alunos observassem a influência da tensão em relação a passagem dos elétrons de uma placa para outra. Ao manipular o simulador, notamos que, ao manter a tensão em 0V, os elétrons mantêm a mesma velocidade, ou seja, a mesma energia cinética desde o instante em que ele foi liberado até chegar a outra placa. Ao aumentarmos a tensão, notamos que os elétrons aumentam sua energia cinética devido à atração eletrostática. E ao adotarmos valores negativos para tensão, observamos que os elétrons têm sua energia cinética reduzida. Observamos também que há um limite na tensão negativa aplicada a partir do qual os elétrons não alcançarão a outra placa, retornando todos à placa de origem. Este limite é denominado potencial de corte.

Dentre as respostas esperadas, percebemos novamente que 67% dos alunos chegaram a compreensão. Todos eles identificaram que o comportamento do elétron mudou a partir de uma adição de energia através do potencial. Foram capazes de relacionar esse feito com o fato dos elétrons se movimentarem mais rápido para tensões positivas maiores, como a resposta dada pelo aluno 4. Apenas o aluno 2 mencionou o efeito ocorrido quando aplicado uma tensão negativa. Contudo, o mesmo associou esse fenômeno com a mudança da quantidade de elétrons. Talvez esse equívoco possa ter ocorrido porque a velocidade dos elétrons parece aumentar em alguns momentos, dando a impressão de ter menos elétrons na tela.

Aluno 2: “Os elétrons saem mais rápidos e em menores quantidades quando aumenta o valor da tensão e os elétrons saem e voltam quando os valores de tensão são negativos.”

Aluno 9: “Quanto mais energia, mais elétrons vão sair.”

Obtivemos um índice de 33% das respostas sem compreensão para essa pergunta, não pudemos fazer uma análise concreta das respostas, pois os três alunos deixaram a questão em branco.

Questão 5 - Para um dado valor de comprimento de onda, tente identificar o potencial de corte (valor limite de tensão para que os elétrons consigam atravessar de uma placa a outra). O que esse valor significa?

TABELA 6 – Respostas para a questão 5 do roteiro experimental.

Aluno	Compreensão Esperada	Compreensão Parcial	Sem Compreensão
1	X		
2	X		
3			X
4	X		
5			X
6			X
7	X		
8	X		
9			X

FONTE: O autor (2021).

O objetivo dessa questão era evidenciar e explicar o potencial de parada no experimento, pois assumimos que ficaria mais fácil compreender esse fenômeno quando analisado experimentalmente. Observamos, através do simulador que, ao encontrar a tensão de corte, temos a transformação da energia cinética em energia potencial. No instante no qual o elétron para antes de retornar a placa de origem, temos a energia potencial máxima. Sabemos que a energia total do sistema se dá pela soma da energia cinética com a energia potencial. Ou seja, pela conservação de energia, quando uma é máxima a outra é zero. Logo, a energia cinética máxima possui um valor igual ao da energia potencial máxima em instantes opostos. Com

isso, podemos descobrir o valor mínimo do trabalho necessário para arrancar o elétron do metal.

Nesta questão, 5 alunos (aproximadamente 55%) apresentaram respostas que foram classificadas como “compreensão esperada”. Esses alunos relacionaram a ejeção do elétron com um valor mínimo de energia. Destaco a resposta do aluno 4, que relacionou o potencial de parada como sendo um valor específico para arrancar os elétrons.

Aluno 2: "Significa o valor mínimo para arrancar os elétrons."

Aluno 4: "Significa que tem um valor específico para que os elétrons se desloquem de uma placa para outra."

Obtivemos que 45% das respostas dos alunos foram classificadas como sem compreensão. Não podemos fazer uma análise concreta das respostas, pois os quatros alunos deixaram a questão em branco.

Questão 6 - Dentre os elementos sódio e zinco, em qual deles podemos afirmar que os elétrons se encontram mais fortemente ligados? Justifique.

TABELA 7 – Respostas para a questão 6 do roteiro experimental.

Aluno	Compreensão Esperada	Compreensão Parcial	Sem Compreensão
1	X		
2	X		
3			X
4	X		
5			X
6		X	
7		X	
8	X		
9			X

FONTE: O autor (2021).

A partir da noção de potencial de parada disposta na questão anterior, o objetivo com a questão atual visa saber se os alunos foram capazes de fazer distinção entre força de atração do elétron para determinados materiais.

Observamos na simulação que a placa de sódio arranca mais elétrons que a de zinco. Logo o sódio tem os elétrons menos fortemente ligados.

Nesta questão aproximadamente 45% dos alunos chegaram a resposta de que o sódio tem os elétrons menos fortemente ligados. Eles justificam a resposta pela dificuldade de arrancar elétrons da placa metálica de zinco. Utilizaremos a resposta do aluno 8 como exemplo.

Aluno 8: “Zinco, pois ele só libera elétrons no ultravioleta, e a liberação é mais forte em 100nm”

Novamente tivemos 3 abstenções (33,3%) de respostas. Por consequência, ficamos impossibilitados de analisar essas respostas.

Dois alunos (aproximadamente 22%) foram classificados como “compreensão parcial”. Ambos não apresentaram concordância em suas respostas. Eles descreveram o sódio como o material onde os elétrons estão mais fortemente ligados, porém justificaram a liberação amena de elétron quando a luz é incidida na placa de zinco. Acredito que esse engano se deu pela falta de interpretação de texto na questão. Como exemplo usamos a resposta do aluno 6.

Aluno 6: “No sódio, pois no zinco só libera elétrons apenas nos raios UV”

Questão 7 - É possível identificar o comportamento corpuscular da luz no experimento? Justifique.

TABELA 8 – Respostas para a questão 7 do roteiro experimental, baseado em três categorias.

Aluno	Compreensão Esperada	Compreensão Parcial	Sem Compreensão
1	X		
2	X		
3			X
4		X	
5			X
6			X
7			X
8			X
9			X

FONTE: O autor (2021).

Na última questão do roteiro experimental, esperava-se que os alunos pudessem interpretar o fenômeno, ao relacionar o comportamento corpuscular da luz com a frequência da luz emitida. Isso ocorreria através da percepção de que essa frequência influencia nas energias dos elétrons ejetados, enquanto a intensidade influencia apenas no número de elétrons ejetados. O objetivo dessa pergunta é mensurar se os alunos foram capazes de tirar uma conclusão final sobre o experimento, ao perceber que a existência do efeito fotoelétrico comprova a dualidade da luz.

Surpreendentemente apenas dois alunos (aproximadamente 22%) conseguiram desenvolver compreensão do comportamento dual da luz. Apenas um deles concluiu que existem situações onde percebemos a luz como partícula e em outras como uma onda. Por mais que não tenhamos obtido uma precisão nas respostas, ainda assim conseguimos que um estudante tivesse uma boa compreensão do fenômeno.

Aluno 1: “Existe a dualidade onda-partícula. Quando a luz se propaga no espaço, ela se comporta como uma onda, mas quando a luz incide sobre uma superfície, passa a se comportar como partícula.”

Aluno 2: “Sim, porque a luz conseguiu “puxar” os elétrons.”

Apenas um aluno (aproximadamente 11%) foi classificado como “compreensão parcial”. O mesmo reconheceu a dualidade da luz, porém sem conseguir explicar o motivo.

Aluno 4: “Sim, porém não consigo explicar como”

Infelizmente tivemos várias abstenções nas respostas, em torno de 66,6%, totalizando a grande maioria dos alunos. Por consequência, ficamos impossibilitados de analisar essas respostas. Esse resultado fragiliza um pouco nossa análise sobre a aplicação do roteiro experimental.

4.3 ANÁLISE DOS MAPAS MENTAIS.

O último momento da aplicação da sequência didática foi destinada para a elaboração dos mapas mentais pelos alunos. Os mapas mentais partem de uma ideia central, a partir da qual se articulam as ideias conectadas, numa estrutura em árvore (raiz e galhos). Após os alunos terem acesso ao material de projeção e já realizado o preenchimento do roteiro experimental, a última atividade desenvolvida foi a construção do mapa mental, fazendo-os unir em uma só atividades todos os pontos abordados em cada momento de nossas aulas. Antes de produzir os mapas, os alunos receberam instruções de como montar o mesmo. Essas instruções foram passadas através de projeção em forma de slides, que continha a explicação do que é um mapa mental e qual a relevância de seu uso, passando por um tutorial de produção. A apresentação foi finalizada com um exemplo simples, como o apresentado na figura 2 (os números indicados no mapa representam a sequência das informações).



Figura 2 - Modelo exemplo de mapa mental.
 FONTE: Mariane Rocello (2021)

Após a explicação de montagem dos mapas, foi solicitado aos alunos que elaborassem os mapas mentais com base nas atividades desenvolvidas em sala de aula. Essa atividade foi realizada pelos alunos em suas casas de forma individual, sem que utilizassem modelos prontos dispostos na internet. Justificamos essa metodologia pela falta de tempo disposta em sala de aula. As atividades foram entregues pelos alunos uma semana após a realização da segunda e última aula.

De nossa amostragem inicial, que totaliza nove alunos, tivemos uma abstenção. Dos oito mapas restantes, cinco deles são exatamente iguais. Com isso, iremos avaliar somente um deles, juntamente com os outros três restantes, totalizando quatro mapas a serem analisados.

O trabalho “Mapas conceituais na avaliação da aprendizagem significativa” (Barbosa et al., 2005) relata o processo desenvolvido com uma turma de alunos de 8ª série do Ensino Fundamental. Assim como em nossa proposta, os mapas mentais foram utilizados como instrumentos de avaliação, sobretudo, visando verificar a ocorrência da aprendizagem significativa através da estrutura de relação de conceitos apresentados pelos alunos.

Utilizamos como critério uma análise qualitativa dos mapas. Os critérios foram atribuídos de acordo com a elaboração dos mapas criados pelos alunos. Para a

análise do conteúdo buscou-se identificar a evolução dos conceitos estudados em quatro critérios, sendo eles identificados como CONCEITO, HIERARQUIZAÇÃO, RELAÇÃO ENTRE CONCEITOS E CLAREZA AO LEITOR, conforme disposto na tabela 9.

TABELA 9 – Critérios de análise dos mapas mentais.

Critérios	Descrição de análise dos mapas dos alunos.	Critério de Pontuação
Conceito	1. Conceitos identificados que estão de acordo com o tema proposto. 2. Conceitos são identificados, porém, não se relacionam com o tema proposto.	2,5 pontos
Hierarquização	1. Os conceitos trabalhados apresentam-se de forma ordenada, distinguindo os conceitos mais gerais e os mais específicos 2. Organização do conhecimento.	2,5 pontos
Relação entre conceitos	1. Ligação entre os conceitos gerais e específicos.	2,5 pontos
Clareza ao leitor	1. Clareza do mapa de leitura.	2,5 pontos

FONTE: O autor (2021).

A análise do CONCEITO foi desenvolvida buscando identificar se os mapas estão de acordo com o tema proposto e se os conceitos abordados nas aulas foram identificados. Os mapas que não apresentavam nenhum conceito relevante ao assunto e que não se relacionavam não foram pontuados. Entretanto, para os mapas que apresentavam conceitos relevantes com o assunto discutido, foi atribuída uma pontuação como descrita na tabela 9.

Na hierarquização procuramos a forma como os alunos organizavam seus conhecimentos, buscando se os conceitos trabalhados apresentavam-se de forma ordenada e se havia distinção entre os conceitos gerais e específicos.

A relação dos conceitos era dada da seguinte forma: se o mapa apresentava algum tipo de ligação entre seus conceitos gerais e específicos era pontuado, caso contrário, não pontuava.

Por fim, os mapas que apresentavam clareza e entendimento ao leitor também eram pontuados. Caso não houvesse essas características, a pontuação era zero. Tais critérios e pontuação são descritos na tabela 9.

Por conta da defasagem na entrega dos mapas e também a igualdade identificada nos trabalhos entregues, nos limitaremos a avaliar somente 4 mapas, sendo eles dos alunos 1, 2, 4 e 5. Os trabalhos dos alunos 2, 3, 6, 8 e 9 são iguais. O aluno 7 não entregou o mapa.

A figura 3 mostra um mapa mental que apresenta grande parte dos critérios verificados.

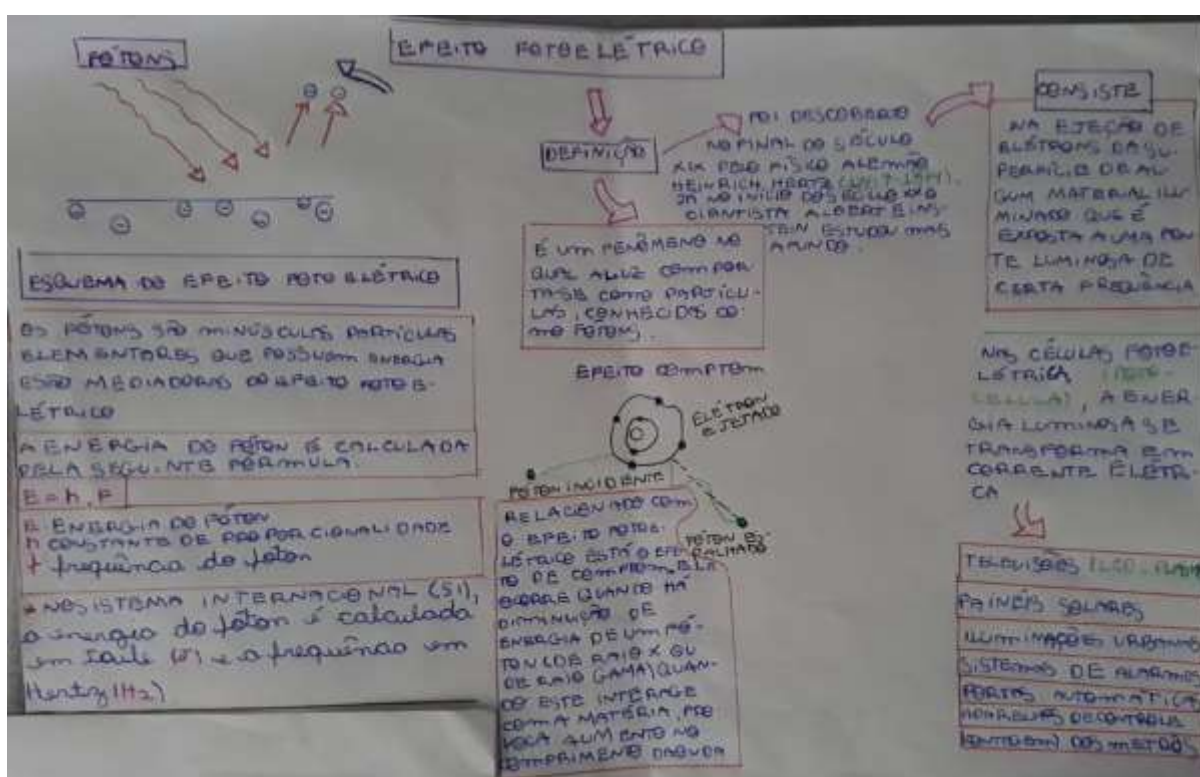


Figura 3 - Mapa mental produzido pelo aluno 1.

FONTE: Autor (2021)

Neste mapa notamos o tema proposto centralizado na parte superior da folha, onde o aluno 1 ramificou os conceitos partindo do mesmo. A estrutura do mapa é interessante, visto que esperávamos o tema centralizado com as ramificações em seu redor (em forma de neurônio). O aluno também poderia utilizar mais setas ou ramificações para uma melhor organização dos conceitos no mapa. No mapa observamos que os conceitos estão de acordo com o tema proposto.

Porém, os conceitos gerais não têm ligação com os conceitos específicos, inclusive o conceito principal sobre o efeito fotoelétrico, que é a função trabalho proposta por Einstein, não foi mencionado, assim como o próprio nome do físico, não constatando a hierarquização do mapa. De modo geral, mesmo com a falta de ramificações, percebemos uma certa clareza na leitura. Porém, identificamos uma falta de conceitos importantes que caracterizam uma compreensão significativa sobre o tema proposto. Assim, esse mapa ficou avaliado com uma pontuação igual a 5,0.

A figura 4 e 5 contam com mapas mentais nos quais todos os itens solicitados estavam presentes, conforme disposto na tabela 9.

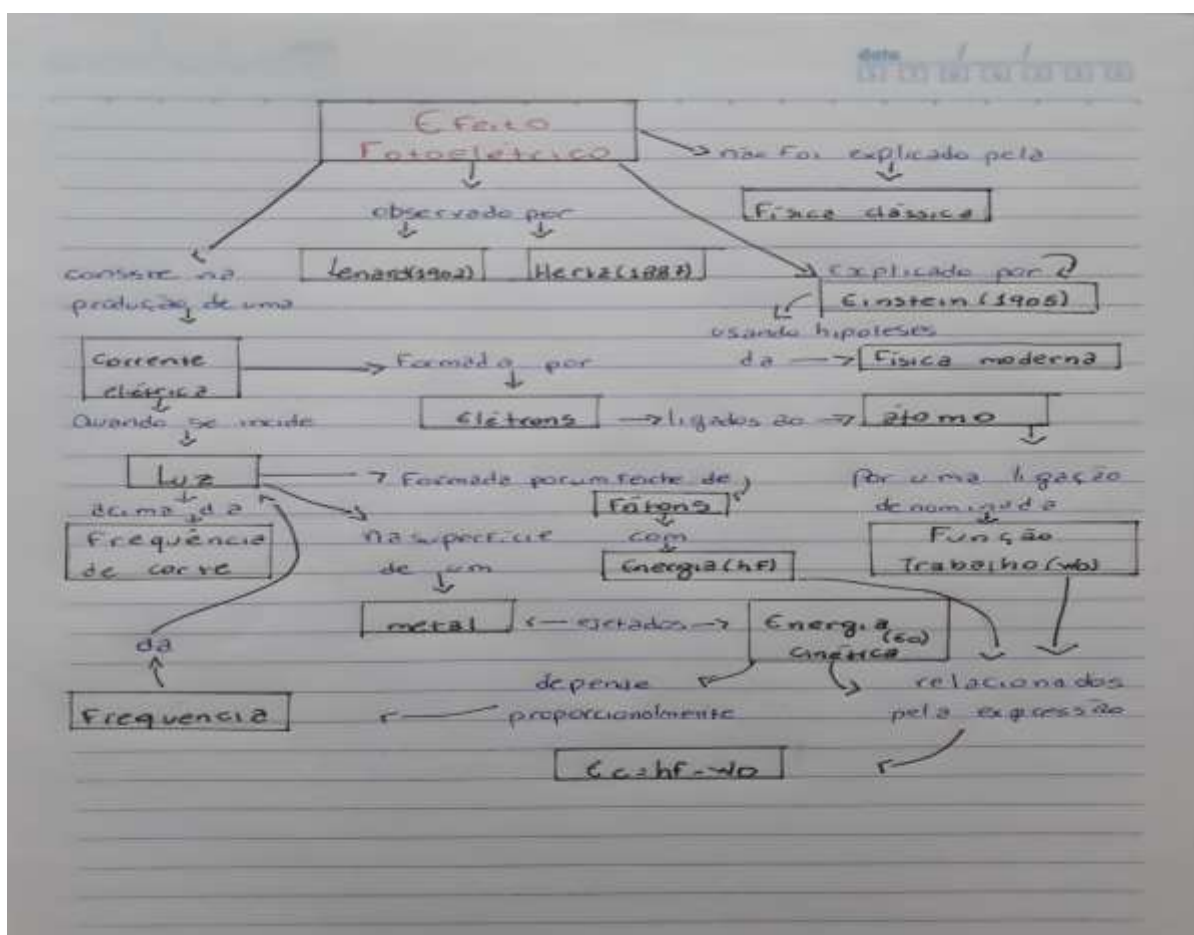


Figura 4 - Mapa mental produzido pelo aluno 2.
FONTE: Autor (2021)

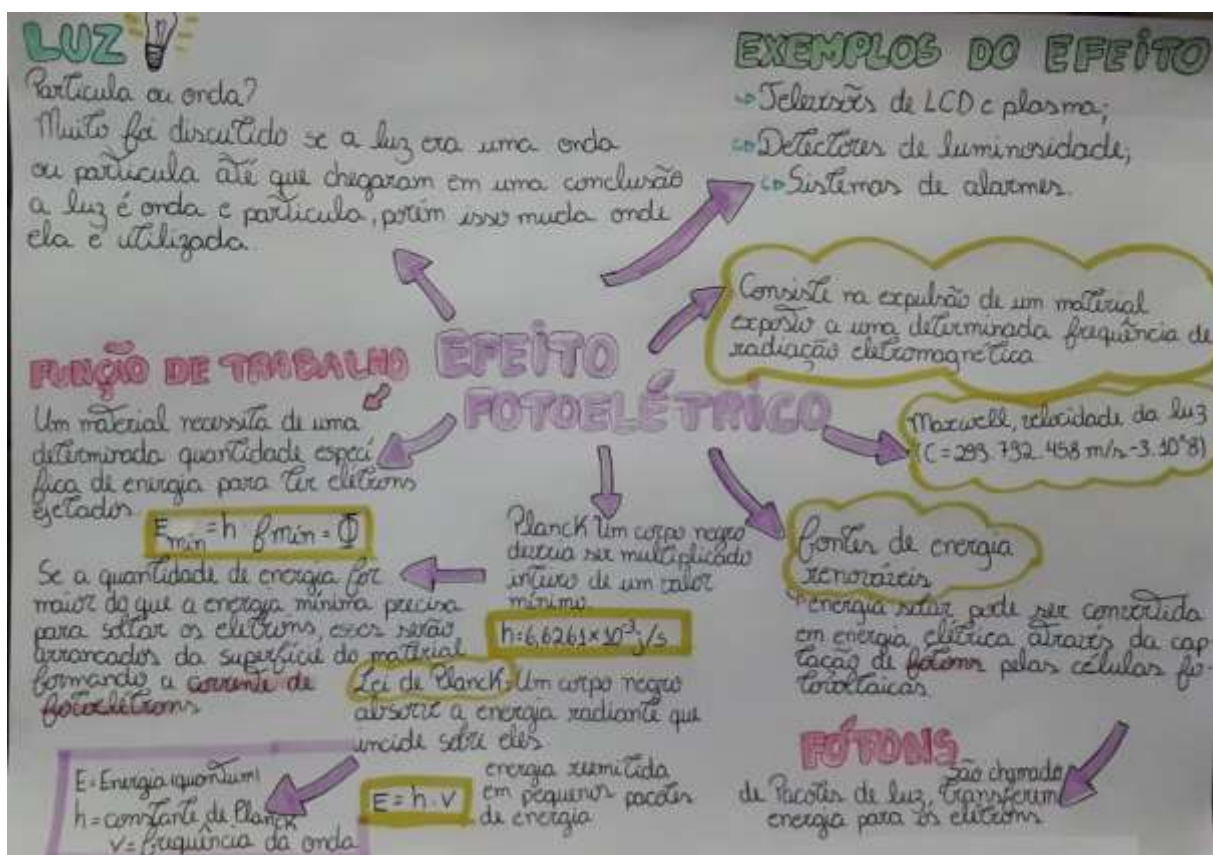


Figura 5 - Mapa mental produzido pelo aluno 4.

FONTE: Autor (2021)

Podemos observar a diferença na estruturalização dos mapas. Na figura 4, percebemos que o aluno utilizou a mesma estrutura do mapa da figura 3, onde o tema central está localizado na parte central superior, tendo sua ramificação na vertical. Notou-se o uso de palavras de enlace, o que facilita a clareza do mapa, enriquecendo-o. Na figura 5, notamos o primeiro formato mais próximo do proposto (formato neurônio), onde o aluno centralizou o tema e a partir disso ramificou os conceitos em seu redor. Destacamos a utilização de setas e diferentes cores para a montagem deste mapa, enriquecendo e facilitando a leitura dos conceitos mais importantes.

Podemos identificar no mapa da figura 4 que os conceitos estão de acordo com o tema proposto e também que os conceitos trabalhados apresentam-se de forma ordenada. Assim, o mapa tem uma melhor organização do conhecimento. Podemos identificar a ligação entre os conceitos gerais e específicos, onde o aluno conseguiu abordar os pontos mais importantes voltados ao efeito fotoelétrico com uma boa organização, clareando a leitura do mapa. Um conceito que ficou pendente

e esperávamos em todos os mapas é a relação do efeito fotoelétrico com as energias renováveis, dada a importância do tema enfatizado em sala de aula. Este Mapa mental apresenta uma quantidade significativa de tópicos. Entretanto, não faz uso de cores e imagens para facilitar o processo de memorização.

O mapa disposto na figura 5 foi o mapa que mais se aproximou do mapa esperado. O aluno conseguiu identificar os principais conceitos que estão de acordo com o tema proposto, seguindo uma hierarquia conceitual. Esses conceitos se apresentam de forma ordenada, evidenciando a ligação entre os conceitos gerais e específicos, distinguindo-os. Assim, o mapa fica mais claro e de fácil leitura. Percebemos nesse mapa a boa relação do estudante com a construção de mapas mentais, tendo uma sequência lógica que pode ser observada em um sentido horário, onde o mesmo pontuou conceitos (gerais e específicos) importantes, sem deixar o conceito de energias renováveis fora do mapa. Entretanto, o aluno traz detalhes dos assuntos dentro de cada tópico. Esperávamos que os detalhes ocorressem nos subtópicos do Mapa Mental

A figura 6 mostra o último mapa mental a ser avaliado, o mesmo apresenta grande parte dos critérios verificados.

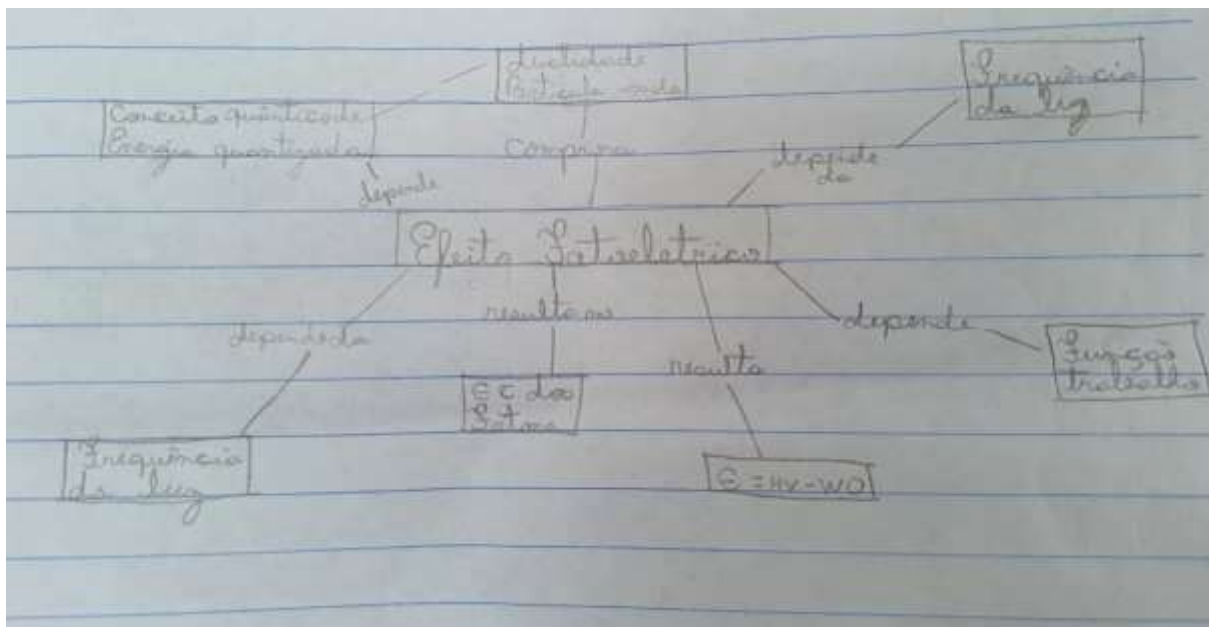


Figura 6 - Mapa mental produzido pelo aluno 5.
FONTE: O Autor (2021)

Ao analisarmos a figura 6, vemos que o aluno também produziu o seu mapa com o tema centralizado na folha e as ramificações em torno do mesmo. Percebemos também o uso de palavras de enlace, o que facilita a compreensão da leitura do mapa. Assim, destacamos que os conceitos identificados estão de acordo com o tema proposto e estão ordenadamente organizados. Porém, não foi identificada a ligação entre os conceitos gerais e específicos. Os tópicos apresentados são coerentes com o tema principal definido, satisfazendo o critério de relações válidas. Entretanto, há poucas relações e baixo detalhamento entre as informações adicionadas no mapa como nos subtópicos, não fortalecendo as relações significativas. Este Mapa Mental apresenta uma quantidade significativa de tópicos, entretanto não faz uso de cores e imagens para facilitar a sua interpretação.

Todos os mapas apresentaram os conceitos que julgamos fundamentais sobre o tema, apresentando também em cada mapa o uso de conectores e a devida utilização de setas, o que auxiliou na organização da relação entre os conceitos. Este instrumento de avaliação foi importantíssimo para analisarmos a estrutura organizacional dos conceitos estabelecidos pelos alunos. Muitos alunos possuem dificuldades no uso da matemática, errando operações básicas em alguns exercícios, mas nos mapas isso não ocorre. Desta forma, temos uma boa ideia de como os alunos hierarquizam e organizam os principais conceitos em sua estrutura cognitiva. Naturalmente, se houvesse mais tempo, esses mapas deveriam ser modificados pelos alunos em função de sugestões e críticas recebidas de seus colegas e do aplicador. O maior potencial dos mapas mentais como recurso de ensino e aprendizagem está no processo de construí-los, apresentá-los, discuti-los e refazê-los.

Através dos mapas analisados podemos observar um avanço na compreensão do efeito fotoelétrico pelos estudantes. No *Questionário Prévio* as respostas dos alunos foram desenvolvidas sem aprofundamento, onde mostra a necessidade de uma discussão sobre o tema. No *Roteiro Experimental*, observamos que alguns alunos conseguiram analisar a ocorrência dos fenômenos observados através da simulação, porém, tiveram dificuldades em assimilar o efeito fotoelétrico com natureza corpuscular da luz. Por fim, através dos mapas, notou-se que os estudantes conseguiram assimilar vários fenômenos do efeito fotoelétrico

juntamente com a evolução histórica, aplicações e até a energia solar como fonte de energia renovável como proposto pelo aluno 4. Caracterizando assim, uma boa similaridade de toda a sequência didática.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho mostramos a construção de uma metodologia que traz uma sequência didática para o ensino do efeito fotoelétrico no ensino médio. Aplicamos a sequência no 2º ano do ensino médio, onde os alunos estavam estudando justamente sobre a luz. Nosso produto dialoga com diferentes mídias, comumente encontradas nas escolas públicas, tais como impressão de texto em papel, projetor multimídia, computador. Estas mídias são utilizadas em associação com um aplicativo de simulação do efeito fotoelétrico do Phet Colorado. A proposta ainda faz uso de abordagens de História da Ciência.

No capítulo 2, foram apresentados alguns benefícios relacionados ao ensino de conteúdos de FMC no ensino médio, discutido ainda a respeito da importância de novas mídias e o espaço que o uso de simulações no ensino de física vem ganhando nos últimos anos. Também apresentamos uma breve discussão sobre aprendizagem significativa, suporte teórico para o desenvolvimento do produto. No capítulo 3, apresentamos a construção da sequência didática de nosso produto usando diferentes mídias. A análise das respostas fornecidas aos roteiros de atividade que foram fornecidos pelos alunos é apresentada juntamente com a metodologia utilizada para a análise e avaliação da aplicação da sequência didática no Capítulo 4.

Buscamos por trás da aplicação deste trabalho uma dinamização em relação ao conteúdo de física moderna (efeito fotoelétrico), que é julgado como conteúdo de difícil abordagem em sala de aula (conforme descrito no referencial teórico). Por conta disso, esse assunto quase nunca é discutido em sala de aula. Quando ocorre essa discussão, normalmente ela é de forma superficial sem se aprofundar no tema ou fazer um enfoque com o meio ambiente ou a evolução da ciência, tecnologia e sociedade. Outra limitação para apresentar os temas da física moderna é a falta de tempo, essa dificuldade foi percebida ao longo deste trabalho.

Na análise do questionário prévio percebemos a predisposição dos alunos ao responderem questões mais simples e que não precisavam de uma resposta elaborada. Quando a resposta dependia de uma melhor elaboração, os mesmos tiveram grande dificuldade em desenvolver suas ideias, deixando grande maioria

das respostas em branco, evidenciando a necessidade de debates sobre o tema. O questionário foi utilizado com o intuito de buscar as concepções prévias dos alunos, e também como um provocador ao tema proposto.

Ao aplicar o material de projeção, notou-se um grande interesse dos alunos, onde a maioria deles ficaram o tempo todo concentrados na aula, tirando suas dúvidas quando surgiam. Acredito que isso sucedeu da estratégia de utilizar a evolução histórica para explicar a dualidade da luz através do efeito fotoelétrico.

A apresentação e manuseio do modelo computacional, assim como o material para projeção, prendeu a atenção dos alunos. Notou-se que eles conseguiam analisar os fenômenos e faziam comentários importantes no decorrer da simulação. O desempenho em sala de aula contradiz as respostas do roteiro experimental, novamente constatou-se que os alunos conseguiram desenvolver as respostas das questões mais simples. Entretanto, quando necessitavam de uma elaboração mais detalhada as respostas ficaram em branco. Buscando uma justificativa para a interpretação desse fenômeno, conjecturas que o pouco tempo em sala de aula como grande obstáculo na elaboração das respostas. Sabemos que existe uma diferença individual no tempo que cada aluno necessita para entender e desenvolver as respostas. Outra justificativa é dada pela não interação dos alunos com o modelo computacional. Opções para melhoria dessa atividade serão dispostas no próximo tópico.

O uso de mapas mentais como uma ferramenta de verificação da aprendizagem significativa, apresentou resultados satisfatórios. Pode-se identificar, na sua confecção, a utilização de conteúdos relacionados ao assunto principal do mapa mental, assim como, identificar as relações válidas e significativas entre os conceitos. Acreditamos que a boa elaboração dos mapas analisados se dá pelas possibilidades de criação do mapa, uma vez que os alunos podem utilizar a criatividade para desenvolver suas ideias sem ter a pressão que uma prova ou questionário avaliativo trás. Contudo, tivemos dificuldade de fazer uma melhor análise da aplicação do mapa mental, devido a termos recebido vários mapas com conteúdos idênticos.

De modo geral a realização de atividade onde utilizamos propostas diferenciadas como o uso da história da física, experimentos (seja eles virtuais ou

físicos), mapas mentais entre outros, reforça sua efetividade em quebrar a imagem que muitas pessoas têm de que a física é abstrata e está apenas ao alcance dos cientistas. Essa metodologia mostrou-se de grande valia como ferramenta para o alcance da aprendizagem significativa, que tem como intuito tornar os alunos como indivíduos críticos e com consciência de sua realidade, para que possam ter uma perspectiva de vida melhor.

5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para outras oportunidades de aplicação desta sequência didática identificamos que é essencial um maior tempo em sala. Aplicar uma sequência com tamanha complexidade e exigência de entendimento de conceitos em apenas duas aulas é algo que dificultou não só o desenvolvimento da aula em si mas também a possibilidade de compreensão do assunto por parte dos alunos. Isso foi evidenciado através da análise dos questionários e mapas mentais. Propomos, assim, desenvolver essa sequência ideal de no mínimo três aulas. Nessa sequência todos os passos deverão ser desenvolvidos em sala de aula.

Para um debate mais enriquecedor, sugere-se reunir os alunos em grupos, a fim de que possam discutir e desenvolver melhor as ideias. Desta forma o questionário prévio poderia ser substituído por um mapa mental, que ainda seria um material investigador das concepções prévias dos alunos. Com isso, os estudantes teriam um primeiro contato com tal atividade e a avaliação final em forma de mapa mental fica mais coerente.

Para a aplicação do roteiro experimental, a recomendação é manter os alunos nos mesmos grupos e assim fazer com que eles interajam com o simulador e assim desenvolvam as respostas por si só. Como avaliação, a ideia seria continuar utilizando os mapas mentais como ferramenta. Ao usar a mesma metodologia antes e depois da sequência didática, os alunos e o avaliador poderão comparar os resultados.

Este trabalho também permite a incrementação de outros assuntos da física moderna, como a Lei de Planck, Lei de Stefan-Boltzmann entre outros. Assim a

sequência didática se tornaria mais completa e eficaz. Com isso, vemos esse material como uma partida para a abordagem de assuntos de física moderna.

REFERÊNCIAS

ROCHA ET AL. Dificuldades Encontradas Para Aprender e Ensinar Física Moderna. **Scientific Electronic Archives Issue**, Vol. 10, 2017.

Carvalho, A. M. P. As Práticas Experimentais no Ensino de Física. In: **Carvalho, A. M. P. Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

STRIEDER E KAWAMURA. Educação CTS: Parâmetros e Propósitos Brasileiros. **ALEXANDRIA: R. Educ. Ci. Tec**, Florianópolis, v. 10, n. 1, p. 27-56, 2017.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 20 de AGOSTO de 2021.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba, n. 16, p. 181-191. Editora da UFPR, 2000.

SANEPAR. Governador decreta situação de emergência hídrica no Estado. 2020

. Disponível em: <<https://site.sanepar.com.br/noticias/governador-decreta-situacao-de-emergencia-hidrica-no-estado>>. Acesso em: 20, AGOSTO DE 2021

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem C-T-S (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira. **Ensaio - Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 2, n. 2, p. 133-162, 2002.

GERBASSI ET AL. Física Moderna no Ensino Médio: O que Dizem os Professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, (2007).

BECKER, F. Modelos Pedagógicos e Modelos Epistemológicos. **Paixão de Aprender II**. Petrópolis: vozes, 1995

SALES, Gilvandenys Leite et al. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico.

Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.30 n.3, 2008

KAFER E MARCHI. **Utilização do Software de Simulações PhET como estratégia didática para o ensino dos conceitos de soluções**. Dissertação de Mestrado –

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS EXATAS –

UNIVATES

Disponível

em:

<https://www.univates.br/ppgece/media/pdf/2015/giovana_aparecida_kafer.pdf>.

ANGOTTI, J. A. P. et al. Ciência, Tecnologia e Sociedade: a relevância do enfoque

CTS para o contexto do Ensino Médio. **Revista Ciência & Educação**. vol.7 no.2

Bauru 2001

GALIAZZI ET AL. Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: A pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Revista**

Ciência & Educação, v.7, n.2, p.249-263, 2001

BAZZO, W. A. e PEREIRA, L. T. V. O que é CTS, afinal, na Educação Tecnológica?

Revista Tecnologia e Cultura, n.13, 2008.

CARRILHO, M.M. e SÀÁGUA, J. Epistemologia: Posições e Críticas. Lisboa:

Fundação Calouste Gulbenkian, 1991.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Ed. Universidade de

Brasília, 2009.

Ausubel, D. P.; Novak, J. D. & Hanesian, H.). Psicologia Educacional. Rio de Janeiro:

Interamericana, 1980

J.D. Novak, **Science Education** 86, 548 (2002)

.

ROCHA, J. F. Origens e Evoluções das Ideias da Física. **EDUFBA 2 ed**. Salvador.

2015.

UFRGS, **Física Moderna: Capítulo 3 - Efeito Fotoelétrico**. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m_s01.html>. Acesso em 30 de novembro de 2021.

HELERBROCK, R. Mundo Educação - **Efeito Fotoelétrico**. Disponível em <<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-efeito-fotoeletrico.htm>>. Acesso em 30 de novembro de 2021.

HALLYDAY, D; RESNICK, R. **Fundamentos de Física - Volume 4: Óptica e Física Moderna**. 10^a ed. Rio de Janeiro. LTC. 2016.

SILVA, E. A. P. **Efeito Fotoelétrico** (Trabalho de Conclusão de Curso). Rio de Janeiro. UFRJ 2005

APÊNDICE 1 – QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Questionário para a aula sobre o EFEITO FOTOELÉTRICO:

Aluno (a):

Série/turma:

Idade:

1 - O que é necessário para enxergarmos?

2 - O que seria a luz? Ela é considerada uma onda ou uma partícula? Por que?

3 - Por que temos que estudar a luz??

4 - O que é energia? Qual a relação da luz com a energia? E com a eletricidade?

5 - O que é a Física Quântica? Por que Quântica?

6 - Qual é o princípio físico no qual os painéis solares e sensores de presença utilizados em sistemas de segurança ou acionamento automático de luzes e portas são baseados??

7 - O que é energia renovável ? É sustentável?

8 - Como as energias renováveis estão ligadas com a Tecnologia? E a com a Ciência?

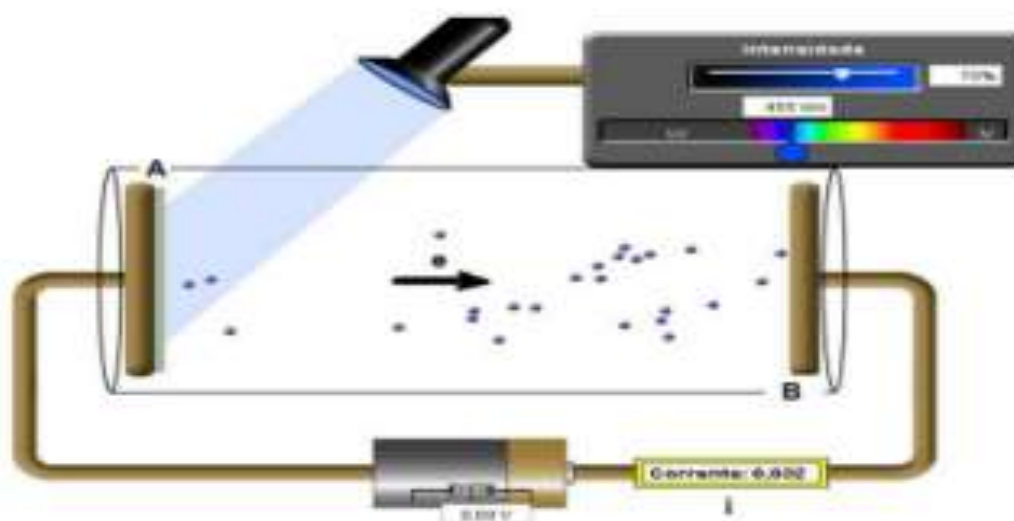
APÊNDICE 2 – ROTEIRO EXPERIMENTAL

Aluno (a):

Série/turma:

Idade:

Mas afinal de contas, o que é o efeito fotoelétrico? O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons por determinados materiais quando estes são expostos à luz.



Na figura acima, que ilustra de forma esquemática o efeito fotoelétrico, temos uma placa metálica A sendo exposta a uma fonte luminosa e em função disso emitindo elétrons e que são coletados na placa B. O amperímetro “i” indica a corrente elétrica resultante do fenômeno.

O que pode ser observado no efeito fotoelétrico, é que quando aumentamos a intensidade da luz incidente no material, não observamos o aumento da energia cinética (velocidade) dos elétrons ejetados, o que era surpreendente para a época. Por outro lado, pode ser observado que ao aumentarmos a frequência da onda eletromagnética incidente, ocorre um consequente aumento da energia cinética dos elétrons ejetados. Essa questão que intrigou os físicos do final do século XIX e início do século XX foi solucionada por Einstein, acarretando em uma mudança brusca no que se entendia por natureza não somente da luz, como de todo espectro eletromagnético. Até então a energia transmitida pela luz era interpretada de forma contínua, ou seja, no efeito fotoelétrico os elétrons poderiam absorver qualquer quantidade de energia $h\nu$ que lhes fosse conveniente. Para explicar o efeito, Einstein propôs que a energia proveniente da luz deve ser quantizada, ou

seja, transmitida em “pacotes” com valores definidos (fótons) que seriam proporcionais à frequência da luz, ou seja quanto maior a frequência maior será o valor dos quanta de energia.

$$E = hf \quad (\text{Lei de Planck})$$

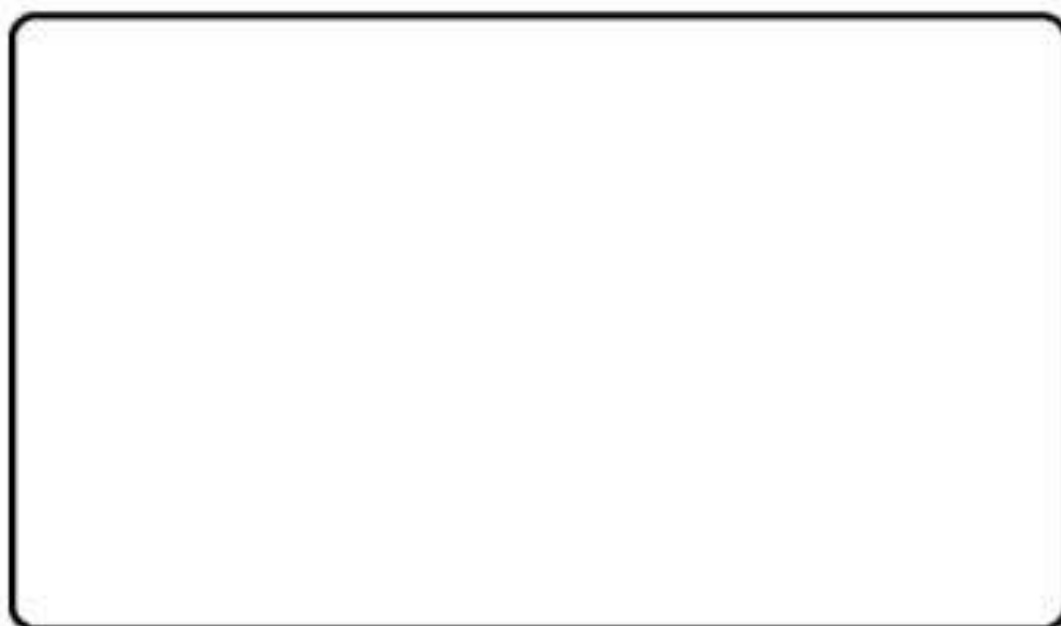
Dessa forma o elétron só irá absorver um fóton de energia que lhe for suficiente para que ele se desprenda do material.

$$E_{\text{Mín}} = h f_{\text{Mín}} = \Phi \quad (\text{Função trabalho})$$

No caso da energia do fóton ser **superior** à energia que mantém o elétron preso no material, o elétron será ejetado e energia é transferida para o mesmo elétron ejetado na forma de **energia cinética**. Assim, a energia **cinética** será a diferença entre a energia contida no fóton e a função trabalho.

$$E_c = hf - \Phi \quad (\text{Efeito Fotoelétrico})$$

OBSERVAÇÕES:



Com o auxílio da simulação vocês devem chegar a um consenso para a melhor resposta para cada questão a seguir.

1 - Para um dado elemento, o que ocorre quando alteramos o comprimento de onda da luz?

2 - Escolha um comprimento de onda na faixa do vermelho, o que acontece se aumentarmos a intensidade luminosa?

3 - Escolha um comprimento de onda, no qual tenhamos elétrons passando de uma placa para outra, e em seguida escolha diferentes valores de intensidade de luz. O que podemos observar? (Está saindo mais elétrons? Eles estão mais rápidos?)

4 - Selecione diferentes valores de tensão para um mesmo comprimento de onda, no qual os elétrons estejam sendo ejetados de uma placa para outra, e procure explicar o que ocorre.

5 - Para um dado valor de comprimento de onda, tente identificar o potencial de corte (valor limite de tensão para que os elétrons consigam atravessar de uma placa para outra). O que esse valor significa?

6 - Dentre os elementos sódio e zinco, em qual deles podemos afirmar que os elétrons se encontram mais fortemente ligados? Justifique.

7 - É possível identificar o comportamento corpuscular da luz no experimento? Justifique.

APÊNDICE 3 – MATERIAL PARA PROJEÇÃO

Efeito Fotoelétrico

Prof. Lucas Bular

CTSA

Quando tratamos do assunto de energia solar, já pensamos em uma forma de energia limpa e com isso devemos ressaltar a importância do enfoque **Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA)**.

A **ciência** é considerada um conhecimento fundamental e verdadeiro.

Já a **tecnologia** é um conjunto de técnicas utilizadas para a indústria, mas também para a investigação científica.

A **sociedade** é formada por um grupo de pessoas que vivem em um sistema que está ligado com as mudanças dos novos conhecimentos e tecnologias.

Ambiente é o conjunto de condições e leis de ordem física e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas



Energia Renováveis

O Sol por ser uma fonte de energia promissora e intensa é responsável por desenvolver **toda vida** em nosso planeta terra seja por produção indireta de diversas formas de energia até o desenvolvimento humano. A radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia, seja ela térmica, por radiação etc

- A crise hídrica em que vivemos, pode influenciar na produção de energia?
- Energia solar é uma opção viável?
- Quais os Impactos Científicos, Tecnológicos, Social e Ambiental?

É necessário termos energia de uma maneira que não agrida (ou menos o possível) o nosso planeta e que possamos viver em uma sociedade harmoniosa.

As energias renováveis serão as energias do futuro. Mas como produzi-las e utilizá-las de maneira assertiva?



Luz

- Qual a natureza da luz?
- Por que ela é importante para nós?
- Como é montado o conhecimento científico?



A energia proveniente do sol pode ser convertida em energia elétrica diretamente através da captação de fótons pelas células fotovoltaicas. A energia solar **fotovoltaica** é a tecnologia que transforma energia solar em energia elétrica.

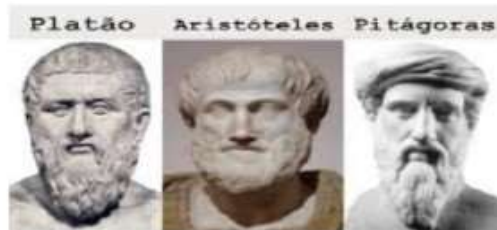


História da Física

- A **luz** sempre exerceu um fascínio sobre o homem e tem uma longa história como instrumento de comunicação em longas distâncias.

Pitagóricos e Platão (428 a.C. - 348 a.C.): A partícula de fogo, portanto a da luz, é tetraédrica. (Partícula)

Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) - O objeto luminoso vibra, pondo em movimento um meio indefinido (diáfano), o qual coloca em vibração os humores que entram na composição do olho. (Onda)



Idade moderna: Renascimento

Em 1604 Kepler esclarece o mecanismo da visão.

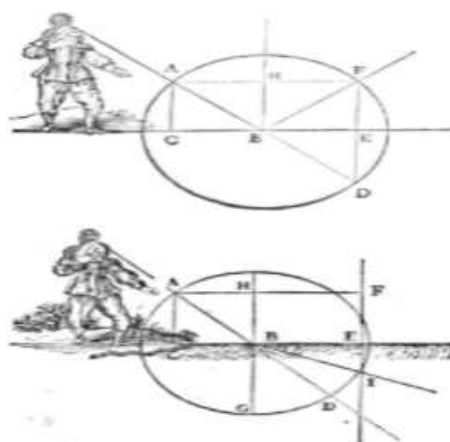
1609 Galileu usa a Luneta para fazer descobertas astronômicas.



História da Física

SÉC XVII

No século XVII, cientistas como René Descartes, **Isaac Newton**, buscaram explicar os fenômenos de **reflexão e refração**. Tais fenômenos eram descritos muito bem a partir do conceito de raio luminoso e dentro da concepção da **luz** como um feixe de **partículas**.

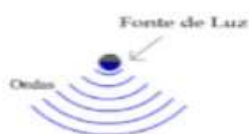


História da Física

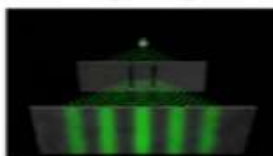
Com a descoberta de outros fenômenos ópticos como a difração, interferência e polarização, entre outros, Não foi mais possível explicá-los partindo da concepção da luz como uma partícula. (Debate Científico)



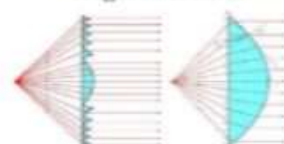
Christiaan Huygens



Thomas Young

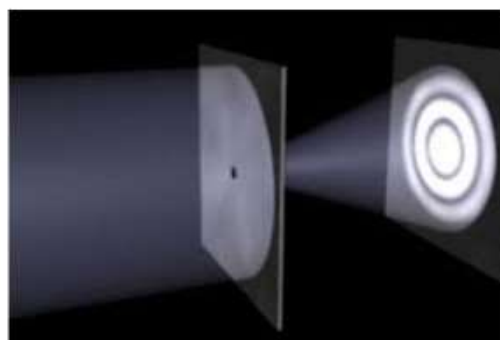
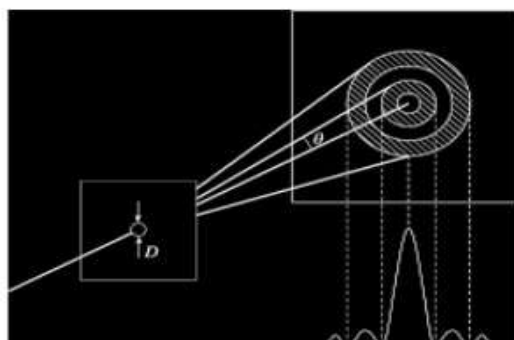


Augustin Fresnel



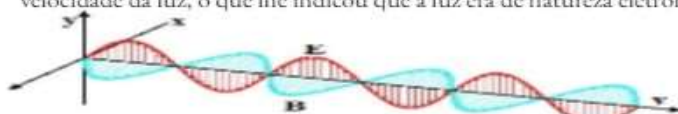
História da Física

Com a descoberta de outros fenômenos ópticos como a difração, interferência e polarização, entre outros, Não foi mais possível explicá-los partindo da concepção da luz como uma partícula. (Debate Científico)

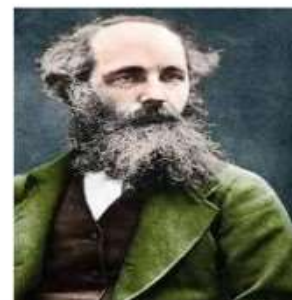


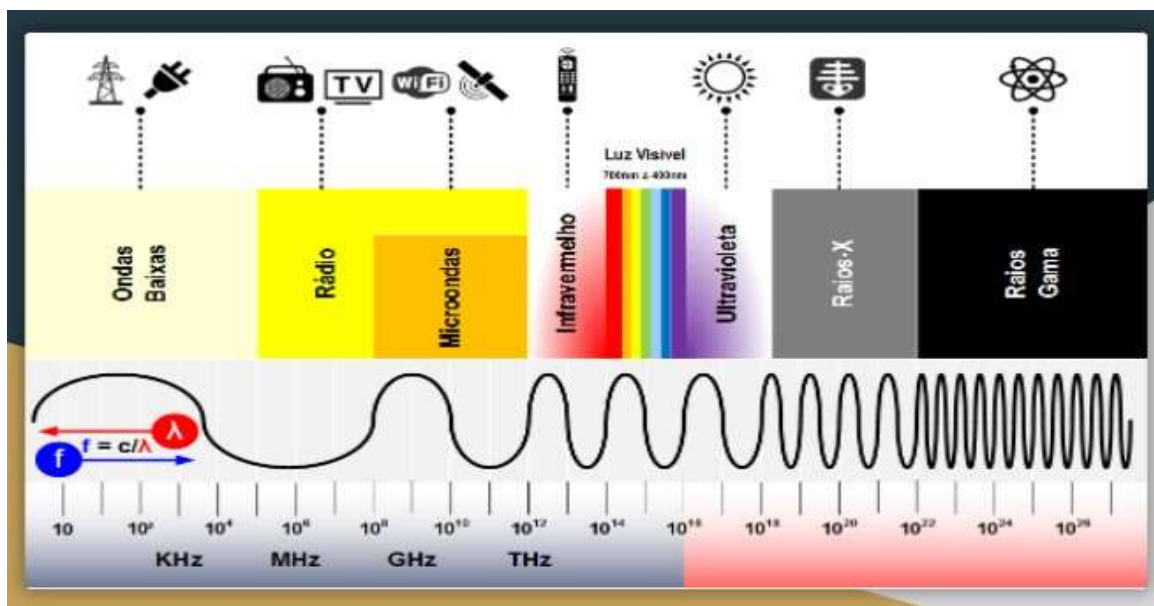
História da Física

James Clerk Maxwell (1864) conseguiu unir as leis do eletromagnetismo, em quatro equações, a partir dessas equações, Maxwell demonstrou que a velocidade das ondas eletromagnéticas coincidia com a velocidade da luz, o que lhe indicou que a luz era de natureza eletromagnética. ($c=299.792.458 \text{ m/s}=3.10^8$)



NO.	NOME	EQUAÇÃO
I	Lei de Gauss (elétrica)	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$
II	Lei de Gauss (magnética)	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$
III	Lei de Faraday	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{s} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$
IV	Lei de Ampère-Maxwell	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{s} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 i$





História da Física

Em **1887**, investigando a natureza eletromagnética da luz (Luz é uma onda eletromagnética), **Hertz** observou que a luz era capaz de gerar faíscas em uma superfície metálica mais facilmente quando eram iluminados por uma luz ultravioleta. (Luz é uma onda eletromagnética)



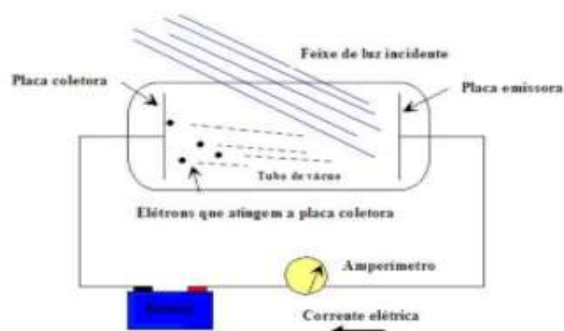
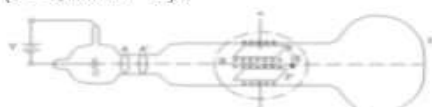
EXPERIMENTO DE HERTZ



História da Física

Estimulados pelo trabalho de **Hertz**, outros cientistas também investigaram o fenômeno, como **Wilhelm Hallwachs** (1888), que mostrou que corpos metálicos irradiados com luz ultravioleta adquiriam carga positiva.

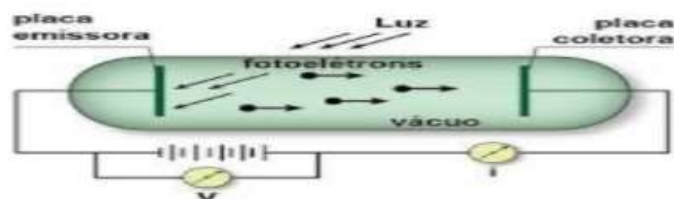
Thomson (1889) postulou que o efeito fotoelétrico consistia na emissão de elétrons. Para provar, demonstrou experimentalmente que o valor de e/m das partículas emitidas no efeito fotoelétrico era o mesmo que para os elétrons associados aos raios catódicos. ($e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$).



MAIS INTENSIDADE LUMINOSA (BRILHO), MAIS ELÉTRONS SERÁ ARRANCADO?

História da Física

Em **1902**, **Lenard** estudou como a **energia** dos fotoelétrons emitidos variava com a intensidade da luz. Utilizou, como fonte luminosa, um arco de carbono. Variando a **intensidade da luz** por um fator 1000, provou que a **energia dos elétrons** emitidos não apresentava a menor dependência da **intensidade da luz**.



Ele observou que a **energia máxima** dos elétrons emitidos pelo catodo **dependia da cor da luz incidente**. Em **1904**, **Schweidler** mostrou que a energia do elétron era proporcional à frequência da luz.

Efeito Fotoelétrico

REVOLUCIONÁRIO EINSTEIN: A partir dos resultados obtidos por **Lenard** e da ideia proposta por **Planck**, **Einstein** desenvolveu, em **1905**, uma teoria muito simples mas que foi capaz de explicar o efeito fotoelétrico. Ao invés de considerar a natureza **ondulatória da luz**, propôs que essa fosse composta por **partículas**, denominadas **fótons** e que cada fóton transporta uma **quantidade de energia**. A descoberta desta lei rendeu a Einstein o Prêmio Nobel de Física de 1921



Efeito Fotoelétrico

REVOLUCIONÁRIO **PLANCK**: Planck afirmou que a energia irradiada de um corpo negro era quantizada, ou seja, que os corpos só podiam emitir energia em determinadas quantidades. Ou seja, cada "pacote" de energia (quantas) emitida por um corpo negro deveria ser múltiplo inteiro de um valor mínimo.

$$h = 6,6261 \times 10^{-34} \text{ J/s}$$

Lei de Planck: Um corpo negro absorve a energia radiante que incide sobre ele, no entanto, essa energia só é reemitida em forma de pequenos pacotes de energia.

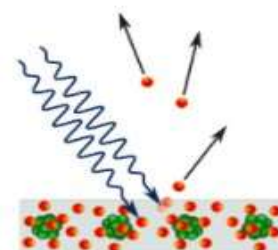
$$E = h \cdot \nu$$

E : Energia (quantum)
h : constante de Planck
ν : frequência da onda



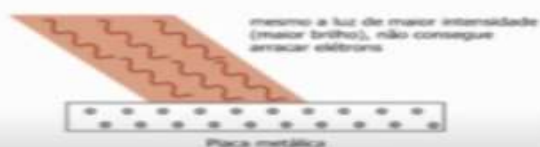
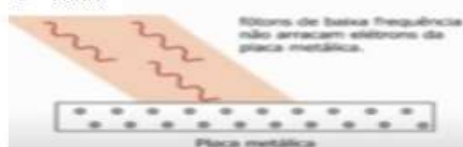
Efeito Fotoelétrico

- O **efeito fotoelétrico** consiste na ejeção de elétrons de um material exposto a uma determinada frequência de radiação eletromagnética. Os pacotes de luz, chamados de **fótons**, transferem energia para os elétrons. Se essa quantidade de energia for maior do que a energia mínima necessária para se arrancar os elétrons, estes serão arrancados da superfície do material, formando uma **corrente de fotoelétrons**

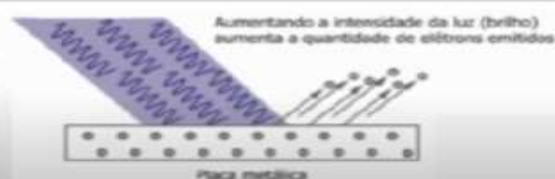
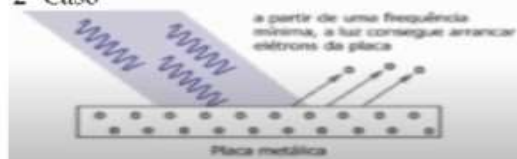


Efeito Fotoelétrico

1º Caso



2º Caso



Por que existe uma frequência mínima?

Por que após atingirmos a frequência mínima, ao aumentarmos a intensidade aumenta a quantidade de elétrons?

Efeito Fotoelétrico

Einstein assumiu que a hipótese de Planck fosse válida para todo tipo de radiação eletromagnética, desse modo, mostrou que luz podia comportar-se também como partícula.

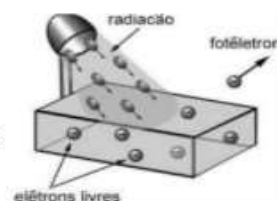
$$E = hf$$

Einstein definiu a função trabalho: A energia de cada fóton **depende de sua frequência (f)**, portanto, existe uma frequência mínima necessária para arrancar os elétrons do material. Cada material necessita de uma quantidade específica de energia para ter seus elétrons ejetados, essa quantidade de energia é chamada de **função trabalho**

$$E_{\text{Mín}} = h f_{\text{Mín}} = \Phi$$

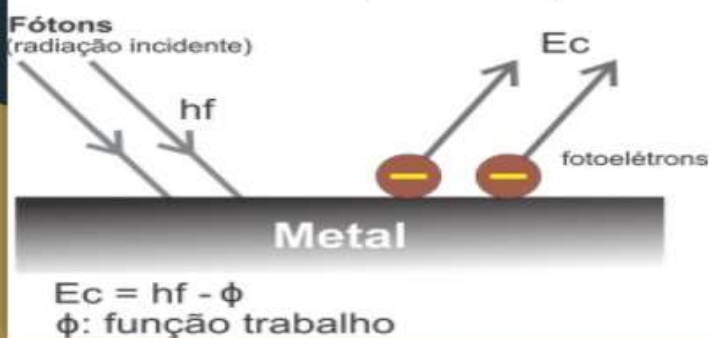
O que acontece se o fóton carregar uma energia **MENOR** que a função trabalho?

O que acontece se o fóton carregar uma energia **MAIOR** que a função trabalho?



Efeito Fotoelétrico

A energia é transferida para os elétrons do material na forma de **energia cinética**. Assim, caso a energia do fóton seja **superior** à energia que mantém o elétron preso no material, o elétron será ejetado, e sua energia **cinética** será a diferença entre a energia contida no fóton e a função trabalho. A função trabalho é uma característica de cada material e depende do quão ligados estão os elétrons no material.



Para arrancar elétrons:

$$E_{\text{lim}} = \phi$$

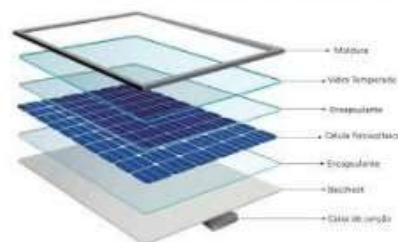
sendo assim,

$$E_c = 0$$

$$E_c = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Exemplos do Efeito Fotoelétrico

- Detectores de luminosidade: os relés são dispositivos que captam a luminosidade. A luz promove a ejeção de elétrons de um material fotoelétrico, então, um circuito é acionado para ue a iluminação externa acenda.
- Células fotovoltaicas: são as unidades geradoras de corrente elétrica nos painéis solares. Essas células são feitas de materiais semicondutores, que produzem eletricidade quando iluminados pela luz solar.
- Televisões (de LCD e plasma)
- Reconstituições de sons nas películas de um cinematógrafo
- Sistemas de alarmes
- Aparelhos de controle (contagem) dos metrô



OBRIGADO!



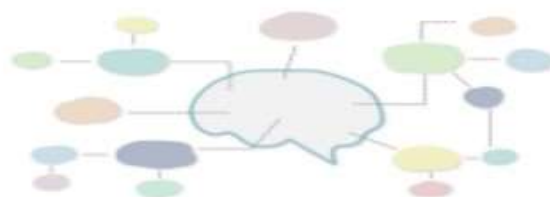
Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a beleza libertadora do intelecto para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.

Albert Einstein



Mapa Mental

O que é? Mapa mental é uma ficha (técnica) de estudos que te dará uma visão geral do tema, te ajudará a fixar os pontos mais importantes da matéria e permitirá que você faça todas as associações possíveis sobre o acontecido. Ela consiste em criar resumos cheios de símbolos, cores, setas e frases de efeito com o objetivo de organizar o conteúdo e facilitar associações entre as informações destacadas.



Pra que serve? “Como o próprio nome diz, serve para você se orientar nessa vastidão de conteúdos”, afirma o professor. Essa técnica de estudos **ajuda a memorizar os principais pontos do tema estudado** e organizar os detalhes na sua cabeça.

Mapa Mental

Como fazer um mapa mental: passo a passo:

1. Pegue uma folha em branco e vire-a na horizontal;
2. Coloque o tema do seu resumo no centro desta folha. A dica é fazer algum desenho, símbolo ou gráfico bem marcante;
3. Faça conexões a partir desse elemento central. Uma ideia é puxar setas para representar cada nova associação;
4. Use palavras-chave para seu material ficar resumido e objetivo;
5. Complete o seu resumo com todas as informações importantes. Vale destacar: contexto histórico, influências, localização, fatores de causa, consequências, detalhes, entre outros;
6. Não tenha medo de colocar ou tirar informações. Você tem vários elementos para estimular seu cérebro e representar a matéria.

