



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DO LED AO TRANSISTOR: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE EFEITO
FOTOELÉTRICO

ALEX GARCEZ GOMES CASTRO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Oliveira
Gurgel Rebouças

Mossoró
Dezembro de 2021

DO LED AO TRANSISTOR: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE EFEITO FOTOELÉTRICO

Alex Garcez Gomes Castro

Orientador:
Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças

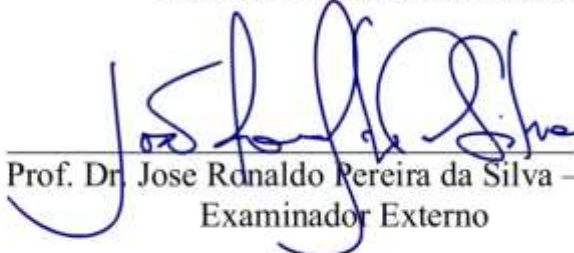
Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Universidade Federal Rural do Semiárido no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada em 14 de dezembro de 2021, pela banca examinadora:

GUSTAVO DE OLIVEIRA
GURGEL
REBOUCAS:03574307438

Assinado de forma digital por GUSTAVO DE OLIVEIRA GURGEL
REBOUCAS:03574307438
DN: cn=GUSTAVO DE OLIVEIRA GURGEL,
REBOUCAS:03574307438, ou=UFERSA - Universidade Federal
Rural do Semi-Árido, o=ICP-Ed, c=BR
Dados: 2022.03.04 14:17:03 -03'00'

Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças – UFERSA
Presidente da Banca e Orientador


Prof. Dr. Jose Ronaldo Pereira da Silva – UERN
Examinador Externo

Lázaro Luis de
Lima Sousa

Assinado digitalmente por Lázaro Luis de Lima Sousa
DN: C=BR, OU=UFERSA, CN=Lázaro Luis de Lima
Sousa, E=lazaros@ufersa.edu.br
Posição: Sou o autor deste documento
Localização: sua localização de assinatura aqui
Data: 2022.03.02 17:09:36 -03'00'
Foxit PDF Reader Versão: 11.0.1

Prof. Dr. Lázaro Luis de Lima Sousa – UFERSA
Examinador Interno

HIDALYN THEODORY CLEMENTE
MATTOS DE
SOUZA:02755259450

Assinado de forma digital por HIDALYN
THEODORY CLEMENTE MATTOS DE
SOUZA:02755259450
Dados: 2022.03.03 20:17:49 -03'00'

Prof. Dr. Hídalyn Theodory Clemente Mattos de Souza – UFERSA
Examinador Interno

Mossoró
Dezembro de 2021

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

C3551 Castro, Alex Garcez Gomes .
DO LED AO TRANSISTOR: UMA PROPOSTA DE ENSINO
DE EFEITO FOTOELÉTRICO / Alex Garcez Gomes
Castro. - 2022.
117 f. : il.

Orientador: Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em
Física, 2022.

1. Ensino de Física. 2. Efeito Fotoelétrico. 3.
Experimento. I. de Oliveira Gurgel Rebouças,
Gustavo, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência

Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva

CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Dedico esta dissertação primeiramente a Deus, sem ele nada disso seria possível, a minha família, esposa e especialmente a minhas sobrinhas Sophia Will Castro e Isabelle Nascimento Castro, aos amigos e professores do polo 9.

AGRADECIMENTOS

À Deus.

Ao meu orientador Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Rebouças pela tolerância, compreensão, acima de tudo pela liberdade de exploração do tema, enfim a todos os ensinamentos que levaram a construção e conclusão deste trabalho.

À minha família por todo o apoio e incentivo, meu pai Luiz Carlos, minha mãe Maria de Deus, aos meus irmãos Allisson e Allan.

Aos amigos da Turma 2019, do Polo 9 do MNPEF – UFERSA, foi pouco o tempo em que estivemos juntos nas aulas presenciais, mas o suficiente, para estabelecermos vínculos de amizade e histórias de vida, são eles, Tercia, Willy, Beatriz, Fabio, Galileu, Jonarc, Laercio, Júlio e Amélia.

Aos todos os Professores do Polo 9, cujos ensinamentos fizeram deste trabalho possível.

Ao grande amigo Denny Davidson, por ter cedido a turma para aplicação do produto educacional e pelo apoio.

À direção da Escola Estadual Professora Francisca Alves da Silva, pelo espaço para o desenvolvimento deste trabalho em especial ao Prof. Oberi.

Aos meus amigos e colegas de trabalho Hugo Paiva e Fernanda Oliveira, que sempre que necessários foram solícitos em ajudar.

A minha esposa Tatiane Patrícia, pela paciência e companheirismo.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho.

RESUMO

DO LED AO TRANSISTOR: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE EFEITO FOTOELÉTRICO

Alex Garcez Gomes Castro

Orientador: Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

O intuito deste trabalho é promover a discussão de metodologias alternativas de ensino, mais especificamente sobre a realização de atividades experimentais no ensino de física. Estes enriquecem o processo ensino-aprendizagem, estimulando o debate, a busca pelo conhecimento, a investigação científica e dentre outras habilidades. Neste sentido foi elaborada uma sequência didática, assim como a construção de um dispositivo experimental. Para que fosse possível medir a constante de Planck, dando foco ao estudo voltado ao conteúdo de efeito fotoelétrico. Este importante tema da física moderna e contemporânea provocou uma grande revolução, dentro da perspectiva científica da época e até hoje protagoniza profundas transformações tecnológicas, devido a suas aplicações. A aplicação desta sequência didática foi realizada em turma de 2ª e 3ª série do ensino médio com alunos de rede pública de ensino, utilizando-se de pedagogia Freiriana e dos três MPs de Delizoicov, no intuito de construir uma aula dialógica, participativa e investigativa. Para que deste modo, possa oportunizar uma melhor compreensão das idéias da física, de forma que possam ser mais palpáveis aos estudantes, aproximando a ciência de suas realidades.

Palavras-chave: Ensino de Física, Efeito Fotoelétrico, Experimento.

Mossoró
Dezembro de 2021

ABSTRACT

FROM LED TO TRANSISTOR: A PROPOSAL FOR TEACHING PHOTOELECTRIC EFFECT

Alex Garcez Gomes Castro

Supervisor(s):

Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel Rebouças

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal Rural do Semiárido no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

The purpose of this work is to promote the discussion of alternative teaching methodologies, more specifically about the realization of experimental activities in the teaching of physics. These enrich the teaching-learning process, stimulating debate, the search for knowledge, scientific investigation and other skills. In this sense, a didactic sequence was elaborated, as well as the construction of an experimental device. So that it was possible to measure Planck's constant, focusing on the study aimed at the content of photoelectric effect. This important theme of modern and contemporary physics provoked a great revolution, within the scientific perspective of the time, and until today, it is the protagonist of profound technological changes, due to its applications. The application of this didactic sequence was carried out in a 2nd and 3rd grade high school class with students from public schools, using Freirian pedagogy and the three MPs from Delizoicov, in order to build a dialogic, participatory and investigative class. So that in this way, it can provide opportunities for a better understanding of the ideas of physics, so that they can be more tangible to students, bringing science closer to their realities.

.

Keywords: Physics education, Photoelectric effect, Experimental

Mossoró
December 2021

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Radiação x comprimento onda.....	23
Figura 2 – Efeito fotoelétrico.....	26
Figura 3 – Função trabalho.....	27
Figura 4 – Semicondutor dopado.....	30
Figura 5 – Estrutura led.....	31
Figura 6 – Curva característica da corrente elétrica I x V.....	32
Figura 7 – Transistor com célula de silício exposta.....	33
Figura 8 – Representação simbólica do transistor.....	33
Figura 9 – Simulador de efeito fotoeletrico.....	45
Figura 10 - (a) parte superior do dispositivo (b) parte interna do dispositivo.....	48
Figura 11 – Materiais do circuito 1.....	49
Figura 12 – Esquema do circuito 1.....	50
Figura 13 – Esquema do circuito 1 explicado.....	51
Figura 14 – Diagrama ilustrativo do circuito 1.....	51
Figura 15 – Componentes do circuito 2.....	52
Figura 16 – Esquema do circuito 2.....	52
Figura 17 – Regulador de tensão montado.....	53
Figura 18 – Aparato experimental – caixa de energia.....	54
Figura 19 – Alunos da E.E.P.V.B. respondendo pré teste.....	57
Figura 20 – Respostas dos alunos da problematização inicial da E.E.P.V.B.....	57
Figura 21 – Observações realizadas com o uso do simulador.....	58
Figura 22 – Alunos da E.E.P.V.B. manuseando a sequência de led's.....	59
Figura 23 – Alunos da E.E.P.V.B. expondo a luz do led ao sensor.....	60
Figura 24 – Respostas dos alunos da E.E.P.F.A.S.....	62
Figura 25 – Demonstrando o efeito da luz sobre os objetos.....	62
Figura 26 – Alunos realizando as medidas para obtenção da constante de Planck.....	63
Figura 27 – Alunos tirando duvidas.....	64
Figura 28 – Alunos testando o sensor.....	65
Figura 29 – Alunas testando o sensor com o led vermelho.....	65
Figura 30 – Você já fez ou observou algum experimento de física na sala de aula? Para as escolas trabalhadas.....	67
Figura 31 – Questão 2 - Você já ouviu falar em física moderna? Para as escolas trabalhadas.....	68
Figura 32 – Informação sobre os números de alunos das escolas sobre a Questão 3. Você se dedica fora da escola ao estudo da disciplina de física?	69
Figura 33 – Informação sobre os números de alunos das escolas sobre a Questão diagnóstico 4: Você se dedica fora da escola ao estudo da disciplina de física?	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Tipos de atividades experimentais.....	14
Tabela 02 – Análise de livros didáticos.....	17
Tabela 03 – Plano de organização de aula.....	44
Tabela 04 – Simbologia dos componentes eletrônicos.....	50

SIGLAS

PISA - Programa Internacional de Avaliação de Estudantes

FMC – Física Moderna e Contemporânea

FM – Física Moderna

FC – Física Contemporânea

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

PCN's – Parâmetros Curriculares de Nacionais

PCNEM – Parâmetros Curriculares de Nacionais Ensino Médio

PNE – Plano Nacional de Educação

BNCC – Base Nacional Curricular Comum

EEPVB – Escola Estadual Professor Varela Barca

EEPFAS – Escola Estadual Professora Francisca Alves da Silva

PNLD – Programa Nacional do Livro Didático

SUMÁRIO

Capítulo 1	Introdução	1
1.1	Por Que Introduzir a FMC	8
1.2	Ensino Tradicional	10
1.3	Metodologias Alternativas	11
1.4	Livro Didatico	15
Capítulo 2	Revisão Teórica da Física	21
2.1	Princípios da Mecânica Quântica	22
2.2	Efeito Fotoelétrico	24
2.3	Semicondutores	28
2.3.1	Transistor	32
Capítulo 3	Fundamentação Pedagógica	34
3.1	Pedagogia Freiriana	34
3.2	Delizoicov e os 3(três) MP's	39
Capítulo 4	Metodologia	42
4.1	Diagnóstico de turma	43
4.2	Simulador PhET	45
4.3	Construção da “Caixa de Energia”	46
Capítulo 5	Aplicação do Produto Educacional	56
5.1	Primeiros Momentos	56
5.2	Questões Diagnóstico	66
5.3	Questionários	70
5.3.1	Pré Teste	70
5.3.2	Pós Teste	74
Capítulo 6	Conclusões Finais	77
	Referências Bibliográficas	80
Apêndice A	Produto Educacional	85
Apêndice B	Questionário Pré Teste	102
Apêndice C	Questionário Pós Teste	103
Apêndice D	Roteiro Experimental	104

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Discutir sobre a realidade da educação pública brasileira, é encarar de frente uma série de aspectos negativos, atribuídos a diversos problemas que permanecessem sem solução a décadas de forma geral, podemos constatar essa triste a partir de uma simples visita a escolas de bairro, até mesmo assistindo noticiários recorrentemente surgem com matérias sobre.

Observando a situação atual em que se encontra a educação, não temos um cenário tão otimista e/ou incentivador nas escolas, seja por falta de políticas públicas adequadas que contemplem as diversas partes da escola, por falta de meios e métodos de valorização de profissionais, não somente para o bom funcionamento da estrutura escolar, mas também para o desenvolvimento de ações adequadas e concretas, que contribuam para o processo ensino-aprendizagem, segundo Moreira (2018, p.73):

“Certamente, são muitas as razões, das quais salienta-se, de imediato, a desvalorização da carreira docente na Educação Básica no Brasil. No discurso, a educação é sempre prioritária; na prática, as condições do trabalho, em muitos casos, são vergonhosas. Baixos salários, muitos alunos, elevada carga horária semanal, falta de apoio na formação continuada, currículos que não passam de uma lista de conteúdos a serem cumpridos, preparação dos alunos para a testagem.” (Moreira, 2018, p.73)

Como reflexo desta situação, indicadores como o PISA (programa internacional de avaliação de estudantes), que procurar avaliar conhecimentos básicos adquiridos por jovens, onde o Brasil na avaliação em ciências de 2018, ficou na posição 66º no ranking, assim como em anos anteriores se manteve em uma colocação muito baixa em comparação com diversos outros países.

Desfavoráveis condições de trabalho, não é novidade, no panorama educacional já que o mesmo, não é colocado como prioridade nas diferentes esferas governamentais, ainda assim podemos elencar também os constantes contingenciamentos de verbas públicas atreladas a educação, que tornam o investimento em educação inviável.

É fácil encontrar escolas, que não dispõe de espaços destinados a laboratórios, equipamentos que auxiliem no exercício da docência ou equipamentos como

computadores, que quando há, se encontram sucateados, logo as condições físicas se encontram muitas vezes, como possíveis obstáculos da atuação docente.

Consequentemente o papel do professor foca-se na transmissão verbal de conteúdos como cita Lima e Vasconcelos (2006, p.405), “em parte por limitação de recursos didáticos, muitos professores sentem-se obrigados a sobrecarregar os alunos com exames periódicos de conhecimento, supervalorizando testes escritos, discursivos e objetivos, como mecanismos para aferir notas”.

O uso do ensino tradicional, que ainda permeia livremente as salas de aulas, mesmo havendo uma concordância entre professores, de que não é a forma de ensino mais adequada à formação crítica do indivíduo ou que promova uma aprendizagem significativa, porém é a mais adotada. Devido as circunstâncias geralmente encontradas, de salas lotadas, um conteúdo programático a ser cumprindo com uma carga horaria de aula reduzida, entre outras situações, como podemos ver pela fala de Borges (2002, p.292):

“A qualidade do ensino provido pelos sistemas escolares às crianças e jovens tem sido objeto de debates ao longo de várias décadas, culminando com os chamados para a reforma desses sistemas e dos currículos vigentes. O ensino tradicional de ciências, da escola primária aos cursos de graduação, tem se mostrado pouco eficaz, seja do ponto de vista dos estudantes e professores, quanto das expectativas da sociedade.” (Borges, 2002, p.292)

Enquanto não houver uma mudança real nas formas de ensino, estaremos mostrando ao aluno uma física que para ele parecerá intangível, apesar deste problema metodológico não se restringir ao ensino de física, comumente deparamo-nos com conteúdos que exigem um alto grau de abstração, uso da linguagem matemática, manipulação de formulas, compreensão de teorias, que ao serem explanadas de maneira inadequada, a percepção criada será a de uma disciplina que poucos poderão compreender.

“O resultado desse ensino é que os alunos, em vez de desenvolverem uma predisposição para aprender Física, como seria esperado para uma aprendizagem significativa, geram uma indisposição tão forte que chegam a dizer, metaforicamente, que “odeiam” a Física.” (Moreira, 2018, p.73)

Como tal, encontramos alunos não somente com dificuldades de compreensão, mas com verdadeira aversão a física, em virtudes de más experiências de compreensão, que acumuladamente acaba, por causar diversas deficiências no processo de aprendizagem, inclusive se estendendo a outras disciplinas, com afinidades em comuns com a física.

Então será que não se faz importante, a reflexão sobre a práxis docente? Procurar metodologias que melhor atendam ao estudante? Formas de aproximar o conteúdo da realidade do aluno?

Lidar com questionamentos como estes, é o que permite ao professor, a criação de propostas pedagógicas que estimulem a curiosidade e volte a atenção do estudante para a aula, que este deva ser uma construção coletiva, onde o professor aprende com o aluno, e o aluno aprende com o professor, de acordo com freire (1996).

Neste sentido explorar a ciência, fazendo uso de experimentos, nos traz um grande espaço para o desenvolvimento de atividades, que se faz necessário a aprendizagem de diferentes saberes, como manipular, construir, investigar, procedimentos experimentais.

Levando o aluno a utilizar o conhecimento formal de maneira a confrontá-lo com concepções prévias e trazer a física para mais próximo do seu dia a dia, logo o uso de uma estratégia experimental de ensino, pode ser uma opção de uma nova perspectiva de ver o mundo.

A física passou por grandes transformações e revoluções, ao longo da história, que a permitiram avançar como ciência e fazer com que sociedades em diferentes épocas também passassem por mudanças, que implicaram diretamente no modo de pensar das pessoas.

Fenômenos que muitas vezes não eram compreendidos, e por vezes consequentemente associados a um falso temor, passam a ter outra interpretação, que fugiria do misticismo e promovendo uma quebra do obscurantismo, sob a luz do conhecimento científico.

Desta maneira estudar física, é um processo de exploração da realidade, de entender a natureza, investigar a fenomenologia de interação entre materiais e/ou eventos, seja, de ordem micro ou macroscópicos, celestes ou atômicos.

Devido a esta ampla atuação, presente a todo momento ao nosso redor, do celular na palma da mão de um indivíduo ao satélite que capta imagens de estrelas distantes, o conhecimento físico perpassa por diversas áreas da ciência, como a matemática, química

e entre outras, ou seja, ela haja de forma transdisciplinar e interdisciplinar, além de propiciar o desenvolvimento de habilidades, como de elaboração de hipóteses, observação, testagem entre outras, de modo que haja uma edificação do conhecimento.

Dentre os diversos temas que a física explora, seja a eletricidade, o movimento dos objetos, até estrutura da matéria, cujo o entendimento destes temas, impactam diretamente em nosso cotidiano, a física moderna e contemporânea (FMC), cada vez mais, entremeada em nosso cotidiano de diferentes formas.

Os constantes avanços tecnológicos, ocasionam verdadeiras transformações socioculturais, e neste cenário a FMC tem um papel de destaque atualmente, promovida não somente por uma gama de fenômenos ligados a luz, mas também pelo crescente usufruto dos mais variados aparatos tecnológicos, estes oriundos das evoluções científicas ao longo do tempo.

O desenvolvimento de teorias e pesquisas, permitiram revoluções, que beneficiaram diferentes setores da sociedade, como a saúde, educação, novas fontes energéticas e etc. logo, compreender o universo quântico é abrir portas para nova perspectiva sobre a realidade, ao mesmo passo de oportunizar a popularização da ciência, que mesmo estando próxima de cada um de nós, acabamos por não perceber-la tão facilmente.

Ao pararmos para analisar a presença da física, mas especificamente das consequências do desenvolvimento da FMC, nos deparamos com grandes exemplos como a astronomia e a eletrônica, este último, das subáreas de conhecimento científico que mais avançou nos últimos tempos, com a criação dos semicondutores, como led's e transistores, onde é crescente aplicações na educação, para realização de atividades experimentais.

Conceitualmente não há diferença, que distinga de maneira contundente a Física Moderna (FM) da Física Contemporânea (FC), Ostermann (1999a, p.151), traz que não há uma concordância, que traga algum conceito ou características entre autores que as diferenciem, o que pode ser notado, que as separa é o marco temporal.

Ambas são um conjunto de teorias que surgiram no final do sec. XIX para início de século XX, não há uma precisão histórica, porem diversos autores consideram o início da física moderna, com os experimentos de raios catódicos realizados por Faraday, porém somente tendo avanços com o desenvolvimento tecnologia de tubos a vácuo mais apropriados, onde foram observados fenômenos que só foram explicados de maneira razoável com a teoria quântica, que juntamente com a relatividade especial é o mais aceito

como a física moderna conhecida atualmente, e seus posteriores desdobramentos se tornaram o que é denominado com física contemporânea.

“A física moderna é o conjunto de teorias surgidas a partir do início do Século XX, a partir dos trabalhos de Planck a respeito da mecânica quântica, que passa a estudar os fenômenos físicos da matéria em escala atômica e os de Einstein sobre a relatividade, que busca explicar os fenômenos em escalas astronômicas, envolvendo grandes quantidades de energia e massa.[...] A física contemporânea tem suas origens a partir do final da Segunda Guerra Mundial, que tem como principal campo de estudo as partículas subatômicas.”
(Dominguini, 2012, p.1)

A inclusão dos conteúdos de FMC, deu-se na tentativa de inovar os currículos escolares, e conseqüentemente a forma de ensino, por meio de alguns projetos que começaram a emergir na década de 50, em diversos países, inicialmente com o PSSC (Physical Science Study Commitee), nos estados unidos, que visavam, um novo programa, como traz Oliveira et al. (2016), tal projeto foca-se em uma forte transformação no ensino de física por meio de métodos diferentes dos usuais, como a elaboração de manuais, inserção de tecnologias, práticas laboratórios, atividades demonstrativas de fenômenos entre outros que pudessem mostrar uma física fora de um rigor científico.

Desta maneira estimulando, professores a realização de novas abordagens no ensino de física, que proporcionavam aos alunos uma maior interação com atividades experimentais, no Brasil, houve uma iniciativa de implementação do PSSC, inclusive ocorrendo tradução de material didático, porém sem sucesso de implementação do projeto no sentindo mais amplo, restringiu se, como curso de formação complementar de professores, porém a ação, serviu como estopim de incentivando para a criação e proliferação, de projetos semelhantes.

Podemos constatar a partir da produção acadêmica, que o ensino de física, evoluiu enormemente, em um levantamento realizado por Araújo (2003), que trabalhos publicados entre os anos de 1992 e 2001, na RBEF(revista brasileira de ensino de física), de 92 artigos analisados, somente 7 artigos correspondiam a área de física moderna (FM), evidenciando assim, a não compreensão da importância da introdução deste tema na época, Chaves (2014), trazem que os trabalhos publicados no período de 2006 a 2013 na EPEF(Encontro de pesquisa em ensino de física) e SNEF(Simpósio Nacional em Ensino de Física), somam mais de 2000 artigos, sinalizado assim, um movimento que busca ainda hoje por mudanças no ensino de física.

Este cenário vem se modificando, com o tempo, mesmo que a passos vagarosos, docentes, pesquisadores e até estudantes elaboram e/ou participam de projetos que estimulam a popularização da ciência, uso de metodologias alternativas de ensino que abordam temas da FMC, atualmente qualquer busca, em meios eletrônicos, como os Caderno Catarinenses de Ensino de Física (atual Caderno Brasileiro de Ensino de Física - CBEF), no Google Escolar ou na própria RBEF, nos retornarão um quantitativo maior, apesar de ainda ser um número tímido diante das publicações de outras áreas da física.

Além do crescente aumento de propostas, a criação de documentos oficiais tais como os PCN's (Parâmetros Curriculares Nacionais), em 1999, estabelece diretrizes que norteiam os conteúdos a serem ministrados, sob uma nova perspectiva, seguindo o mesmo pensamento, é proposto o PCNEM (Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio), que por sua vez joga uma nova luz sobre o ensino de FMC.

“A natureza ondulatória e quântica da luz e sua interação com os meios materiais, assim como os modelos de absorção e emissão de energia pelos átomos, são alguns exemplos que também abrem espaço para uma abordagem quântica da estrutura da matéria, em que possam ser modelados os semicondutores e outros dispositivos eletrônicos contemporâneos.” (PCNEM, 2000, p.26)

Tanto os PCN's, como o PCNEM, contemplam um novo olhar sobre o processo ensino-aprendizagem, a partir de um novo olhar sobre temas estruturantes e com base no desenvolvimento de competências e habilidades do indivíduo, o que passam a ser um novo guia de orientação para professores e instituições educacionais, traçando um novo perfil para o ensino, que trouxesse elementos mais atuais, como diz Moreira (2000, p.96):

“Acredito que tais documentos de nem, sem dúvida, novas perspectivas para o ensino de Física, no país, nestes dois níveis. Para o ensino de graduação, as Diretrizes Curriculares, recentemente elaboradas pela Comissão de Especialistas em Ensino de Física da SESU/MEC , após ampla discussão com a comunidade, e atualmente em análise no Conselho Nacional de Educação, são claras no sentido de que: 1. A formação em Física, na sociedade contemporânea, deve se caracterizar pela flexibilidade do currículo de modo a oferecer alternativas aos egressos. 2. O físico, seja qual for sua área de atuação, deve ser um profissional que, apoiado em conhecimentos sólidos e atualizados em Física, deve ser capaz de abordar e tratar problemas novos e tradicionais e

deve estar sempre preocupado em buscar novas formas do saber científico ou tecnológico.” (Moreira, 2000, p.96)

Apesar de dispormos de documentos como os PCN's, PCNEM, PNE (Plano Nacional de Educação), BNCC (Base Nacional Comum Curricular), entre outros, que nos fornecem uma base e que direciona a organização de programas de ensino.

Porém o que podemos observar nas escolas é que o ensino de física volta-se quase que em sua integralidade, para a parte clássica, geralmente dividida em Mecânica, Termodinâmica e Eletricidade, respectivamente abordados ao longo da 1^a, 2^a e 3^a series do ensino médio (EM), quando se há tempo hábil suficiente para trabalhá-los.

Logo, a inserção da FMC, requer consequentemente por parte do professor um planejamento cuidadoso, mas fundamental, para integração entre temas, como cita Junior (2003), ainda assim, a introdução de FMC no EM pode ser estruturada, de modo a trazer elementos pontuais, o que agiria como agente facilitador ou no mínimo introdutório, fornecendo uma noção mínima sobre alguns temas, além de promover uma mudança mesmo que mínima na matriz curricular.

Um outro aspecto do que ocorreu bastante relevante para o ensino de física, que influencia bastante os conteúdos ministrados em sala de aula, são os livros didáticos adotados, que infelizmente por muito tempo excluía os conteúdos de FMC, hoje é perceptível a mudança de postura de autores e editoras, mas ainda assim a abordagem dada ao conteúdo é mínima, e muitas vezes desatualizada.

Tão logo, diante de diversos fatores, que desestimulam tanto professor, quanto aluno e se põe como obstáculos persistentes de uma formação mais significativa, se faz importante a promoção de ações que visem contribuir para discussão de ideias. Descentralizar ao conhecimento do professor, e o colocando como parte de uma construção, em que todos possam contribuir, enriquecendo o processo de ensino/aprendizagem, por meio de metodologias que deem ao aluno uma perspectiva sobre o ensino.

Para isto o desenvolvimento de atividades experimentais desempenham um papel chave, pois permite a ressignificação de conhecimentos, que em geral é um processo didático metodológico tão rico em vários aspectos, que age como ação motivacional para os estudantes, de acordo com Leiria (2015) a “motivação é um dos pilares de sustentação da eficiência do processo ensino aprendizagem e as atividades experimentais desempenham essa função muito bem”, assim como propicia a interação entre os estudante, ajuda no entendimento de diferentes particularidades científicas.

Dentro deste panorama a proposta deste trabalho trata-se de uma sequência didática, para a realização de atividade experimental, sobre o assunto de efeito fotoelétrico, abordado de maneira dialógica, levando em consideração elementos da pedagogia Freiriana e de Delizoicov.

Para tal, na aula será utilizado um aparato experimental, construído a partir de materiais de baixo custo e reaproveitados, que contribuía de forma investigativa e conflitante sobre este tema tão importante dentro da FMC e com diversas aplicações no nosso cotidiano.

Aparato o qual, com aplicação dentro do assunto de efeito fotoelétrico, tema geralmente é pouco citado em sala e para tal, o produto constitui-se de um circuito, que permite o aluno medir a constante de Planck a partir de led's de diferentes cores, entre outras funcionalidades

Neste intuito o produto educacional, trata-se de um equipamento, montado com um custo menor do que geralmente, outros que desempenham a função similar, por empresas de grande porte, e ainda com o atrativo de pode ser utilizado no desenvolvimento de outros temas da física, por possuir outras funcionalidades.

É perceptível que a ciência vem se modificando rapidamente e adaptar-se, já não é uma opção, escolas, professores e o próprio ensino de física, deve procurar meios de acompanhar as transformações tecnológicas.

Porém, o que pode ser visto, são professores, que pouco exploram o contexto experimental e se utilizam-se de metodologias, que não dão qualquer significado a física, a não ser um complexo problema distante da realidade do aluno, nesta direção propostas como a deste trabalho, tenta trazer ferramentas e meios metodológicos, que transformem este panorama.

1.1 Por que introduzir a FMC

Como já mencionado anteriormente, a física moderna e contemporânea é um conjunto de teorias desenvolvidas no início do século XX, como seus desdobramentos, que conceberam uma nova percepção sobre a natureza, assim como suas amplas aplicações científicas, teorias as quais, suas origens desempenham um papel de relevância na história ciência e da humanidade.

Compreender suas raízes, do que falam e suas implicações, é permitir perceber que a ciência foi construída a diversas mãos, sair de um ensino de física muitas vezes

mecânico, sem espaço para discussões, para a integração entre saberes, sob o signo de diferentes abordagens, de forma geral somos conduzidos a uma ressignificação da física e a um sentido mais amplo dos fenômenos da natureza, como fala Junior (2003, p.2):

“O caráter profundidade é fundamental, pois, mesmo que hipoteticamente dentro de um consenso exista a possibilidade de se inserir determinados tópicos da Física do século XX no EM, e que os mesmos promovam uma proposta de formação ampla e efetiva, existem problemas referentes a formação dos professores, conjuntamente ao número reduzido de obras didáticas que contemplem FMC dentro de uma abordagem que propicie uma efetiva formação social, científica e cultural.” (Junior, 2003, p.2)

Além destes, Ostermann e Moreira (2000, p.24), elencam uma série de razões discutidos na III Conferência Interamericana Sobre Educação em Física, que são:

- “Despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano e, portanto, mais próxima a eles;
- Os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física, pois não vêem nenhuma Física além de 1900. Esta situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente;
- É do maior interesse atrair jovens para a carreira científica. Serão eles os futuros pesquisadores e professores de Física;
- É mais divertido para o professor ensinar tópicos que são novos. O entusiasmo pelo ensino deriva do entusiasmo que se tem em relação ao material didático utilizado e de mudanças estimulantes no conteúdo do curso. É importante não desprezar os efeitos que o entusiasmo tem sobre o bom ensino.” (Ostermann e Moreira, 2000, p.24)

Como tal podemos citar grandes avanços na eletrônica, que permitiu a criação e utilização de aparelhos cada vez mais avançados, como celulares, computadores, micro-ondas, entre diversos outros tipos de tecnologias, que de tão populares permeiam nossa vivência diária.

Educacionalmente pode ser percebido uso cada vez mais frequente de dispositivos que reproduzem ou simulam efeitos de diferentes áreas da educação, no ensino de física diversos são os trabalhos com o uso do Led, transistores, resistores placas solares, sensores para diferentes finalidades, todos estes, frutos de temas como a quântica.

Apesar de ainda haver a barreira da transposição didática, cujo tema não é o foco deste trabalho, porém ainda convém menção que se trata, que se trata da passagem do saber “sábio” para saber “ensinado”, ou seja, como um determinado conhecimento sai do campo científico para o escolar, tema fortemente discutido por Yves Chevallard em 1985, como tal professores afirmam não ter preparo necessário para levar o assunto para os alunos e nem lidar com aparatos experimentais que possam trazer, mesmo que pontualmente

Logo, a inclusão da FMC, como a de qualquer outro conteúdo tem algumas dificuldades a serem levados em consideração, porém ainda assim é defendida por diversos autores, como é mostrado por Ostermann e Moreira (2000), que traz a fala de diversos pesquisadores, como tema essencial, tanto quanto os demais conteúdos da física.

1.2 Metodologia Tradicional

A educação é uma ação humana extremamente dinâmica, ampla e voltado para a transmissão e/ou construção de algum conhecimento, que exige reflexão constante sobre quem educa e o educando, pois ensinar e aprender, requerem a compreensão de diversos fatores que cercam que os cercam e interferem no processo ensino-aprendizagem.

Tão logo, se faz necessário, o uso de metodologias que tragam uma nova linguagem, que propicia a exploração de diferentes pontos de vistas, que não somente facilitem a aprendizagem de algum conteúdo, mas incentive o aluno a procurar por si mesmo, porém o que mais podemos presenciar nas escolas é o professor ainda preso ao ensino tradicional, pois é “o professor que domina os conteúdos logicamente organizados e estruturados para serem transmitidos aos alunos”, segundo Leão (1999, p.191).

Deste modo ao aluno compete somente assumir uma postura de receptor de informação, Mizukami (1986), traz que cabe ao indivíduo no processo de aquisição do conhecimento, a memorização dos diversos sementes pontos considerados importantes dentro da educação formal, como definições e enunciados de leis.

Resumidamente o modelo tradicional de ensino, baseia-se na simples exposição de conteúdo, supostamente transmitidos pelo professor e absorvido pelos alunos, sem

questionamentos, mas com uma subsequente repetição de exercícios, sem valorizar o raciocínio ou discussões de ideais.

Apesar de haver mudanças significativas na forma de ensino de diversos docentes, que aderem a metodologias alternativas, entretanto essa postura em manter-se com aulas tradicionais, sem inovação, remetendo-se a mesmice diária do quadro e giz, é mais comum, conduzindo assim os alunos a uma educação pobre.

“Dessa forma, de um lado está a dificuldade em aprender e, de outro, a falta de perspectivas em relação a práticas alternativas, já que o ensino não se restringe a uma metodologia exclusiva. Nesse contexto, a utilização do ensino tradicional, centrado no uso do quadro de giz e no uso exclusivo de um livro didático, sem dar condições para que o aluno construa seu próprio conhecimento, impõe uma forma linear ao processo de ensino e de aprendizagem, eliminando possibilidades mais criativas e envolventes.”
(Prudencio et al, 2016, p.31)

Para o ensino de física, este tipo de metodologia, muito trabalhada ainda hoje nas escolas, mesmo que de forma mais branda, impõe diversas dificuldades, ao processo de ensino, pois a compreensão de fenômenos, de seus processos, o uso da lógica e das relações matemáticas, sempre foram trazidas por meio da oralidade de um discurso sem espaço para questionamento, pois conduz a ideia de uma ciência “pronta”.

Logo este tipo de metodologia muito mais produziu, onde o aluno fica mais propenso a somente participar como ouvinte, acaba por restringir a uma participação mais ativa, a mera anotação no caderno do que está escrito no quadro e uma explicação que coloca a ciência como “toda pronta”, não há estímulo para discussões, questionamentos, somente dificuldades vindas de um conteúdo mal compreendido, o que acaba por resumir a aula na tentativa de resolução de exercícios.

1.3 Metodologia Alternativas

Como resposta, para necessidade de adoção de uma nova forma de ensino, que sanem situações que trazem visões equivocadas sobre a física, que é perceptível pela fala e postura dos alunos, como fala Ricardo et al. (2007), podemos deduzir que há problemas nas práticas educativas vividas pelo aluno, pois o mesmo se utiliza de termos como “cansativo” e “chato” para descrever o que sente em relação a física.

Para que a aula não seja somente uma longa e contínua transmissão de conteúdos teóricos, que muitas vezes não é compreendido, sob nenhum aspecto, onde será aplicado aquele conhecimento, é importante que o docente tenha a coerência de tentar traduzir a linguagem científica, que por vezes é clara para o professor, por incompreensível para o aluno.

Se faz necessário implementação de metodologias, que valorizem o processo de ensino-aprendizagem e propiciem uma outra perspectiva aos alunos sobre os conteúdos da ciência como um todo, no sentido de prover um contato mais próximo a física, uma prática crescente é o uso de atividades experimentais, neste sentido o uso de laboratórios escolares sempre favoreceram o desenvolvimento e aplicação de novos métodos, porem cabe a ressalva que nem toda escola dispõem de tal espaço e quando o há.

Podemos citar algumas situações que podem ser encontradas recorrentemente nas escolas sobre o espaço laboratorial, que dificultam ou impedem sua utilização, tais como o déficit de materiais ou sucateamento dos mesmos, ou ainda a inexistência de professores devidamente capacitado para manusear os materiais e equipamentos disponíveis.

Autores como Freitas et al. (2013), faz um alerta importante, de que em 2010, o censo escolar apontava que aproximadamente que 47% das escolas de ensino médio dispunham de laboratório, em 2016, este número não se altera muito, segundo Branco et al. (2021) houve uma elevação de 51%, porem levando os sérios problemas que estes dispunham a ponto de serem subutilizado, até como depósito, estes números quando trazidos para uma realidade de funcionamento, provavelmente são bem menores.

O ensino por meio de experimentos, não é algo novo, porém ainda assim não é pratica comum, pois além dos motivos já citados que dificultam sua utilização, é uma ação metodológica que requer, planejamento cuidadoso, para que não seja uma pratica vazia, sem uma aprendizagem significativa, e em alguns momentos até elaboração de materiais didáticos, que auxiliem na condução do experimento.

“As interações dos estudantes com o material experimental podem ser somente visuais, quando a experiência é feita pelo professor, em aulas que denominamos de demonstração; ou de forma manipulativa, quando em pequenos grupos, os alunos trabalham no laboratório. Os planejamentos e a condução da aulas de laboratório variam em um grande espectro: desde altamente estruturados e centrados nos guias, com o objetivo principal de comprovar o que o aluno já aprendeu nas aulas teóricas, até um laboratório por

investigação, quando objetivo é introduzir os alunos na resolução de um problema experimental.” (Carvalho,2010, p.53)

Propostas de uso de atividades experimentais, mostra-se cada vez mais versáteis, diferentes maneiras, tipos de experimentos e formas, surgem simulando, fornecendo dados, reproduzindo fenômenos e incorporando novas tecnologias, de modo que a experimentação seja um processo mais rico educacionalmente e interessante ao aluno.

Carvalho (2010), traz dois pontos a serem considerados na elaboração de uma prática experimental, o tempo e o material do experimento, de fato o primeiro é um ponto primordial, já que o tempo disponível que geralmente o professor de física dispõe, não condiz com o necessário para explorar certos temas, respectivamente o material ser utilizado pode levar a aula diferentes níveis de complexidade, ao mesmo passo que pode levar o aluno a diferentes níveis de envolvimento, conforme o que o professor estrutura para aula, ambos os pontos citados, e outros mais, tem como ponto “chave”, o planejamento pedagógico do professor.

Esta estratégia educacional, permite ao professor a exploração de diferentes recursos didáticos, pois atividade experimental pode ser realizada a partir do emprego de diferentes materiais, ou seja, mesmo inexistência da realidade escolar de laboratório ou equipamentos, o professor tem a plena capacidade de se utilizar de materiais de baixo custo, reaproveitados ou ainda alternativos, para realizar um experimento.

Devido seu amplo potencial, de aplicação de diferentes formas, diversas trabalhos tentam classificar os tipos de experimentação, Araújo e Abib (2003, p.181), separa de maneira objetiva em 3 tipos: Demonstrativas ou Observacionais, este tem um caráter mais ilustrativo e até qualitativo para o aluno, porém não há uma abertura para que o próprio possa desenvolver um grau maior de exploração, Verificação, a própria designação esclarece, atividades as quais procuram comprovar efeitos, teorias ou leis, permite um grau de liberdade moderado, de modo a coletar dados, analise entre outros fatores, que podem se organizadas como etapas e por último o Investigativo, dão uma liberdade maior para a interpretação do experimento e dados assim como levantamento de hipóteses e resolução de problemas experimentais, logo uma postura mais ativa no desenvolvimento da atividade.

Por sua vez, para cada tipo de atividade experimental podemos atribuir níveis de aberturas diferentes, conforme as habilidades a serem desenvolvidas como Priestley (1997), indica na Tabela 1 abaixo, adaptado do livro de Atividade Experimental Problematizada (AEP), de Silva e Moura (2018).

Tabela 01 – Tipos de Atividades Experimentais segundo Priestley (1997).

Nível	Nome	Descrição	Processo cognitivo requerido
1	Hermeticamente fechado	Todos os procedimentos são dados aos alunos. Os dados são anotados em locais definidos na folha de atividades do laboratório. As tabelas de dados são incluídas.	Conhecimento
2	Muito fechado	Todos os procedimentos são dados aos alunos. As tabelas de dados são incluídas.	Conhecimento
3	Fechado	Todos os procedimentos são dados aos alunos.	Conhecimento e compreensão
4	Entreaberto	Todos os procedimentos são dados aos alunos. Algumas perguntas ou conclusões abertas.	Compreensão e aplicação
5	Ligeiramente aberto	A maioria dos procedimentos são dados aos alunos e algumas perguntas ou conclusões são abertas.	Aplicação
6	Aberto	Os alunos desenvolvem seus procedimentos. Uma lista com os materiais é fornecida. Muitas perguntas e conclusões são abertas.	Análise e síntese
7	Muito aberto	Aos estudantes é indicado um problema a ser resolvido ou eles mesmos podem indicá-lo. Os estudantes desenvolvem seus procedimentos e chegam às suas conclusões.	Síntese e avaliação

Fonte: Silva e Moura (2018, p.28) apud Priestley (1997)

Estas peculiaridades metodológicas ressaltam, que esta forma de ensino pode ser adaptada, de maneira com que o aluno tenha uma aprendizagem mais concreta e palpável, conforme os objetivos e organização do professor, que não há necessariamente um rigoroso caminho precisa ser seguido para construção do conhecimento científico, levando assim a uma aprendizagem significativa.

“A aprendizagem significativa é uma aprendizagem com entendimento, com capacidade de transferência, totalmente oposta a aprendizagem mecânica,

dependendo dos conhecimentos prévios do estudante e da importância do novo conhecimento e de sua predisposição em aprender.” (Ferreira et al, 2014, p.28)

1.4 Livro Didático

Um dos benefícios dos avanços tecnológicos é o acesso fácil a qualquer tipo de informação por meio da internet, o conhecimento físico não está excluído, pelo contrário, a quantidade de informação disponível, tem um crescimento assombroso, que já não é possível acompanhar todas as informações relacionadas ao tema, apesar disto ainda temos estudantes em condições sociais que não têm os meios necessários no meio escolar, o livro didático ainda fulgura, como referência de consulta ou guia, para estudantes e professores, é indispensável.

“O livro didático é um conceituado referencial na sala de aula para educandos e educadores na ação de ensino-aprendizagem, uma vez que atua como auxiliar na prática pedagógica do professor, ele continua sendo um dos recursos mais usados no meio escolar. O livro didático sugere rumos dos conteúdos de ensino, porém o professor tem a atribuição de trabalhar os assuntos que são essenciais para a formação do aluno.” (Melo, 2018, p.28)

O que ocorre muitas vezes em contramão do real sentido do uso do livro, são episódios em que se cria uma dependência “livresca”, por não haver tempo de planejamento, elaboração de materiais didáticos ou organização de atividades que explorem determinados assuntos de diferentes formas.

“Devido à sobrecarga de trabalho, aos educadores nem sempre resta tempo para testar e/ou construir outros mecanismos/critérios de avaliação. Além disso, há a cobrança para que se cumpra literalmente o conteúdo do livro, priorizando a quantidade de informações a ser repassada ao aluno.” (Lima e Vasconcelos, 2006, p.405)

Portanto, o livro não desempenha um papel menos relevante na relação professor-aluno, porém tal é sua importância, para construção do conhecimento, ele não é uma fonte de saber inquestionável, mas auxiliar no processo educacional, por isso são diversos os critérios que devem ser considerados para que o livro adotado tenha todos os aspectos esperados pelo professor, para que o aluno tenha uma compreensão mais ampla e

clara do assuntos a serem abordados, esta mesma perspectiva pode ser contemplada pelo PNLD (Programa Nacional do Livro Didático).

“A Física escolar deve contemplar, portanto, a escolha cuidadosa dos elementos principais mais importantes presentes na estrutura conceitual da Física como uma disciplina científica, uma área do conhecimento sistematizado, em termos de conceitos e definições, princípios e leis, modelos e teorias, fenômenos e processos. Deve, ainda, incorporar um tratamento articulado desses elementos entre si e com outras áreas disciplinares, bem como com aspectos históricos, tecnológicos, sociais, econômicos e ambientais, de modo a propiciar as aprendizagens significativas necessárias aos alunos e, assim, contribuir para que o ensino médio efetive sua função como etapa final da formação educacional básica de todo e qualquer cidadão.” (PNLD 2015, p.8)

Os livros de física em especial têm que lidar ao realizar a montagem de um livro, além da organização do conteúdo, deve levar em consideração outros aspectos que os cercam, exercícios, história da ciência, biografias, formulas, demonstrações entre outros, uma organização equivocada de itens como os citados acabam por dar foco algum tema, mais do que os outros, sendo assim o usuário tem uma fonte limitada sobre alguns temas.

É notável que o espaço destinado para o estudo de FMC nos livros didáticos é muito menor, comparados com os demais assuntos, o que indiretamente dar-se a entender que o conteúdo, seja visto com uma importância menor de ser abordado que os demais, em contramão ao que cita um dos indicadores do PNLD (2015, p.23), que nos apontam a necessidade de contemplar e abordar, de forma adequada e pertinente, conhecimentos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea.

Estas e outras mudanças implantadas pelo governo, ao longo do tempo, fizeram com que os autores e editoras reavaliassem suas obras de modo a trazer dentro de uma nova estrutura didática dos livros de física, conteúdo de FMC, as adaptações não foram imediatas, mas pode ser observada uma mudança relevante, segundo Shivani et al. (2020) de todas as obras de Física avaliadas na primeira edição do PNLD para o Ensino Médio, apenas 27% foram aprovadas. Onde este percentual mudou consideravelmente na última edição, subindo para 75% os aprovados.

No caso específico da Física (ou de qualquer outra ciência), não podemos esquecer que se trata de uma construção humana e, como tal, está em contínuas transformações. Se somado a isso, os desenvolvimentos científicos e tecnológicos podem

desencadear rápidas e significativas mudanças nas relações humanas, nas dinâmicas sociais, na economia e no meio ambiente, dentre outros fatores. “É hoje indefensável, na educação básica, o desenvolvimento de um ensino de Física organizado exclusivamente a partir de seu formalismo”, conforme Shivani et al. (2020). Logo livros e materiais didáticos, devem procurar novas formas de abordagens de conteúdo, pois não é mais cabível um conteúdo desconectado com a realidade, o ensino de física já não é mais centralizado para a formação de cientistas.

Os livros didáticos de física foram se modificando, saindo de uma física clássica e muitas vezes objetiva, dotada de uma sequência longa de exercícios que só procuravam a repetição de atividades matemático-operacionais de modo que não estabelecia uma relação da física com a de maneira contextualizada, que conforme o foco, sua estrutura didática, apesar de preservar alguns temas chaves, havia uma tendência trazer uma física mais voltada para vestibulares e ENEM, que de fato ocasionava uma divergência quase que integralmente entre os livros de física, que muitas vezes maximizam o exercícios e minimizam o conteúdo.

Tabela 02 - Análise de Livros Didáticos com respeito a FMC.

Livro	Autores	Vol.	Editora	Nº de Capítulos	Nº de páginas de FMC	Nº de páginas de Exercícios	Espaço destina do no Livro	Observações
Física - 2ª ed. 2005	Sampaio e Calçada	Único	Atual	3	22	3	4,4%	Aborda temas relacionados a quântica, Relatividade e física de Partículas
Universo da Física - 2ª ed. 2005	José Luiz Sampaio; Caio Sergio Calçada	3	Atual	2	24	5	5%	Aborda temas relacionados a quântica e Relatividade
As Faces da Física - 3ª ed. 2006	Wilson Carron; Osvaldo Guimarães	Único	Moderna	4	44	12	6%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade, física nuclear, física de partículas e cosmologia
Os Fundamentos da Física 3 - 4ª ed. 2007	Ramalho Nicolau Toledo	3	Moderna	3	59	23	12%	Aborda temas relacionados a quântica, Relatividade e física de partículas
Os Alicerces da Física - 14ª ed. 2007	Carlos kazuhito Fuke	3	Saraiva	3	29	12	8,7%	Aborda temas relacionados a quântica, Relatividade e física de Partículas
Física Ensino Médio - 1ª ed. 2008	Antônio Maximo; Beatriz Alvarenga	3	Scipione	1	6	-	1,6%	Contem textos relacionados a física moderna
Física Geral - 2ª ed. 2011	Roque Matias Andre Fratteezi	unico	Harbra	1	22	6	2,7%	Aborda temas relacionados a quântica e relatividade
Física Clássica 3 – Eletricidade e Física Moderna - 1ª ed. 2012	Caio Sérgio Calçada; José Luiz Sampaio	3	Atual	3	74	21	15,4%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade, física nuclear e física nuclear

Física 3 Eletromagnetismo Física Moderna - 2ª ed. 2013	Bonjorno Clinton; Eduardo Prado Casemiro	3	FTD	3	73	9	25%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade e física nuclear
Ser Protagonista – Física Ens. Médio - 2ª ed. 2013	Obra Coletiva	3	SM	2	19	4	17%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade e astronomia
Física 3 - 1ª ed. 2014	Guimarães Piqueira Carron	3	Átila	3	88	13	30%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade, física nuclear e cosmologia
Física em Contextos 3 - 1ª ed. 2016	Maurício Pietrocolo; Alexandre Pogibin Renata de Andrade Talita Raquel Romero	3	Editora Brasil	3	100	13	35,8%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade e física partículas
Física 3 Eletromagnetismo Física Moderna - 2ª ed. 2016	Bonjorno Clinton; Eduardo Prado Casemiro	3	FTD	3	54	12	21,1%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade e física nuclear
Física Ciência e Tecnologia Eletromagnetismo Física Moderna - 4ª ed. 2016	Carlos Magno A. Torres Nicolau Gilberto Ferraro Paulo A. de T. Soares Paulo Cesar M. Penteado	3	Moderna	3	70	11	25%	Aborda temas relacionados a quântica, relatividade e física nuclear
Ser Protagonista Física 3 - 3ª ed. 2016	Obra Coletiva	3	SM	2	65	17	24,1%	Aborda temas relacionados a quântica e Relatividade
Física 3 Interação e tecnologia - 2ª ed. 2016	Aurelio Toscano	3	Leya	4	20	6	9,5%	Aborda temas relacionados a quântica e física de partículas
Física 3 para o ensino Médio Eletricidade e Física Moderna - 4ª ed. 2017	Kazuhito Fuke	3	Saraiva	3	51	7	18,2%	Aborda temas relacionados a quântica, Relatividade e Física de partículas
Física Contexto e Aplicações - 2ª ed. 2017	Antonio Maximo; Beatriz Alvarenga; Carla Guimarães	3	Scipione	3	23	2	8,6%	Aborda temas relacionados a Relatividade
Compreendendo a Física Eletromagnetismo e Física Moderna - 3ª ed. 2017	Alberto Gaspar	3	Ática	3	62	4	22,6%	Aborda temas relacionados a quântica, Relatividade e física de Partículas
Física 3 - Eletricidade Física Moderna - 3ª ed. 2017	Gualter Newton Helou	3	Saraiva	2	30	7	10,6%	Aborda temas relacionados a Quântica e Relatividade
Ser Protagonista – Ciências da Natureza e	Obra Coletiva	-	SM	2	19	4	12,2%	Aborda temas relacionados a quântica e física de partículas

suas Tecnologias - 1ª ed. 2020								
Ciências da Natureza – ciência, Tecnologia e Cidadania - 1ª ed. 2020	Leandro Godoy Rosana Maria Dell’Agnolo Wolney C. Melo	-	FTD	2	18	6	11,5%	Aborda temas relacionados a quântica e relatividade

Fonte: O próprio autor

Como o livro didático, detém uma importante presença em qualquer processo educacional, foi realizado este um breve levantamento, conforme mostra a Tabela 02, foi analisado cerca de 22 livros didáticos, onde os mesmos correspondem aos de período de 2005 a 2020, não consecutivamente, organizados de forma cronológica, do mais antigo, para o mais recente, de modo a identificar os livros de mesmos autores e anos diferentes, estes foram destacados com a mesmas cores, os que não estão destacados com nenhuma cor, correspondem a autores sem outros volumes encontrado para comparação neste trabalho.

No intuito de compreender a organização e possíveis mudanças ocorridas ao longo do tempo, com aquilo que alguns autores citam, como a “nova física” e colocado pela própria PNLD, que corresponderia ao conteúdo da FMC, foi feita uma análise, focada em avaliar como está distribuído tal conteúdo e traçar um comparativo entre autores.

Levando em consideração, o número de as páginas indicadas nos índices de cada livro para o conteúdo como um todo, assim como a divisão em capítulos, já para a páginas de exercícios com não havia em vários livros, a indicação nos índices em que páginas se apresentavam, foi realizada a contagem por meio de verificação de folha por folha.

Inicialmente podemos observar que todos, abordam algum tópico de FMC, porém não da mesma forma, não há uniformidade na ordem como os conteúdos estão colocados, assim como a profundidade em cada tema varia bastante, apesar disto com o passar do tempo é perceptível que mesmo abordando mesmos temas, estes começam a ganhar um espaço mais adequado para o desenvolvimento dos mesmos.

Um ponto bastante relevante, é sobre o espaço destinado para abordagem da FMC, nos livros, como já mencionado anteriormente, esse espaço geralmente é muito menor quando comparados com os demais conteúdos, podemos observar que os livros até 2011, apresentam de fato um espaço ínfimo reservado, o que corresponderia a pouquíssimas folhas em relação ao total do livro.

Os livros analisados nos anos posteriores houve uma crescente mudança na maioria, fica mais evidente ao compararmos livros de mesmo autores, destacados com a mesma cor, como exemplo temos que os autores Calçada & Sampaio, entre seus livros de volume 3, de anos 2005 e 2012, houve um aumento de aproximadamente 10%, no espaço destinado a FMC, os livros de Kazuito & Fuke, dos anos de 2007 e 2017, ocorreu de maneira similar o aumento de espaço voltado ao conteúdo, assim como em Maximo & Alvarenga, que aparece um acréscimo mínimo, porém no livro de 2008, não há um conteúdo estruturado de FMC, ao contrário do livro de 2017, que de fato ocorre a inclusão dos conteúdos.

Os mais recentes, correspondentes ao ano de 2020, já não trazem somente o conteúdo específico de física, mas tentando atender as atuais propostas de reformulação de currículo, trazem os conteúdos de maneira multidisciplinar.

Em um dos livros revisados, este tenta trazer todas as disciplinas de maneira integrada, o que pode ser notado é que, esta reformulação levou sintetização de certos conteúdos, como pode se observar no livro “ser protagonista”, na edição de 2013 tinha um espaço de equivalente a 17% do livro, em 2016 em nova edição, o espaço aumentou para 24%, já em 2020 com a reformulação, o espaço diminuiu para 12%, o que corresponderia a aproximadamente 19 páginas, inclusive exercícios, para abordar alguns assuntos de quântica e física de partículas.

O que nos leva a reflexão, se o que está sendo trago nos livros didáticos, é um conteúdo condizente, em termos de abordagem temática e exploração do mesmo? Estes de atendem as expectativas do professor?.

Estes espaços destinados, leva-se em consideração as páginas destinadas aos exercícios na contagem, que conseqüentemente, se formos excluir estas, o espaço destinado aos conteúdos se torna visivelmente menor, como podemos notar, Aurélio & Toscano (2016), Matias & Fratuzzi (2011), destinam páginas de exercícios quase que proporcionais ao de conteúdo, e o que já seria um espaço mínimo para a FMC, torna-se ainda menor.

Em geral podemos observar que os livros a partir de 2012, começam a se articular, trazendo conteúdos de FMC, mais organizados e reservando um espaço que acaba por ser quase que crescente, em anos posteriores, porém ainda assim é perceptível a desproporcionalidade imponente em relação as demais áreas da física.

CAPÍTULO 2

REVISÃO TEÓRICA DA FÍSICA

Ao falar na física tentamos descrever tudo a nossa volta em uma linguagem, que nos permita entender e explicar o mundo, de maneira mais simples e única, por meio de leis, postulados e simbolismos, ao ponto de sermos capazes de explicar e muitas vezes reproduzir certos fenômenos ou até mesmo manipula-los, apesar de nem sempre ser possível disto ocorrer, por isso que através desta ciência, onde esta, apesar de possuir fundamentos sólidos, construídos ao longo da história, ela detém de uma dinamicidade, onde conceitos são reconstruídos, ideias são melhoradas e adaptadas, conseqüentemente estudar física é admitir antes de tudo que é uma ciência inacabada, que a cada dia novos alicerces surgem, ampliando seus limites e implicações.

“Cada pedaço ou parte do todo da natureza é sempre uma mera aproximação da verdade completa, ou da verdade completa até aonde a conhecemos. de fato de tudo que conhecemos é apenas algum tipo de aproximação, pois sabemos que não conhecemos todas as leis ainda, portanto, as coisas devem ser aprendidas apenas para serem desaprendidas de novo ou mais provavelmente, para serem corrigidas.” (Feynman, 2017, p.34)

A evolução dos conceitos físicos atuais, estão centrados em dois pilares, a relatividade geral e a mecânica quântica, que possibilitaram, uma verdadeira reestruturação de antigos conceitos, mediante determinadas condições fenomenológicas, e levantamento de novos, que impactaram de forma relevante, o entendimento sobre a natureza que se tinha até então.

Apesar de Einstein ter sido o responsável por abalar a comunidade científica da época, trazendo estes temas em seus trabalhos, o que o deram grande notoriedade, não podemos desconsiderar, que anteriormente diversas outras pessoas, contribuíram significativamente, direta e indiretamente, para a formação e estabelecimento destes pilares. Como conseqüências da relatividade e da mecânica que ressoou, de tal maneira, que possibilita ainda hoje, grandes avanços no desenvolvimento tecnológico, e no campo científico, proporcionando inúmeras descobertas.

“O primeiro artigo, o único considerado revolucionário pelo próprio Einstein, intitulado *“Sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da luz”*, tratava de Física Quântica. Einstein, portanto,

contribuiu decisivamente para o estabelecimento das **duas** colunas sobre as quais se assenta a Física contemporânea: a Teoria da Relatividade e a Física Quântica.” (Dionísio, 2005, p.148)

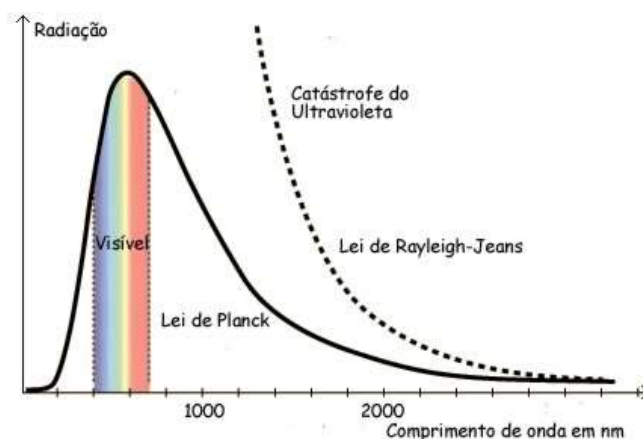
2.1 Princípios da Mecânica Quântica

A teoria quântica surge no início do século XX, e com ela um frente de novos fenômenos, cujas explicações, não eram satisfeitas pela física clássica, ela começa tomar forma com os estudos desenvolvidos, pelo físico alemão Max Planck, considerando o pai da teoria quântica, sobre a radiação do corpo negro, problema onde se procurava entender, como se dava a distribuição de energia em função do comprimento de onda de um corpo aquecido que emitia radiação, assim como um ferro aquecido, que conforme aumenta-se a temperatura, o mesmo começa a emitir luz, cuja cor também se altera conforme a temperatura.

Diversos modelos surgiram para tentar explicar, surgiram Stefan e Wien, que obtiveram resultados satisfatórios, concentrado se na formulação de uma relação entre a radiação e a temperatura, proposta, construída experimentalmente, colocada como a lei de Stefan, a intensidade de radiação, ou seja, a potência emitida por um corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura, já Rayleigh-jeans, propõe uma expressão, que possa ser obtido dados da destruição de densidade de energia, mas de todo modo, estes não foram capazes de explicar tal fenômeno.

Todos os modelos de destruição de densidade energia, indicavam que para frequências altas, a distribuição de energia era infinita, o que estava em total desacordo com a realidade, os resultados obtidos desta inconsistência, foi chamado de Catástrofe do Ultravioleta.

Figura 1 - Radiação x Comprimento Onda



Fonte: https://lief.if.ufrgs.br/pub/cref/n25_Alvorenga/corpo_negro.htm

Planck propõe uma solução que estavam em acordo com dados experimentais, porém que contrariava a visão clássica da época, onde a absorção da energia dos osciladores elementares se davam de maneira contínua, na contramão disto, a hipótese de Planck, seria de que a absorção ocorreria de forma discreta de energia, assumindo certos valores múltiplos inteiros e proporcional a frequência dos osciladores elementares.

“Classicamente, as de ondas eletromagnéticas no interior da cavidade são produzidas por cargas elétricas nas paredes, que vibram como osciladores harmônicos simples. [...] a radiação emitida por um oscilador harmônico tem a mesma frequência que o próprio oscilador.

[...]era preciso supor que a energia das cargas oscilantes, e portanto da radiação emitida, era uma variável discreta, isto é, uma variável capaz de assumir os valores $0, \mathcal{E}, 2\mathcal{E}, \dots, n\mathcal{E}$, onde n é um número inteiro. Além disso era necessário supor que $\mathcal{E}$ era proporcional a frequência dos osciladores e portanto a frequência de radiação”. (Tipler, 2001, p.85)

Consequentemente supôs que a energia era dada pela relação:

$$E = nhf \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

Onde, $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (Constante de Planck)

“A luz se comportava as vezes, como se toda a sua energia estivesse concentrada em pequenos pacotes discretos, que ele denominou os quanta de luz.”, conforme Halliday,

(1995, p.151), logo o resultados de seus esforços, encaminhavam-se para uma física, que nem o próprio Planck compreendia e nem aceitava, pois ele mesmo afirma: “posso caracterizar todo o processo como um ato de desespero, já que, por natureza, sou pacato e avesso a aventuras duvidosas”, segundo Apud Tipler (2001, p.86), porem seriam de vital importância, para o trabalho de Einstein posteriormente.

2.2 Efeito Fotoelétrico

A explicação do efeito fotoelétrico foi o que conferiu a Einstein, o prêmio Nobel de física, porem os estudos acerca do tema, já vinha sido desenvolvidos a algum tempo, efeito o qual resumisse na ejeção de elétrons de um alguns tipos de metais, ao serem expostas a radiação, claro que compreender tal fenômeno, exige-se conhecer demais aspectos envolvidos neste processo.

“O fenômeno do efeito fotoelétrico consiste na liberação de elétrons pela superfície de um metal, após absorção da energia proveniente da radiação eletromagnética incidente sobre ele, de tal modo que a energia total da radiação é parcialmente transformada em energia cinética dos elétrons expelidos.”
(Caruso e Oguri, 2006, p.332)

Diversos autores, tais como Halliday (1995), Tipler (2001), Zemansky (2008), Caruso (2006), de que a primeira observação do efeito fotoelétrico foi feita, por Hertz, ao acaso, o que não seria de surpreender, já que a maioria das grandes descobertas científicas, aconteceram, sem se esperar por elas, em 1887, os trabalhos de Hertz voltados para as ondas eletromagnéticas, validaram a natureza ondulatória da luz, o que proporcionou a concretização da teorias de Maxwell.

Em seu experimento, Hertz produzia sinais de ondas eletromagnéticas e com outro equipamento tentava detecta-las, por meio de um circuito, que gerava descargas elétricas, entre eletrodos, logo utilizando-se deste transmissor de sinais, em um de seus testes percebeu, que que a luz, proveniente do transmissor, quando não incidia sobre os eletrodos do receptor de sinal, tinha que diminuir a distância entre eles, para que pudesse continuar captando o sinal emitido pelo transmissor.

Mesmo assumindo que Hertz foi supostamente o primeiro a observar o fenômeno, outros cientistas anteriores a ele, haviam levantado evidências da ocorrência do mesmo fenômeno, como o físico russo Alexander Stoletov, em 1872, que montou um aparato experimental, que consistia de eletrodos isolados eletricamente entre eles, mas ligados a uma bateria, estes inseridos em frasco de vidro, ao ser exposto pela luz de uma lâmpada de mercúrio, ocasionou o surgimento de uma corrente elétrica na bateria.

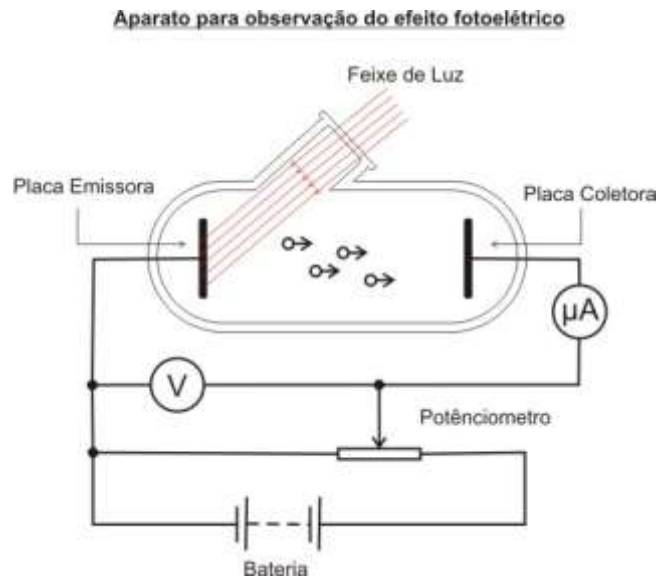
Algum tempo depois, Thomson, mais precisamente em 1899, com base em Hertz, realizou experimentos que confirmaram que as partículas emitidas de uma placa metálica, quando exposta a algum tipo de radiação era as mesmas, dos experimentos com raios catódicos, confirmando que se tratavam de elétrons.

Porém, foi com Philipp Von Lenard, que tal fenômeno ganhou novos rumos de entendimento, a partir de experimentos com tubos catódicos, um pouco diferente do utilizado Thomson, a quem auxiliava, percebeu em seus experimentos que ao incidir radiação ultravioleta, havia liberação de elétrons, que por sua vez, eram acelerados, pela diferença de potencial entre as placas, segundo o esquema semelhante da figura 2, que formava uma corrente que, podia ser detectada por um outro circuito ligado ao tubo, suas observações avançaram de modo a notar, que havia uma relação entre a intensidade e a corrente, entre outros pontos. Porém a essência do fenômeno, ainda continuava sem uma explicação, como principais contribuições de Lenard, temos:

“Os principais resultados das observações de Lenard podem ser resumidas como:

- A ocorrência da emissão de elétrons não depende da intensidade da luz incidente;
- Havendo a emissão, a corrente é proporcional a intensidade da luz, quando a frequência da luz, quando a frequência e o potencial retardador são mantidos constantes;
- A ocorrência da emissão depende da frequência da luz;
- Para cada metal há um limiar de frequência, abaixo do qual há não há emissão;
- Para uma determinada frequência, o potencial de corte independe da intensidade da luz;
- A energia cinética dos elétrons e o potencial de corte crescem com a frequência da luz.” (Caruso e Oguri, 2006, p.332)

Figura 2 - Efeito fotoelétrico



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EfeitoFotoeletrico_-_Thiago_-_UNIFEI.jpg

Como resultado obteve uma relação que demonstrava que o potencial de corte e energia cinética dos elétrons ejetados, estavam relacionados da seguinte forma:

$$E_{c_{max}} = \frac{1}{2}mv^2 = eV_0 \quad (1)$$

Supreendentemente para a época, não havia uma relação entre a intensidade da luz com o potencial de corte, o que ia em desencontro com a teoria clássica.

Albert Einstein, em 1905 (conhecido como ano miraculoso de Einstein, devido a publicação de cinco artigos que tiveram um grande impacto sobre a comunidade científica da época) entra em cena, apresentando uma explicação para o efeito fotoelétrico, com base nas deduções de Lenard e na teoria de Planck. Inicialmente, Einstein, aplicou a ideia de quantização de energia, assumindo que a luz era constituída de partículas ou *quanta* de energia, que seriam proporcionais a hf , ao haver interação com a matéria, como mostra Tipler (2001):

“Einstein propôs que a quantização de energia usada por Planck nos problemas do corpo negro fosse uma característica universal da luz. Em vez de estar distribuída uniformemente no espaço no qual se propaga, a luz é constituída por quanta isolados de energia hf ”. (Tipler, 2001, p.89)

Quando um quanta, também chamado de fóton, incide sobre superfície de um metal, ele interage com um elétron de modo a toda sua energia ser absorvida pelo elétron, porém para que o elétron seja capaz de se libertar do átomo, ou de um ponto de vista mais geral, se libertar do material, é necessário que a energia absorvida seja equivalente a ϕ , denominado de função trabalho, logo a condição de emissão do elétron do metal é que $hf > \phi$ e a energia cinética segue como:

$$E_{c_{max}} = hf - \phi \quad (2)$$

Vale colocar que o valor da função trabalho varia conforme o metal, conforme pode ser visto na Figura 3, que indica diferentes elementos, com suas respectivas funções trabalho dado em elétron-volt (eV).

Figura 3 - Função trabalho

Tabela 3-1 Funções trabalho de alguns elementos

Elemento	ϕ (eV)
Na	2,28
C	4,81
Cd	4,07
Al	4,08
Ag	4,73
Pt	6,35
Mg	3,68
Ni	5,01
Se	5,11
Pb	4,14

Fonte: Tipler, 2001, p.89

Também foi percebido que mesmo alterando a intensidade da radiação incidente, há a ocorrência do aumento do número de elétrons emitidos, logo aumentado a corrente elétrica, porém os elétrons emitidos só terão energia cinética máxima conforme o potencial de corte, conforme demonstra a relação:

$$eV_0 = \frac{1}{2}mv^2 = hf - \phi \quad (3)$$

Considerando, $V_0 = 0$, temos que:

$$\phi = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad (4)$$

Até então, não havia comprovação de que havia alguma concordância entre o potencial de corte e a frequência da luz, somente uma suposição, colocada por Einstein de que o levantamento gráfico destas grandezas, implicariam em uma relação linear, conforme o material. Milikan realiza sucessivos experimentos, confirmando o valor da constante de Planck, com uma margem de erro extremamente baixa, assim como graficamente comprovou a relação linear de $V_0 \propto f$, consequentemente chegando a idéia de “frequência mínima” ou “comprimento de onda máximo”.

Este aspecto, que de acordo com a teoria clássica, que deveria ocorrer no efeito fotoelétrico é que tal fenômeno ocorreria com luz de qualquer frequência, bastando que fosse suficientemente intensa. Ao contrário do que se imaginava, percebeu-se, que há uma frequência de corte característica, abaixo do qual não há efeito fotoelétrico, qualquer que seja a intensidade da luz. (Halliday, 1995, p.154)

Logo os fótons incidentes, com baixa frequência, consequentemente não têm a energia necessária, para que os elétrons com que eles interajam, consigam ser emitidos do material.

2.3 Semicondutores

As mudanças trazidas pela mecânica quântica, eram inegáveis, uma corrida científica se iniciava com, sequencias de terias sendo desenvolvidas que se utilizavam das ferramentas fornecidas pela quântica, o que levou ao surgimento de novas áreas de pesquisa, dentre várias, a física do estado solido, adquiriu uma grande importância frente aos dias atuais, devido ao fato da vasta aplicabilidade dos conhecimentos, que perpassam de computadores à produção de energia limpa.

Um dos importantes desenvolvimentos tecnológicos dos últimos tempos desta área, foram os semicondutores, como diodos e transistores, formados a partir da dopagem de certos materiais, apesar de uma gama de assuntos possíveis de serem abordados, será dado foco especificamente a estes dois componentes, o led (light emitting diode), e o transistor.

O led é um semicondutor, ou seja, um material dopado, capaz de emitir luz, sua constituição baseia-se na introdução de impurezas, em determinados materiais, de forma controlada, para se obter novas propriedades físicas, proveniente da reorganização eletrônica daquele material, sob certas condições, estes são chamados de semicondutores extrínsecos, mas também há os intrínsecos, semicondutores puros.

Um caso bastante comum trata-se do silício (Si), ele é um dos materiais mais utilizados para a fabricação de componentes eletrônicos atualmente, devido sua abundância na natureza e sua estrutura atômica, que favorece processos de dopagem como arsênio (As) e boro (B), onde a combinação de materiais se dará de modo a fazer com que os elétrons se desloquem entre as camadas eletrônicas deles, mais facilmente ou dificilmente.

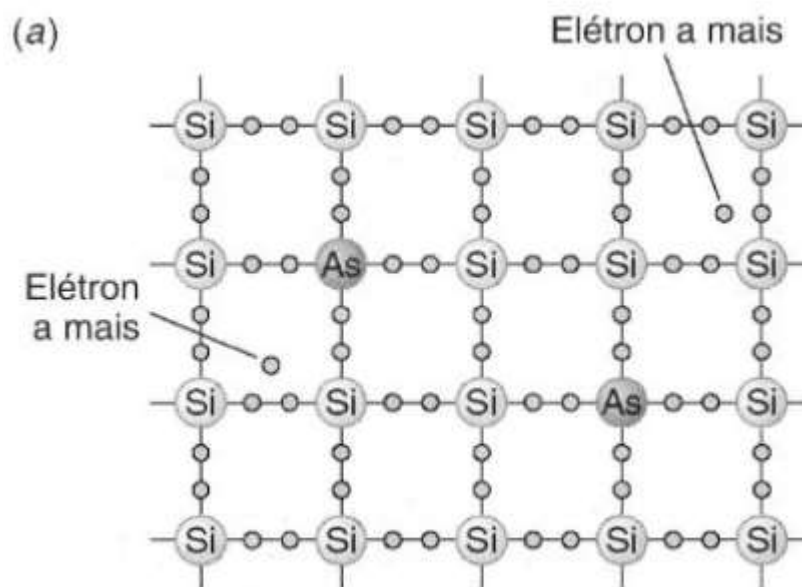
Para entendermos como se dá esta movimentação eletrônica, é necessário olhar para a organização atômica. Em cada átomo, admitisse a presença de camadas eletrônicas, onde permanecem os elétrons, a certa distância do núcleo, onde número de camadas e a quantidade de elétrons comportadas, varia conforme o elemento, por exemplo, o silício, em sua estrutura atômica, tem três camadas eletrônicas, K, L, M, onde na última camada, a chamada camada de valência, que está mais afastada do núcleo e portanto ligado mais fracamente ao átomo como um todo, podem ser encontrados 4 elétrons, enquanto que no Arsênio encontra-se 3 elétrons na camada de valência, logo ao haver ligações covalentes entre seus pares, o elétron que “sobrou”, é facilmente excitado para níveis eletrônicos superiores ou até mesmo se libertar do material em termos de energia, a distribuição eletrônica que ocorre nas orbitas, acontece de maneira a ocupar determinados certos níveis de energia permitidos, impossibilitando assim dos elétrons de ocuparem posições aleatórias e decorrendo assim o conceitos de bandas, onde os elétrons só poderão ocupar bandas permitidas para determinados níveis de energias, desde que estas já não estejam ocupadas, do mesmo modo bandas proibidas separam as permitidas.

A “Largura” da banda proibida determina, se o material será um condutor, isolante ou nosso foco de trabalho, um semiconductor, este tamanho, como mencionado é denominado de gap, em termos energéticos, no caso seria a energia necessária para que o elétron salte para abanda de energia permitida superior, no caso dos semicondutores, estes possuem uma banda proibida entre a banda de valência e de condução de modo que o gap entre elas, tenha tamanho intermediária, entre um condutor e um isolante.

Conforme indica Tipler (2001), os semicondutores funcionam com base em uma junção P-N de semicondutores diferentes, onde o tipo N (negativo), são considerado átomos doadores, estes geralmente com seus elétrons sobrando, quando excitados, saltam com facilidade para a banda de condução, já os do tipo P (positivo), são aceitadores de elétrons, com quantidade inferior em sua camada de valência, por exemplo, a realizar um dopagem entre silício e gálio(Ga), o gálio tem 3 elétrons em sua camada de valência ao

estabelece uma ligação covalente, com os elétrons do Si, que possui 4 elétrons, cria-se um buraco, que se desloca como se fosse, “uma carga de massa positiva, à medida que elétrons sucessivos preenchem o buraco e criam outro”, conforme Eisberg (1979, p.589), como exemplo de semiconductor dopado podemos observar a Figura 4, a qual mostra uma estrutura eletrônica de um semiconductor de silício, dopado com arsênio, que inseri um elétron livre na estrutura.

Figura 4 - Semiconductor Dopado



Fonte: Tipler, 2001, p.309

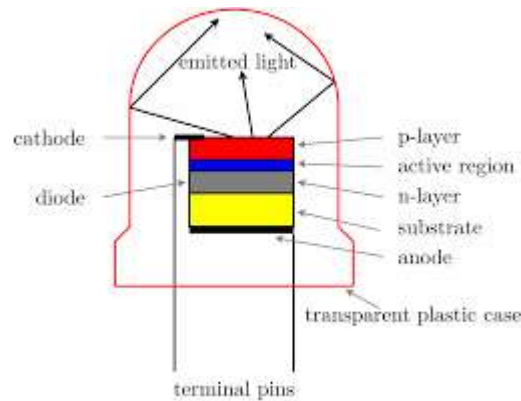
Em um semiconductor P-N, como a quantidade de buraco-elétron é diferente, na presença de um campo elétrico, a movimentação destes ocorre de modo a se recombinarem, deixando na junção de contato, a formação da região de depleção, aonde acabam por restar poucos elétrons e buracos, fazendo com que se torne um espaço de alta resistência.

Este mesmo processo ocorre no led, porem a emissão de energia luminosa, ocorre devido aos elétrons da banda de condução, caírem para a banda de valência, nesta ocasião há emissão de um fóton com comprimento de onda na região do visível.

O diodo emissor de luz, é um semiconductor formado por uma junção P-N, como pode ser visto na Figura 5, onde sua estrutura, que está organizada em camadas, de modo que os terminais ligados as camadas estabelecem um campo elétrico, para que se tenha um efeito como esse semiconductor chamado de recombinação, que ocorre quando um

elétron da banda de condução decai para banda de valência, devido a presença de uma lacuna neste último.

Figura 5 - Estrutura Led



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LED_Device.jpg

O potencial elétrico mínimo V_0 , para que tenhamos corrente elétrica é chamado de Potencial de Corte. Como o Led apresenta eletroluminescência, o mesmo emitirá fótons quando houver corrente elétrica em seu interior e a energia de cada um destes fótons será dada por:

$$E_{\text{fóton}} = h\nu \quad (5)$$

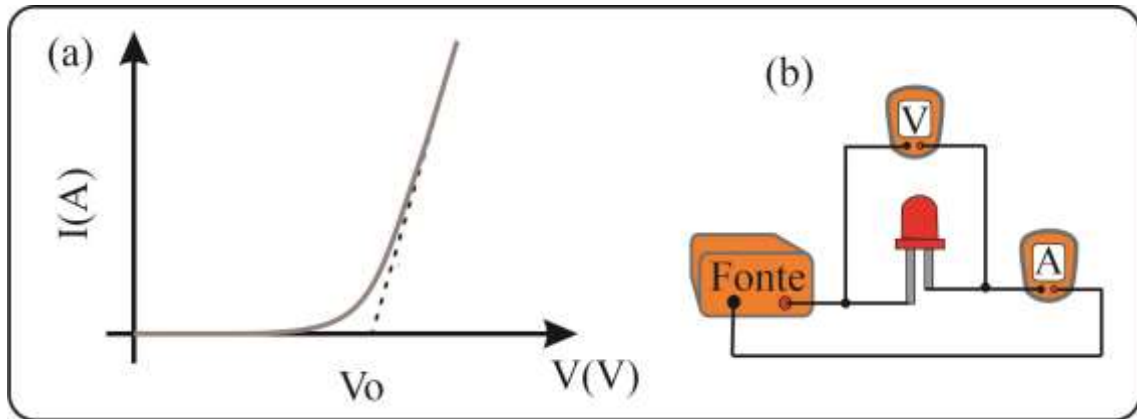
Onde h , trata-se da Constante de Planck e ν a frequência dos fótons emitidos. A Equação (4) é colocada de forma sintetizada da Teoria de Planck, que remete-se a absorção ou emissão de pacotes de energia discretas de valores múltiplos.

Associando as Equações (1) e (5), como resultado, temos uma relação em que podemos obter a constante de Planck:

$$h = \frac{eV_0}{\nu} \quad (6)$$

O valor V_0 , é obtido pela curva característica da corrente elétrica (I) em função da Diferença de Potencial (V) aplicada a um semiconductor conforme a Figura 6 (a) para uma montagem do circuito, onde pode-se medir a corrente e a tensão em um LED na Figura 6 (b) (CORRÊA, ARTHURY, 2002).

Figura 6 - Curva característica da corrente elétrica $I \times V$



Fonte: O próprio autor

2.3.1 Transistor

Uma das maiores criações, do século XX, fruto dos novos conceitos físicos que estavam surgindo, impulsionou inúmeros projetos, e transformou os dispositivos eletrônicos. Surgiu em 1947 e foi incorporado aos mais diversos sistemas eletrônicos e segundo Bueno et al (2007), “o transistor é uma tecnologia que faz parte da física moderna e contemporânea (FMC) e seu funcionamento é explicado pelos conceitos da física quântica e da física do estado sólido”.

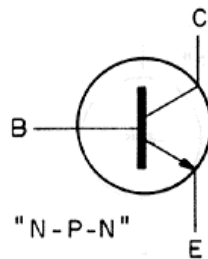
É um componente eletrônico com funcionamento similar física do diodo, porém este é constituído de duas junções, onde cada semicondutor, tem uma grau de dopagem diferente, com três terminais, a B (base), C (Coletor) e E (emissor) no nosso caso, o modelo utilizado é o de encapsulamento metálico T03, de alta potência, NPN, na Figura 7, podemos observar a parte interna com dois terminais, correspondentes as a base e ao emissor, e a própria carcaça metálica utilizada como coletor, neste modelo de transistor, na Figura 8, corresponde a simbologia utilizada geralmente em circuitos eletrônicos.

Figura 7 - Transistor com célula de silício exposta



Fonte: O próprio autor

Figura 8 - Representação simbólica



Fonte: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/Transistor_de_potencia.gif

Da mesma maneira que o diodo led, sua estrutura é composta de um semiconductor dopado, porem a utilizaremos somente a parte P (positiva) – N (negativa), que corresponde ao coletor e a base, que neste caso ser exposto a luz, faz com elétrons na banda de valência saltem para a banda de condução, como afirma Silva et al. (2004):

“Quando uma junção for iluminada por uma radiação (luz) de energia $h\nu$, elétrons da banda de valência podem ser excitados para a banda de condução, deixando um buraco (portador de carga positiva) na banda de valência. Este sistema é conhecido como par elétron-buraco. Quando a iluminação é retirada, ocorre a recombinação do par elétron-buraco, com os elétrons excitados retornando para a banda de valência.” (Silva et al., 2004, p.380)

Onde podemos compreender como um efeito fotoelétrico interno entre bandas, assim como cita Lima et al. (2020), que aponta que fenômenos deste tipo, onde a incidência de luz sobre uma junção P-N, provocam o chamado de efeito fotovoltaico, que

pode ser visto como efeito fotoelétrico, por gerar um par elétron-buraco pela absorção de um fóton.

Apesar do seu uso versátil do transistor, que integra diversos circuitos, com várias funcionalidades, para este projeto, seu uso se dará de forma mais simples. Assim como em outros trabalhos geralmente voltados para placa solar, utilizaremos especificamente a célula de silício-boro, na parte interna, de forma semelhante, porém o intuito é transforma-lo em parte integrante de um circuito, que funcionara como sensor.

CAPÍTULO 3

FUNDAMENTAÇÃO PEDAGÓGICA

Neste capítulo, abordaremos os fundamentos pedagógicos utilizados neste trabalho, que propiciou a organização de aplicação do o produto e a construção da aula como um todo, partindo das ideias de Paulo Freire, proposta pedagógica, a qual amplamente utilizada em diferentes áreas de educação, que transpõem e resignifica o papel do aluno, do professor e do entendimento sobre a ação educacional e do colocado por Delizoicov, que baseado em elementos da pedagogia Freiriana, estabelece um caminho a ser seguido, para que haja uma exploração do conhecimento científico e uma estruturação de maior significado para o aluno.

3.1 Pedagogia Freiriana

O estabelecimento de uma linha pedagógica de desenvolvimento de uma atividade educacional, não é novidade, pelo contrário, diversos documentos que servem como guia, para instituições escolares e docentes já trazem elementos pontuais ou contextualizados, de diferentes praticas pedagógicas, as quais ao longo de alguma ação educativa, visam estimular diferentes aspectos, seja da aula, do aluno e/ou no processo de aprendizagem.

Integrar uma proposta pedagógica a um plano de aula requer do proponente, conciliar objetivos que deseja alcançar abordando determinado assunto, percorrendo um caminho pedagógico, que muitas vezes, oferece em sua ideia, algo que não condiz com aquilo que se deseja trabalhar com ou para o aluno.

Por isso, uma opção de abordagem de conteúdo, que se mostra bastante significativo e rico dentro do processo ensino-aprendizagem, é a atividade experimental, que desempenha um papel importante no entendimento de diversos temas, pois permite a investigação, o aluno lidar com teoria e prática, propor e confrontar teorias, desenvolver habilidades, explorar materiais e métodos, tornando assim, o aprendizado mais construtivo e a ciência vivencial.

“Como professor devo saber que sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino. Exercer a minha curiosidade de forma correta é um direito que tenho como gente e a que corresponde o dever de lutar por ele, o direito à curiosidade.” (Freire, 1996, p.52)

Considerar as teorias de Paulo Freire é sair de um tradicionalismo, que nos obriga a permanecer em uma zona cômoda ao professor, porém que traz pouquíssimos benefícios aos educacionais aos alunos, zona esta que não necessariamente foi escolhida pelo professor adentrar e/ou permanecer, mas muitas vezes conduzidas a ela, aderir a esta pedagogia, é refletir sobre a didática usada, e repensar constantemente a prática docente.

“Estimular a pergunta, a reflexão crítica sobre a própria pergunta, o que se pode pretender com esta ou com aquela pergunta em lugar da passividade em face das explicações discursivas do professor, espécies de respostas a perguntas que não foram feitas.” (Freire, 1996, p.52)

Cabe ao professor trazer elementos do dia a dia do seu aluno, para que o conteúdo faça sentido dentro de sua vida, conduzi-lo a se questionar, e a sua própria realidade, procurar suas próprias respostas diante um desafio, de instigá-lo ao conflito de ideias e refletir a partir do embate do conhecimento formal e aquilo que já conhece por experiência de vida e descobrir que o saber é uma construção contínua.

Tão logo, apesar das diversas circunstâncias de dificuldade educacional em que se encontra o professor, atualmente dispõe-se de variados instrumentos que possibilitam, elaborar uma aula diferente, que seja capaz de motivar o aluno, de transformar uma aula de conhecimento muitas vezes imposta, em uma busca curiosa pelo conhecimento.

Como tal a utilização de softwares ou ainda mais práticos, aplicativos de celular, que por sua vez são bem mais acessíveis e populares quando comparados a computadores,

devido a facilidade de transporte e desempenho destas ferramentas computacionais dependendo da atividade a ser desenvolvida.

Dentre diversas pedagogias, atualmente empregadas, no ensino não somente no ensino de ciências, mas também em outras áreas de conhecimento, a Freiriana, talvez seja com maior ascendência e destaque, não é à toa que é o patrono da educação brasileira, Paulo Freire, doutor em educação, a qual dedicou-se na luta a favor da alfabetização de jovens e adultos, que posteriormente inspirou a criação do Plano Nacional de Alfabetização (PNA).

Sua dedicação a educação lhe trouxe reconhecimento internacional, fruto da publicação de quase 40 livros publicados e desenvolvimento de uma metodologia considerada inovadora, que tira o professor do papel central da aula e traz para uma reflexão constante de sua práxis pedagógica, procurou conferir ao aluno o papel central da ação educativa, o que culminou em um projeto exitoso de alfabetização, conhecido “as 40 h de Angicos”, “Trezentos homens eram alfabetizados em Angicos em menos de 40 horas.

Não só alfabetizados. Trezentos homens se conscientizavam e se alfabetizavam em Angicos. Trezentos homens aprendiam a ler e a escrever, e discutiam problemas brasileiros”, conforme o Projeto Memória (1996, p.54), o que lhe conferiu de universidades brasileiras e internacionais, diversos títulos de honoris causa.

Partindo do princípio de educar baseado na realidade do educando, trazendo problemas sociais, para serem discutidos, em um círculo de cultura, onde aluno tem seu espaço de fala, partindo de problemáticas que estimulavam a criticidade, dentro deste processo trazia-se elementos locais, que tivessem um significado real, ao invés de palavras e imagens de objetos totalmente desconhecidos para as pessoas, que não traria nenhum significado.

“Visualizemos um professor que, ao invés de se colocar diante de seus alunos com uma cartilha já toda escrita e trazida de longe, e com uma aula “pronta”, comece a trabalhar com os outros “participantes do círculo” a partir de um material de estudo – as palavras geradoras – como um primeiro momento de sua alfabetização

[...] Um cenário do “trabalho de aprender” onde ninguém ensina a ninguém, mas todos aprendem uns com os outros e todos entre todos.” (Projeto Memória, 2005, p.57)

Apesar de aparentemente não haver relação direta ou contribuições com o ensino de ciências, especificamente para a física, suas obras, como pedagogia do oprimido, pedagogia da autonomia, entre outras, transformam e ampliam a concepção do ato de ensinar, da relação professor-aluno, na construção do conhecimento e transformação da realidade, a partir da educação, assim atuando como agente didático que pode ser aplicada sobre diferentes conteúdos, este pensamento ganhou tal proporção, que catalisou a produção de inúmeros trabalhos, sob esta perspectiva Freiriana.

Neste panorama Freiriano o exercício da docência, sai de um transmissor de informações, descentralizar o professor única fonte de conhecimento, passa do centro da ação educativa e passa estar inserido no processo, que tanto ensina quanto aprende, pois ambos os atos são concebidos em conjunto, como nos fala Freire (1996, p.12), “não há docência sem discência, as duas se explicam e seus sujeitos, apesar das diferenças que os conotam, não se reduzem à condição de objeto, um do outro. Quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender. Quem ensina, ensina alguma coisa a alguém”.

Freire nos mostra, que ensinar é uma busca constante de novos conhecimentos, uma necessidade de estar resignificando saberes e ir além na busca de outros, que enriqueçam e complementem, o que é ensinado, ensinar é uma reflexão não somente sobre a atuação em sala, mas do que é trago para aula e quase que naturalmente o processo de ensinar leva o professor a necessidade de pesquisar e de se indagar. (Freire,1996)

“Ensinar não é transferir conhecimento”, Freire (1996, p.27), o ensino deve favorecer o estudante, de modo a construir habilidades, instigar o questionamento diante de dificuldades, dúvidas ou não compreensão, promover de forma dialógica a aprendizagem, ensinar não é simplesmente emitir informações a esmo.

Como vemos a utilização de ferramentas matemáticas, fórmulas físicas, geralmente abordadas mecanicamente e de maneira repetitiva na expectativa de que o aluno simplesmente absorva o conteúdo, mas exige uma metodologia e planejamento para transpor o conhecimento científico, em algo explícito e concreto.

“Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção. Quando entro em uma sala de aula devo estar sendo um ser aberto a indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos, a suas inibições, um ser crítico e inquiridor, inquieto em face da tarefa que tenho - a ele ensinar e não a de transferir conhecimento. ”
(FREIRE, 1996, p.27)

Um elemento importantíssimo no ato de educar para freire, que o professor deve procura estimular, é a curiosidade. Montar uma estratégia que desperte a curiosidade, pode ser conduzir os alunos a motivação de observar, sondar, pesquisar, para isso trazer o foco da aula para a realização de um experimento, teste ou até mesmo uma problemática, que os impactem, pode leva-los ao engajamento de se perguntarem o “por que? O que aconteceu?”, ao ponto de até de formularem hipóteses.

“A curiosidade como inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo, como pergunta verbalizada ou não, como procura de esclarecimento, como sinal de atenção que sugere e alerta faz parte integrante do fenômeno vital. Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fazemos. ” (FREIRE, 1996, p.18)

Cabe ao professor, propor sair da rotina de sequencias de aulas expositiva, que muitas vezes silenciam os alunos, por atitudes ou falas que inferiorizam as dúvidas, “colocando como se assunto fosse simples demais” ou então atribuindo dificuldades, a algo de series anteriores, até ridicularizando erros, não é fácil para o professor se reformular pedagogicamente, podemos colocar como uma verdadeira quebra de paradigma, porem para alcançar um ensino mais participativo e questionador.

“Se há uma prática exemplar como negação da experiência formadora é a que dificulta ou inibe a curiosidade do educando e, em consequência, a do educador. É que o educador que, entregue a procedimentos autoritários ou paternalistas que impedem ou dificultam o exercício da curiosidade do educando, termina por igualmente tolher sua própria curiosidade. ” (FREIRE, 1996, p. 51)

Logo, trazer para o ensino de física, elementos desta pedagogia, que se propõe, é incentivar a construção coletiva do saber, através da fala dos estudantes, é trazer a participação do indivíduo para atividade desenvolvida e conduzi-los, estabelecendo uma mediação entre erros e acertos, para que então eles possam elaborar suas argumentações, indo no sentido oposto do medo de errar, logo induzindo-os a perceberem a necessidade de serem protagonistas no processo educacional de si próprios.

3.2 Delizoicov e os 3 (três) MP's

Apesar de freire contextualizar uma nova abordagem na forma de ensino, sugerindo que professor e aluno, desenvolvam uma relação educacional conjunta, de forma que o aluno exponha suas opiniões democraticamente, além de insistindo na constante formação de professores, porém ainda é necessário uma reflexão mais profunda sobre formas metodológicas que possa ser aplicadas no ensino de ciências, que se tornou a muito uma problemática relevante, para pesquisadores e docentes na área de ensino de ciências, “como ensinar?”, pois diversos temas, não são simples de serem abordados exigem propostas mais elaboradas, do que somente abrir o livro ou escrever, sequências de fórmulas a serem decoradas.

Para o ensino de ciências, há vários pontos a serem considerados, elementos que não podem ser meramente descartados, quando se trata de “como e o que ensinar”, apesar de haver diversas críticas ao uso contínuo e de se centralizar o foco das aulas em tais elementos como simbologia, formalismo matemático, fórmulas, memorização de leis, resolução de exercícios e entre outros.

É necessário estabelecer uma forma de ensino que traga a física a ser explorada em seu sentido amplo, sem desconsiderar o conhecimento vulgar trago pelos alunos, este por sua vez proveniente de sua vivencia diária de diversas situações, como cita Rego (2018, p.8), “A educação informal é um processo contínuo, por meio do qual cada pessoa adquire e acumula naturalmente saberes e habilidades, a partir das experiências diárias e da sua exposição ao meio envolvente, é assim um processo permanente e não organizado”.

Como proposta Delizoicov propõe uma dinâmica de abordagem voltada para estabelecer uma relação entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos científicos, voltada em três momentos pedagógicos (3mps).

“Problematização Inicial – Apresenta-se situações reais que os alunos conhecem e presenciam e que estão envolvidas no temas, embora também exijam, para interpreta-las, a introdução dos conhecimentos contidos nas teorias científicas. Organiza-se esse momento de tal modo que os alunos sejam desafiados a expor o que estão pensando sobre as situações.

Organização do Conhecimento – os conhecimentos selecionados como necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são sistematicamente estudados neste momento, sob orientação do professor as mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa

desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas.

Aplicação do Conhecimento – Destina-se, sobretudo, a abordar sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto a situações iniciais que determinaram seu estudo como outras situações que, embora não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.” (Delizoicov, Angotti e Marta, 2018, p.155 -157)

Estes MPs, norteia o professor na construção da aula, indo em conformidade com as ideias de freire, que ressalta a importância da fala do aluno, de se aguçar a curiosidade que conduz ao questionamento, a contextualização de problemas e o papel do professor com intermediador do processo educacional

Autores como, Moreira (2012), com base na teoria da aprendizagem de Ausubel, explana sobre a importância dos conhecimentos prévios, porém aqueles que de fato possam contribuir para a aquisição de novas ideias, que se dá pela interação entre o conhecimento pré existentes e o conhecimento formal.

“...aprendizagem significativa decorre da interação não-arbitrária e não-literal de novos conhecimentos com conhecimentos prévios (subsunçores) especificamente relevantes. Através de sucessivas interações um dado subsunçor vai, progressivamente, adquirindo novos significados, vai ficando mais rico, mais refinado, mais diferenciado, e mais capaz de servir de ancoradouro para novas aprendizagens significativas. ” (Moreira, 2012)

No primeiro momento, a problematização sintetiza, esta relação problema e conhecimentos prévios, a partir destes, deve estabelecer haver um estabelecimento de uma discussão de possíveis estabelecimentos de hipóteses, logo o professor assume uma posição mais questionadora, onde não é qualquer tipo de questão que é proposta, mais tais devem ser provocativas, e que se baseiem na “leitura de mundo” do educando, é ideiam é mobiliza-los, com questões da realidade que os cerca e que se concilie com o objeto de estudo, estimulando o aluno de construir conclusões que necessitem de mais elaborações.

“Portanto, dizer que o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem significativa de novos conhecimentos não significa dizer que é sempre uma variável facilitadora. Normalmente sim, mas pode, em alguns casos, ser bloqueadora. ” (Moreira, 2012, p.19)

O estabelecimento de uma problematização, que atuará como gatilho iniciador da aula é um dos cernes, do que coloca Delizoicov, como tal trazer um problema que estabeleça uma relação entre o tema proposto e afete o indivíduo, de modo a incomodá-lo, levando a indagação, não é um ato simples!

Mediar este processo que conduzirá a especulações, hipóteses ou a respostas objetivas ou até mesmo ao silêncio do medo de errar, requer incentivo e provocação por parte do professor de modo a libertar a iniciativa do aluno de expor suas ideias.

O segundo momento, volta-se para o confronto de conhecimentos, é necessário a introdução de conceitos formais, que foram construídos ao longo da história da ciências, por diversas mãos, logo a problematização, apresentam questões que direcionam, as idéias do aluno para chegar mais próximo da temática abordada, neste mesmo processo aquelas ideias iniciais, passem a ter uma ressignificação e/ou a construção de novos, é importante que o professor deve procurar meios de organizar estes conhecimentos, para que haja uma superação das concepções ingênuas, por meio da imersão no conhecimento científico.

“Este conhecimento prevalente do educando estaria sendo apreendido com a finalidade de se promover um distanciamento crítico, para aplicá-lo em várias outras situações também do cotidiano, procurando as suas possíveis consistências, contradições, limitações. Denominamos este momento de "Estudo da Realidade", no sentido em que tanto a situação significativa, como a(s) interpretação (ões) que o aluno dá, constituem uma realidade ou leitura desta.

[...] Se organizaria, então, didaticamente e de forma problematizadora o conteúdo de estudo da unidade, relacionado e aplicado à situação significativa envolvida no tema gerador. Denominamos este momento de "Estudo Científico", no sentido em que nele seriam abordados os paradigmas científicos.” (Delizoicov,1991, p.183)

Fechando esta dinâmica de aula, o terceiro momento, trata-se da aplicação do conhecimento, que talvez se coloque como o de maior dificuldade ao professor, requer uma execução que converse com as etapas anteriores, ao mesmo passo de levar aos alunos a usar aquilo que foi trabalhado, para isto, o uso de ferramentas que auxiliam nesta etapa, tem papel de destaque, como o uso de experimentos, dispositivos, disponibilização de

dados, observação de fenômenos, entre os mais diversos possíveis, que favoreçam a interpretação e argumentação de maneira consciente.

No sentido destas propostas, a elaboração desta sequência didática, foi pensada de modo a trazer, diversos elementos experimentais, que facilitem as etapas do desenvolvimento educacional, onde procurou-se trazer uma participação ativa do educando, incentivando análise descritiva e quantitativa das atividades, mantendo o entendimento pedagógico destes, com breves adaptações que possam promover de maneira mais sensível a ruptura de conhecimentos informais mantendo o professor com agente intermediário ao longo deste processo.

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

Conforme foco desta dissertação, neste capítulo será descrito a construção do aparato experimental, apelidado pelos alunos de “caixa de energia”, assim como a elaboração da sequência didática, aplicação e o contexto escolar, com a qual foi deparada na construção deste projeto. Atendendo assim os requisitos, exigidos pelo MNPEF-SBF, no desenvolvimento deste trabalho.

A ideia inicial deste produto é a introdução do conteúdo de efeito fotoelétrico, a partir do uso de atividades experimentais, elaboradas de modo que seja uma opção de utilização do professor, mas que conduzam os estudantes a verificação e exploração científica, com base pedagógica de referência de Paulo freire, aplicação dos 3 momentos pedagógicos de Delizoicov.

Esta proposta de sequência, não deve ser entendida como fechada, no sentido seguir obrigatoriamente os passos realizados, pelo contrário, o potencial do aparato construído, da margem para discussão de diversos assuntos de FMC, e não somente voltado para o efeito fotoelétrico, tanto em aspecto qualitativo quanto quantitativo.

Este fora aplicado em duas escolas estaduais de ensino médio, a primeira, em Natal, cidade mais populosa e capital do estado do RN, na escola estadual Professor Varela barca, localizada na rua Serra de Botucatu, S/N, para uma turma de 2ª série e a segunda no município de Fernando Pedroza, a escola estadual Professora Francisca Alves da Silva, para uma turma de 3ª serie, na rua Vereador Joao Salviano Sobrinho, N 157, situado a uma distância aproximada de 165 km da capital, onde no último levantamento

do IBGE, constava uma população aproximada de 3000 habitantes, logo a um total de 33 estudantes. (IBGE, Censo Demográfico 2010 - <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/fernando-pedroza/panorama>)

De antemão é importante contextualizar, em que cenário aconteceu o desenvolvimento deste trabalho, que impôs uma série de restrições e cuidados para a sociedade como um todo e agindo como obstáculo, especificamente na aplicação deste produto.

A pandemia de Sars covid-19, tivemos um grande impacto sobre a educação pública, não somente no estado do RN, mas no país como um todo, onde se faz necessário a tomada de decisões, como a suspensão das aulas escolares, sendo inicialmente interrompidas as atividades presenciais, no dia 29 de maio de 2020, com o decreto de nº 29.725 do estado do RN, apesar de tentativas de migração de parte do ensino médio, para um sistema online e até adoção de um sistema híbrido.

A rede educacional não se adaptou como deveria, por diferentes problemas anteriormente existentes e novos que surgiram, como o não acesso e a qualidade do acesso à internet dos alunos mais carentes, uma estrutura que desse suporte técnico aos professores para transmissões, formações para compreensão do sistema EAD, além da falta de planejamento escolar como um todo, como resultado o sistema educacional passou aproximadamente 2 anos, quase que totalmente parado e as poucas escolas que estavam online, não havendo um acompanhamento adequado dos alunos ou, como tal, o déficit causado na formação destes jovens, pode ser percebido, no diagnóstico da turma e na descrição do cenário escolar.

4.1. Diagnóstico de Turma

Em ambas as escolas, foi disponibilizado um turno quase que inteiro, com as turmas, dando tempo hábil para realização da atividade experimental e do dos testes, que no total, levaria em torno de 3 horas de aula, que aparentemente, parece ser um tempo longo e cansativo, para se trabalhar um mesmo assunto, mas ocorreu o oposto, vale-se salientar que um espaço de dias maior não foi disponibilizado, por estar ocorrendo de retorno das aulas, com 100% dos alunos.

A organização interna escolar ainda necessitava de ajustes, porém ainda assim, foi favorável em termos de quantidade de alunos para participação, pois neste mesmo período ainda havia escolas que ainda tentavam realizar as adaptações necessárias para o

retorno das aulas presenciais e outras em que estava havendo baixo comparecimento dos alunos, que não correspondiam as estimativas esperadas.

O plano de aulas seguiu foi organizado conforme o quadro abaixo.

Tabela 3 - Plano de organização da aula

Planejamento Aplicação de produto Educacional – Efeito Fotoelétrico			
Sequência de atividades	Tempo Estimado	Comentários	MP Delizoicov
Apresentação e explicação das atividades	~ 5 min.	Momento inicial, se dará com breve apresentação e apresentação do que ocorrerá de maneira geral ao longo da aula.	
Pré-teste	~ 15 min.	Aplicação de formulário com perguntas objetivas e dissertativas para se obter um diagnóstico sobre turma, avaliar os ideias iniciais, conhecimentos prévios, sobre o tema e avaliar de maneira comparativa após uso do produto educacional	Problematização Inicial
Problematização, levantamento de hipóteses e socialização	~20 min.	Será levantada situações problemas, para que os alunos possam debater entre si e levantar possíveis ou explicações	
Experimento Demonstrativo	~10 min.	Demonstração com lâmpadas coloridas de cores vermelha e negra, para ampliar as noções sobre a luz.	Organização do Conhecimento
Vídeo	~10 min.	Será apresentado um breve vídeo sobre o tema. https://www.youtube.com/watch?v=kjZE	
Explanação sobre o tema	~30 min.	Aula expositiva, de modo a introduzir conhecimentos formais e organizar em conformidade com as colocações dos alunos.	
Uso de simulador e demonstração	~10 min.	Será utilizado o simulador PHET, para que possamos visualizar demonstrar as ideias até o momento discutidas	Aplicação do Conhecimento
Utilização do aparato experimental	~50min.	Este dividido em duas partes, uma qualitativa e outra quantitativa, onde os alunos poderão testar o efeito da luz - energia	
Discussão final sobre o tema	~20min.	Sintetização do que foi trabalhado ao longo da aula.	
Encerramento e Pós teste	~20min.	Aplicação de formulário	

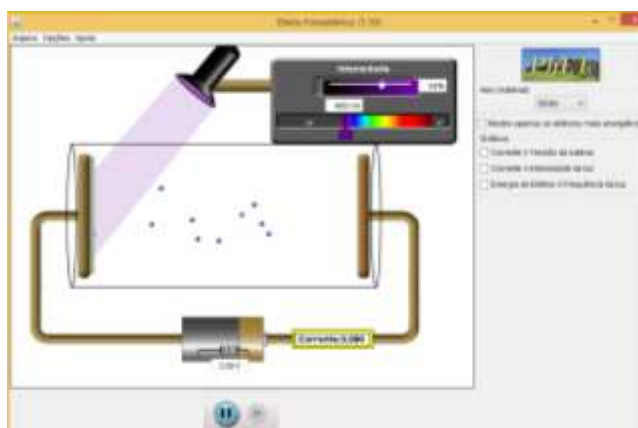
Fonte: O próprio autor

4.2. Simulador PhET

Simuladores como os desenvolvidos por pesquisadores na universidade do colorado, por meio do projeto PhET (Physics Educacional Technology), ganharam notoriedade na educação por ser uma ferramenta de auxílio na discussão de temas que detêm de algum grau de abstração, como temas de FMC, que demandam de uma necessidade de visualização, para que seja esclarecido, o mecanismo de certos fenômenos, de que interações acontecem, seu funcionamento ou origem, não há necessidade de se conhecer programação, o que facilita o usuário a utilização, sendo necessário possuir acesso a internet por meio de algum dispositivo eletrônico.

O site do PhET disponibiliza simulações de diversos fenômenos e experimentos, de forma gratuita, para ser acessado online ou para realização de download, entre eles um de efeito fotoelétrico, conforme mostra a Figura 9, foi conveniente na inserção deste na sequencia didática, o próprio permite alterar alguns parâmetros, como intensidade da luz e frequência da radiação, o que permite uma exploração de diversos aspectos deste fenômeno.

Figura 9 - Simulador de efeito fotoelétrico - PhET



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR

A utilização do simulador se deu de maneira demonstrativa, apesar disto tentou-se explorar ao máximo junto aos alunos de ambas as escolas, a medida parâmetros iam sendo alterados pedia-se a descrição do que estava acontecendo, ao que mesmo levanta-se questionamentos sobre caso alterado outro parâmetro o que poderia acontecer, nestes

moldes foi se levantando características do fenômeno simulado que aparecia, junto a turma.

4.3. Construção da “Caixa de Energia”

Muitas escolas não dispõem de um espaço laboratorial, para a realização de atividades desta natureza, assim como também materiais ou equipamentos que favoreçam o professor a elaboração de tais atividades, mesmo que em sala, e quando as escolas dispõem de espaço e material, outros fatores impossibilitam a utilização destes, que por sua vez, torna limitados o número de escola e de professores que de fato utiliza-se de experimentos em suas aulas.

A aquisição de equipamentos, kit's educacionais, ferramentas, dispõem de um custo, comumente inacessível ao professor, e dificilmente adquirido pelas instituições escolares, neste sentido, como alternativa para o professor, a utilização de materiais reaproveitados, pode ser visto como oportuno, para a montagem de experimentos em potencial, de diferentes assuntos da física.

Mas a utilização destes torna a ciência mais palpável, onde movimento de descoberta, verificação, deixa de ser uma mera ilustração e leva o aluno a formulação de teorias e indagações, que instiga-o, a respostas mais concretas, de modo que o saber científico tenha um real significado.

Em nosso caso, toda elaboração da proposta experimental, assim como o próprio experimento construído, foi pensado de modo que pudesse ajudar o docente a abordar temas de maior grau de abstração, tornando os mais visíveis e compatível com a realidade.

Proporcionado a exploração de múltiplas habilidades e a inclusão de diferentes tipos de conhecimentos, dentro do processo experimental como um todo, porém cabe a ressalva, que tais expectativas, dependem também de uma metodologia que norteiem adequadamente os objetivos pretendidos.

Como tal, as metodologias de Freire e Delizoicov, alinham-se adequadamente, com este produto educacional, por vislumbrarem de idéias, que estimulam o aluno a ter uma postura mais ativa na construção do saber, assim como tentar trazer o conhecimento escolar para mais próximo dele, dentro de um entender contextualizado e tangível.

Para a montagem do nosso dispositivo foi utilizado os seguintes materiais: Caixa de mdf, potenciômetro rotativo de 100 k Ω , resistores de carbono 220 Ω (2 W), resistores

de carbono 100 Ω (2 W), percebamos que os resistores são de uma potência mais elevada que o usual, devido a corrente que passará no circuito ser mais alta, o que pode ocasionar aos resistores de queimarem, caso seja colocado uma potência dos mesmos inferior ao indicada, led 7 mm, placa fenolite ilhada, as dimensões utilizadas geralmente variam conforme a habilidade de soldagem e o esquema do circuito na placa, neste caso foi utilizado uma placa de dimensões 10x15 cm, que ao ser cortada, foi possível a construção de vários circuitos, mini voltímetro digital, de faixa de operação DC 0 - 30 v, Tip 41c, multímetro (amperímetro) simples, bornes, conector p/ fonte, fonte tensão 12v x 1A, Chave gangorra de 2 e 3 posições, Fiação, Seletor de 3 posições ou mais, que podem sem ser adquiridos de máquinas de lavar ou ventiladores descartados, Transistor T03-2n3716 (México), Indicador carga ka2284, este é um modelo de placa compatível com o arduino, apesar de ser possível a construção de um indicador de carga de menor custo, porem para não aumentar a complexidade do circuito optou-se por adquirir este módulo e um diodo zener de 3v (volts).

Podemos observar os materiais utilizados nas Figuras 11 e 15, este tipo de material pode ser facilmente identificado em sucatas de eletrônicos, assim como estão disponíveis os esquemas dos circuitos elaborados, que são passíveis de adaptações nas Figuras 12 e 16, por futuros usuários.

Para facilitar a compreensão destes, nas Figuras 13 e 14, pode ser os esquemas de maneira descritiva e lúdica, indicando as diferentes partes e a funcionalidade, como por exemplo, o multímetro digital utilizado é composto de 3 fios, dois correspondem a alimentação do mesmo e o terceiro é o sensor, que realizara a medição, mas de maneira geral funciona similarmente a um multímetro convencional.

Os materiais indicado na tabela, são facilmente adquiridos no comercio de componentes eletrônicos, ou ainda a maior parte deles podem ser removidos de equipamentos elétricos descartados por algum problema, como fontes de computadores, nobreaks entre outros, vale a ressalva que a utilização da caixa de mdf, pode ser substituída por qualquer outro, local de armazenamento ou conforme a montagem e os objetivos de uso, pode se deixar o circuito exposto, tomando os devidos cuidados, para evitar eventual acidente ou dano ao dispositivo.

Na construção do dispositivo se levou em consideração que tivesse a capacidade de abordar diferentes temas da física e de outras ciências, exercendo assim seu uso de maneira transdisciplinar, caso seja o objetivo do professor, que aderir ao uso, como também pudesse ser utilizado em qualquer espaço que dispusesse de uma tomada, pois

existem alguns projetos semelhantes, dentre várias diferenças, em sua maioria são alimentados por baterias ou fontes de tensão de uso laboratorial de energia, restringindo a utilização deste tipo de circuito.

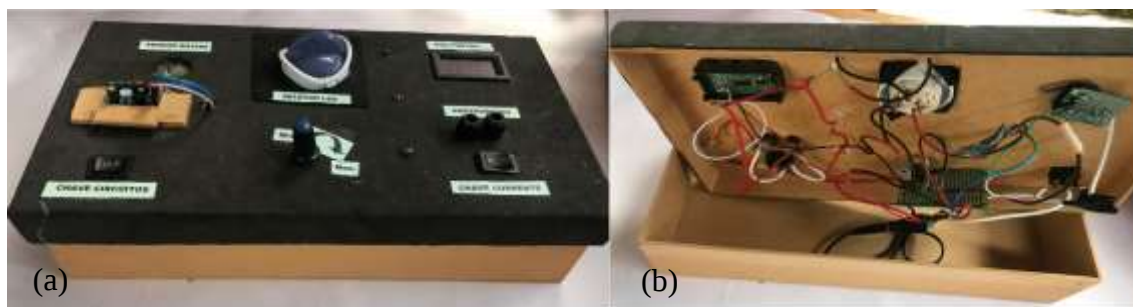
Logo, este dispositivo, é colocado como ferramenta de auxílio de ensino ao professor de alguns temas da física, que podem ser abordados de forma mais construtiva e explorativa.

Pois, as diferentes partes que constituem o mecanismo, permiti que os usuários, manuseiem os led's, sensor e a parte elétrica, de modo a explorar aspectos qualitativos e quantitativos.

Todo o circuito foi colocado dentro de uma caixa de mdf de dimensões 8 cm x 15 cm x 28 cm, e a montagem de todos os itens a serem manuseados pelo usuário, foi colocado sobre a tampa, a qual foi cortada de modo a encaixa-los e separados em lados diferentes para facilitar a compreensão de funcionamento e sua utilização.

Deste modo caso haja algum mal funcionamento do circuito, basta levantar a tampa, para realizar o conserto necessário, como pode ser visto na figura 10, todo circuito está fixado logo abaixo da tampa, na parte superior, este foi revestido com EVA de cor preta, para que visualmente, ficasse melhor disposto os componentes de uso.

Figura 10 – (a) parte superior do dispositivo (b) parte interna do dispositivo



Fonte: O próprio autor

Os circuitos construídos, são ligados por um interruptor central, que não são alimentados ao mesmo tempo, mas conforme a posição do interruptor, uma chave gangorra de 3 posições, a fonte elétrica pode ser utilizada foi uma carregador 12v, como já citado, para que não houvesse, problemas com relação a descarregamento.

Pode ser encontrado na literatura trabalhos semelhantes, porém com menos aspectos funcionais e geralmente realizados com protoboards e baterias, de maneira mais simples em termos de montagem de circuito, porem são menos práticos, mais suscetíveis

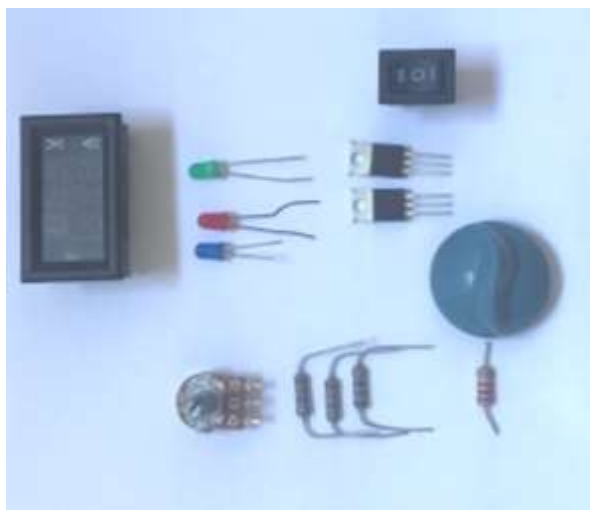
a erros de medições, com tempo limitado de uso conforme o descarregamento da bateria, entre outros pontos, que acabam por vezes por limitar a exploração do tema.

Enquanto que o dispositivo aqui em questão, além de não deter de tais problemas, dispõem de várias funções e pode ser incorporada a diferentes formas de abordagem do assunto a ser explorado.

Como tal, foi colocado na elaboração deste, 3 led's de cores diferentes, com o intuito de poder diferentes medições e compará-las, conforme o objetivo de sua utilização, assim como uma faixa de alimentação deles ampla o suficiente para a realização de diferentes valores e medidas.

Não é intuito deste trabalho que o usuário se prenda a sequência didática proposta, para a utilização do dispositivo, já que o potencial do mesmo é muito maior, do que se é colocado aqui.

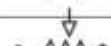
Figura 11 - Materiais do circuito 1



Fonte: O próprio autor

Conforme a Tabela 4 mostra, podemos identificar, cada componente eletrônico utilizado nos esquemas dos circuitos.

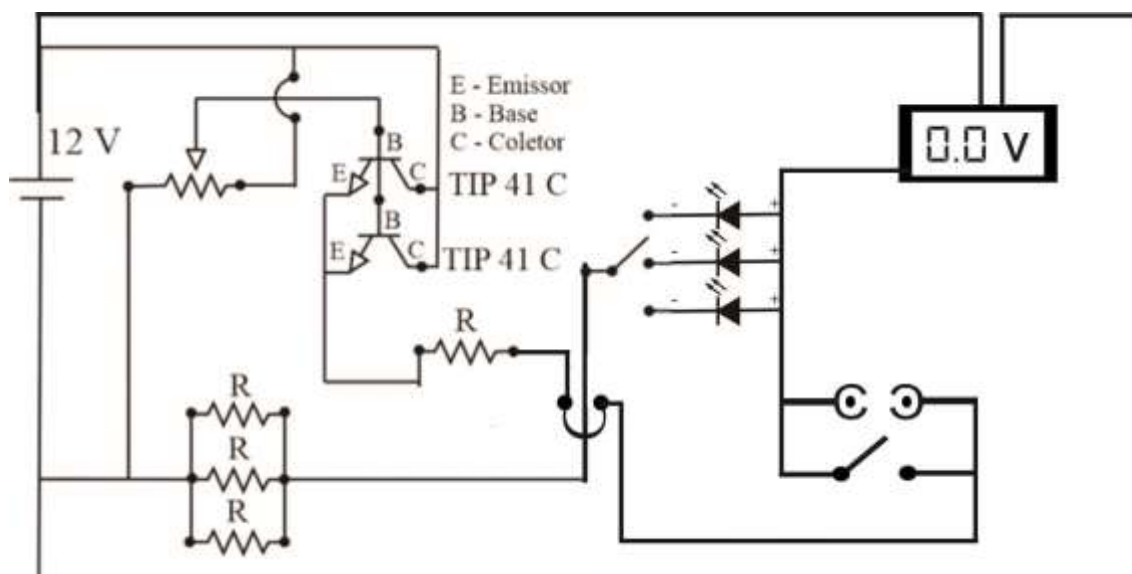
Tabela 4 - Simbologia dos componentes eletrônicos

símbolo	descrição
	resistor
	fonte de tensão
	chave liga-desliga
	bornes
	led
	diodo zener
	potenciômetro
	transistor NPN tip
	transistor de potência T03

Fonte: O próprio autor

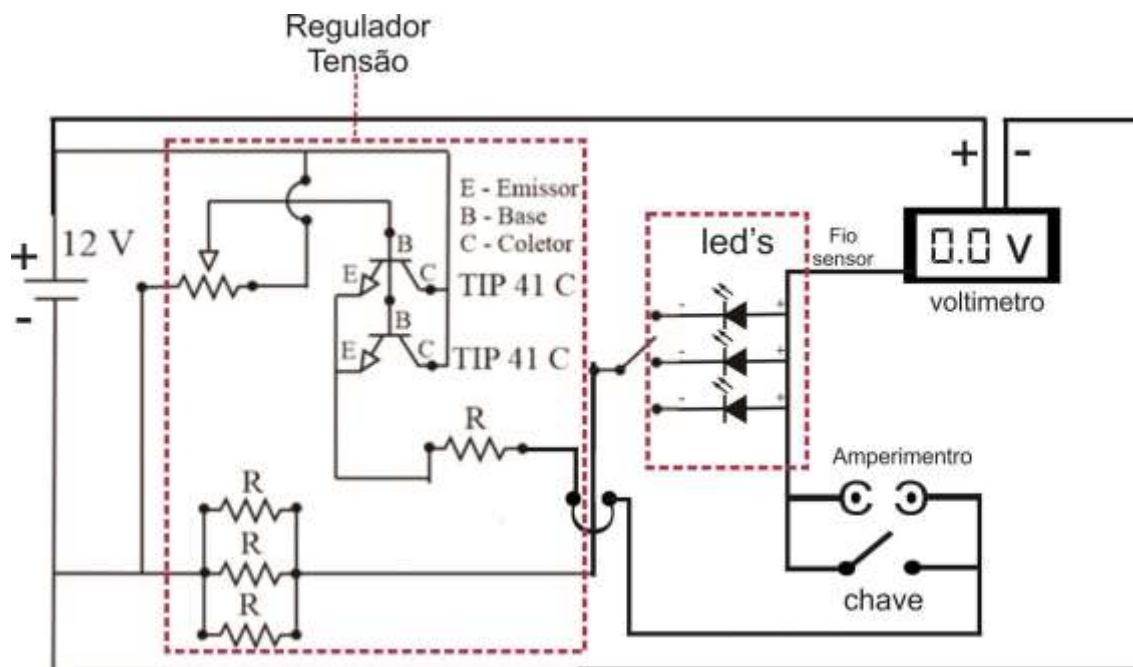
Abaixo podemos ver os esquemas do circuito eletrônico 1, montado para medir a constante de Planck.

Figura 12 - Esquema do circuito 1



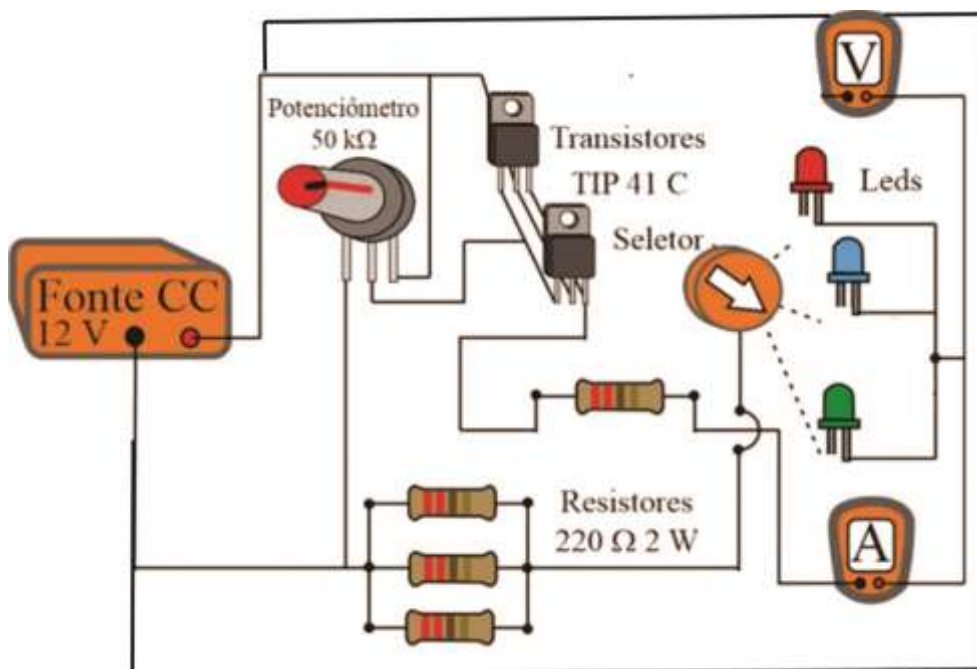
Fonte: O próprio autor

Figura 13 - Esquema do circuito 1 explicado



Fonte: O próprio autor

Figura 14 - Diagrama ilustrativo do circuito 1



Fonte: O próprio autor

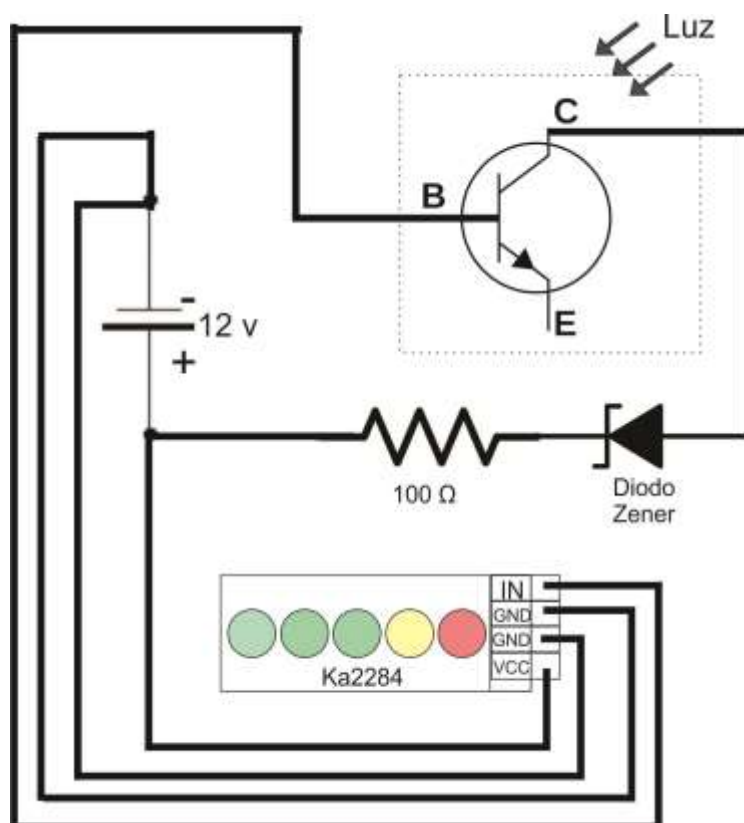
Figura 15 - Componentes eletrônicos do circuito 2



Fonte: O próprio autor

Esquema do circuito eletrônico do circuito abaixo na Figura 16, a região pontilhada, é onde a célula do transistor está exposta a luz, é importante observar a ligação dos componentes, pois como pode ser visto o terminal emissor do transistor não é utilizada.

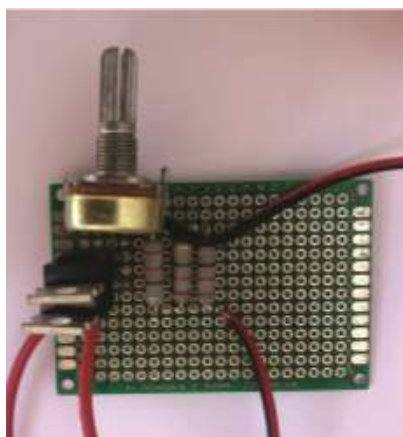
Figura 16 - Esquema do circuito 2



Fonte: O próprio autor

No mercado há algumas opções de equipamentos, que funcionam de maneira similar, a este desenvolvido, porem a “caixa de energia”, ainda assim tem um custo razoavelmente menor em comparação com os demais, além de dispor de funcionalidade a mais, como por exemplo, o regulador de tensão proposto da Figura 17, como pode ser visto já montado na placa de fenolite, tem uma escala de precisão maior do que alguns oferecidos comercialmente, podemos verificar tensões abaixo de 1 v, enquanto que os encontrados em loja, com valores acessíveis, porém ainda maior do que o gasto para montar este, apresentam tensão mínima em torno de 3 v, o que não seria apropriado para o experimento aqui proposto.

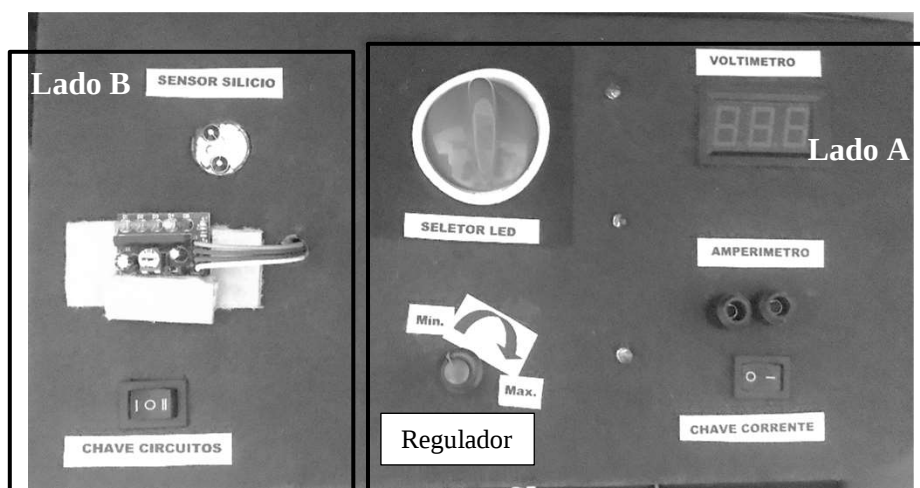
Figura 17 - Regulador de tensão montado



Fonte: O próprio autor

A caixa de energia é constituída de 2(duas) partes, designados Lado A e B, em destaque, conforme a figura 18, o mesmo acompanha pilhas com um suporte adaptado e 2 led's, de cor vermelha e outro infravermelho, que não emite radiação visível, a escolha destes foi proposital, devido a sensibilidade da célula de silício para os diferentes tipos de radiação e intensidade, porem este podem ser facilmente substituíveis, por qualquer controle remoto, que possua o emissor infravermelho e se pode fazer uso da lâmpada do celular, por exemplo, para observar efeitos.

Figura 18 - Aparato experimental - Caixa de energia



Fonte: O próprio autor

Trata-se de um dispositivo capaz de estimar a constante de Planck, por meio da obtenção e análise de dados, conforme a equação 6 e de explorar a ideia do efeito fotocondutividade e fotoelétrico, através de um circuito simulador.

No lado A, se encontra, devidamente indicado na Figura 18, se encontra a sequência de led's, dos quais terão os valores de tensão que estarão submetidos aferidos, os mesmos estão ligados ao seletor, para que o estudante possa escolher, por qual deseja começar, além disto será ligado, de modo que em um único equipamento medirmos a corrente em função da tensão, indicado no voltímetro, para cada led utilizado.

Logo, o estudante poderá obter a constante de Planck ou um valor razoavelmente próximo, independente do led utilizado, e comparar os valores obtidos em cada um, ou a frequência de emissão, neste último caso de posse da Constante de Planck e utilizando a Equação 05 de modo a encontrar a frequência de emissão do led.

A tensão pode ser obtida a partir da visualização do voltímetro instalado, onde seus valores já são indicados em volts (V), enquanto que a corrente pode ser inserido um multímetro nos terminais indicados pelo nome, Amperímetro (A), conforme indicado na Figura 18, a variação de tensão no led se dá pelo ajuste do potenciômetro do regulador de tensão, este montado de modo que se tenha um grau de precisão, até melhor do que os encontrados comercialmente.

A “Chave corrente”, permite você inserir ou não um amperímetro, para medição de corrente elétrica que passa pelo led selecionado, de posse destes valores, o professor ainda tem a opção de explorar tanto a matemática dos cálculos envolvidos, quanto a construção, interpretação e análise de gráfica, que continua sendo um grave problema

presente dentro e fora de sala de aula, a não apropriação da linguagem e ferramentas que a matemática nos disponibiliza, tais dificuldades persistem por diferentes níveis educacionais.

No lado B, temos um simulador montado a partir de célula de silício, que tem uma grande sensibilidade a intensidade luminosa e a certas frequências, comumente é utilizado em experimentos de energia solar, por ser mais sensível a frequências próximo ao vermelho.

Estas células são encontradas geralmente em transistores, porém deve ser atentado que, células de maiores dimensões, são encontrados com mais facilidades em transistores t03, de encapsulamento metálico, preferencialmente fabricados pela Motorola ou ON, pois diga-se de passagem, que os mais vendidos e fáceis de serem encontrados são marcas similares que quando abertos, as dimensões são mínimas, além de vir com resina por cima da celular que acaba por dificultar o seu uso experimental, este componente eletrônico pode ser facilmente encontrado em nobreaks e equipamentos de áudio, ligados a dissipadores de calor.

No caso do dispositivo em questão, ao acionar o lado pela “chave circuitos”, o circuito é ativo, o silício exposto está ligado ao indicador de carga, que possui uma sensibilidade ajustável, sendo assim, quando exposto a variadas intensidades de luz ou frequências diferentes, que foi o caso deste trabalho, podemos visualizar que a quantidade de luz que ligada no indicador será diferente, podendo estabelecer assim uma relação e favorecendo uma discussão do efeito da luz sobre o semicondutor.

Para a montagem dos circuitos de modo geral, não requer conhecimento profundo em eletrônica, mesmo com uma noção básica em eletricidade é suficiente para que se possa fazer a construção do aparato, parte da montagem foi feita em placa de fenolite ilhada, por já ser sem pronta, ou mesmo a construção em protobord não soldado, para utilização de modo a somente realizar o encaixe dos componentes, de acordo com o esquema dos circuitos das Figuras 12 e 16, o tamanho adquirido da placa, foi suficiente para ser dividida, de modo a fazer em um único dispositivo 3 circuitos dependendo do como o seletor está conectado a um dos led's.

Parte deste produto educacional será publicado em um capítulo de livro editado pelo Polo 9 do MNPEF – UFERSA, já aceito e aguardando publicação pela Editora Livraria da Física.

CAPITULO 5

APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1. Primeiros Momentos

A primeira aplicação da sequência didática, proposta neste trabalho, foi na Escola Estadual Prof. Varela Barca em Natal – RN. A turma disponibilizada da 2ª série A do ensino médio (EM), do turno matutino, a mesma pode ser vista na Figura 19, que mostra a turma respondendo o pré teste, como pode ser visto também, não se encontrava a totalidade dos alunos, como as aulas presenciais, haviam retornando recentemente, a frequência da turma, ainda estava baixa, no caso a aula foi ministrada para 18 alunos, no dia 4 de outubro de 2021.

Inicialmente o horário cedido seria de 7:30 as 11:30, com um intervalo de 30 min., obtendo assim 3h e 30min. De tempo de aula, porem devido a imprevistos, não houve fornecimento de merenda para a escola neste dia, o que ocasionou a direção tomar a decisão, de suspender as aulas a partir das 9:30, mesmo ocorrendo este infortúnio, a programação foi mantida, na expectativa de introduzir o conteúdo e confiante de que houvesse um envolvimento da turma com tema.

A sala não possuía uma estrutura física adequada, apresentando alguns problemas na rede elétrica, a própria escola não dispunha de laboratório, logo os alunos não tinham aulas de laboratório e dificilmente havia algum experimento no decorrer das aulas.

Como mencionado devido o recente retorno os alunos tiveram uma quantidade mínima de aulas de física online, que de fato era acompanhado por poucos, inicialmente a turma apresentava uma certa nostalgia com o retorno a rotina escolar, ao decorrer da aula foi perceptível o impacto, do afastamento escolar, na vida destes

O início se deu com apresentação e explicação da atividade, e na sequencia aplicação do pré teste, se faz importante citar, para avaliar posteriormente seus conhecimento prévios sobre o tema e traçar um diagnóstico da turma, o que causou espanto, pois a maioria das resposta, era de desconhecimento total sobre o tema, apesar de que demonstra, o empobrecimento intelectual, devido a ausência escolar.

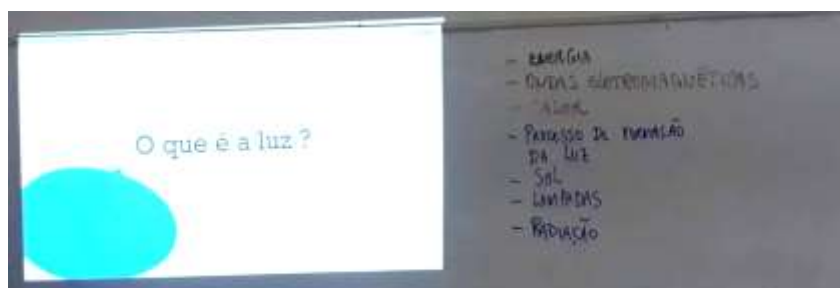
Figura 19 – Momento do Pré tese dos alunos da E. E. P. V. B.



Fonte: O próprio autor

Levando em como objetivo estabelecer uma dialogicidade levantar discussões foi estabelecido uma problemática para a aula, “*o que é a luz?*” para que os alunos pudessem trazer suas opiniões, achismos ou hipóteses, à medida que os mesmos iam falando, independente do que falassem, suas falas eram escritas, para que pudéssemos aprofundar a discussão, conforme consta na Figura 20, com base nelas, fazendo subsequentes questionamentos.

Figura 20 - Resposta dos alunos da problematização inicial da E.E.P.V.B.



Fonte: O próprio autor

Mesmo com tempo reduzido, foi se seguindo a metodologia freiriana, valorizando as falas, tentando deixar de lado o medo de errar, construindo uma aula participativa e como o tema se relacionava com nossa realidade, suas falas trouxeram, que suas ideias sobre a luz estava basicamente relacionado com sentido de energia elétrica

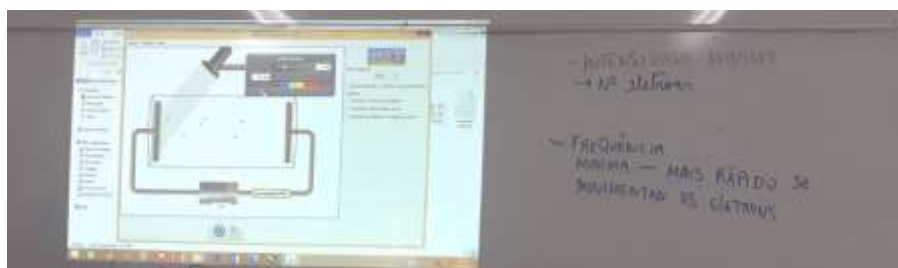
com fontes luminosas, alguns trouxeram os pontos de radiação e onda eletromagnéticas, que provavelmente foi reflexo da última aula de física, que segundo o professor teria iniciado o assunto, mas sem se aprofundar, constituindo assim o primeiro momento pedagógico.

Segundo Delizoicov (2018), o da problematização inicial, ainda no calor das discussões, foi colocado sobre a interação de luz com os objetos a nossa volta se provocava algo, a resposta foi uníssona, que a mesma só possibilitava enxergarmos, no intuito de instiga-los, uma fácil demonstração foi realizada, foi fechada toda a sala e 2 lâmpadas apresentadas uma de cor vermelha e outra de luz negra.

Na continuidade, defrontamos o que eles trouxeram nas discussões, com alguns conhecimentos formais por meio de texto, exposto em slides e um vídeo de curta duração, adentrando especificamente no tema de efeito fotoelétrico, formalizando assim, o segundo momento, onde tentou-se estabelecer uma relação de suas falas trazidas até o momento.

O terceiro momento foi focado na exploração e aplicação do tema de efeito fotoelétrico, para isso, foi utilizado o simulador, disponível no site do PhET, devidamente apresentado, fomos explorando suas funcionalidades, repetindo a dinâmica inicial, as conclusões alcançadas eram colocadas no quadro, conforme Figura 21, o que se mostrou bastante válido, o uso deste talvez fosse melhor aproveitado, com cada aluno, individualmente ou em grupo poder por si só utilizar, com um tempo maior, é importante de salientar, pois a reflexão, sobre o ensino, permite-nos melhorar, a experiência do exercício da docência e como parte deste processo, reconhecer possíveis falhas, nos ensina e direciona de como melhorar.

Figura 21 - Observações realizadas com o uso do simulador



Fonte: O próprio autor

Sequentemente prosseguimos para atividade de experimental com o dispositivo elaborado, os alunos se organizaram em grupos, pois o número de equipamentos construídos, no caso 5 (cinco), era menor do que a quantidade de alunos, mas o intuito da atividade também era, promover a interação, colaboração e a troca de ideias entre eles.

Especificamente foi necessário trazer, conhecimentos sobre o led e sua estrutura, já que tal conhecimento, exigiria conteúdos que estavam aquém deles naquele momento ou no mínimo, outras aulas para discutir e explorar este componente, assim como algumas considerações sobre o experimento.

Foi disponibilizado um manual de orientações sobre o dispositivo, conforme mostra o apêndice D. Apesar dos os alunos terem um certo grau de liberdade, a utilização do equipamento foi guiada, até certo momento com objetivo realizarem as medidas necessárias e encontrarem um valor, como pode ser visto na Figura 22, que posteriormente seria explicado, o que seria, no caso a constante de Planck. Para a realização do mesmo, foi utilizado a sequência de led's do lado A, que conforme iam ajustando a tensão e verificando a corrente, seus valores eram anotados.

Figura 22 - Alunos da E.E.P.V.B. manuseando a sequência de led's



Fonte: O próprio autor

Ao termino do procedimento, a turma apresentou uma grande deficiência na realização dos cálculos, na realização de operações básicas de multiplicação e divisão, como em lidar com base de potência, contornado com a proposta de realizar os cálculos de maneira coletiva no quadro.

Onde os valores de cada grupo eram deixados no quadro, para que ficasse mais evidenciado, a proximidade dos valores, caracterizando de que se tratava de uma constante.

A parte final do experimento tem um caráter, demonstrativo-investigativo, pois o intuito, fazer a si pergunta, nas palavras dos alunos “o porquê” do que estaca acontecendo, de causar uma confusão que levante questionamentos, de maneira a instigá-los a inquietação de saber o que está acontecendo.

Ativando o lado B, pela “chave de circuito”, os alunos utilizarão o led vermelho e aproximarão do sensor e em seguida afastarão para ver o que acontece, conforme a figura 23 mostra, que no caso o acendimento de uma quantidade de luz, no indicador de carga, a quantidade varia, conforme intensidade da luz e frequência, fazendo alusão ao efeito fotoelétrico, o mesmo procedimento será realizado para a lanterna do celular deles e para o led IR.

Os grupos puderam observar que ao tentar ligar o led IR, não houve emissão visível, causando uma provocação, que o fizeram acreditar que estava “queimado”, ao aproximar do sensor, perceberam que as luzes acendem, levantando assim diversas duvidas, sobre o que estava acontecendo, ao termino das atividades experimentais, como previsto houve aplicação do pós teste.

Figura 23 - Alunos da E.E.P.V.B. expondo a luz dos led's ao sensor



Fonte: O próprio autor

Cabe-se o comentário, de que como dito anteriormente, o tempo da aula que haverá, sido encurtada, devido a falta de lanche para os alunos, demos início a 7h:30 min. E encerramos as atividades as 11:30h, dentro do combinado inicialmente, mesmo

diante da situação, a proposta foi envolvente, de modo a turma permanecer, sem notar horário.

A segunda aplicação do produto, ocorreu na Escola Estadual Professora Francisca Alves, no município de Fernando Pedroza, a turma disponibilizada foi uma de 3ª série de EM, do turno noturno, no horário de 19h as 22h, com 15 min. de intervalo, ocorrida no dia 7 de outubro de 2021, com o quantitativo de 15 alunos.

Na qual, se encontrava em situação semelhante a escola anterior, com o retorno recente, das atividades presenciais, em termos de dimensão da estrutura física da escola era bem menor, logo com a capacidade de atendimento menor, em termos de números de alunos, porém a escola dispunha de laboratório de ciências, pouco utilizado, com alguns poucos equipamentos guardados.

Apesar de ser um espaço menor que sala, toda atividade foi desenvolvida neste espaço, por já dispor de bancadas, agilizando assim a separação em grupos dos estudantes.

Como os estudantes em sua maioria eram residentes de zona rural, a perspectivas educacionais, contrastavam bastante, em uma breve conversa, ficou claro, que o intuito é simplesmente acabar, o ensino médio, sem pretensões futuras, de formação profissional ou acadêmica de maior grau de instrução, a turma também em sua maioria tem uma faixa etária maior que o primeiro grupo de estudantes.

Como o programa de aula foi o mesmo do primeiro caso, será trazido de forma mais objetiva, o que foi chamado mais atenção no desenvolvimento da aula, é importante pontuar, que estas turmas não tiveram aulas de física neste ano, logo a referência sobre temas da física, vieram de anos anteriores ou de disciplinas afins.

No pré teste fica claro, a negativa imagem construída sobre a física que boa parte tem, por motivos, já trazidos em literatura, o próprio ato de haver uma aula já foi vista com um certo desânimo, similarmente a respostas de desconhecimento eram bem comuns, e um cenário inicialmente, mas relutante ao processo educacional estabelecido.

Ao ser colocado a problemática, as diversas repostas que apareceram, convergiram com as discussões levantadas, para uma relação direta de luz – energia elétrica e uma segunda, bastante interessante, que era elemento “clareza”, que pode ser vista na Figura 24, escrito no quadro, conforme os alunos traziam em suas falas, dentre as quais se encontrava, o aspecto clareza, que se remetia a luz de alguma forma, de onde ela tinha origem ou seria formada por isso.

Figura 24 - respostas dos alunos da E.E.P.F.A.S.



Fonte: O próprio autor

Durante a problematização inicial, quando houve o estabelecimento de um diálogo, menos formal, mediando as falas, a aula foi conduzida de modo a chegarmos na questão de interação da luz com os objetos, onde foi trago a demonstração, com a lâmpadas coloridas, conforme mostra a Figura 25, em que há exposição e questionamento em torno da lâmpada vermelha, este momento foi contundentemente um marco na aula, prendendo a atenção da maioria e envolvendo a turma, fechando a problematização inicial, do mesmo, foi trago tópicos sobre o tema, exposto em slides e um vídeo de curta duração.

Figura 25 - demonstrando efeito da luz sobre os objetos



Fonte: O próprio autor

O momento pedagógico final, da aplicação do conhecimento, foi utilizado o simulador de efeito fotoelétrico, sempre formalizado o que se era observado no quadro e a partir disto realizando diferentes ajustes.

Então seguimos com a proposta de atividade experimental em grupo, onde foi distribuído a caixa de energia, e o guia de orientações, este momento pode ser visto pelas Figuras 26 e 27, que mostram, a turma fortemente comprometida na realização do experimento, que primeiramente seria aferir a constante de Planck. Ao fato de ser perceptível que algo incomum, fora da rotina escolar, a realização de tal atividade.

Figura 26 - alunos realizando as medidas para obtenção da constante de Planck



Fonte: O próprio autor

Novamente o formalismo matemático se mostrou, como uma barreira, pois os alunos apresentaram muita dificuldade ao tentarem realizar os cálculos, fazendo com que recorrêssemos, a resolução coletiva.

Figura 27 - Alunos tirando dúvidas sobre as medidas



Fonte: O próprio autor

Seguindo o mesmo procedimento, os valores de cada grupo foram deixados, no quadro, para que pudessem ser comparados os valores, formalizando o que aquilo significava. Encerrando esta etapa, foi ligado o sensor, onde eles puderam testar os led's, que curiosamente, ao começarem a mexer no led IR, acharam estranho, o porquê de não acender, um dos alunos, desvendou rapidamente em voz alta, que “ele tinha frequência diferente, por isso não via a luz”, levando a turma a mesma resposta, mas foi um momento de igual empolgação e testes, como podemos ver nas Figuras 28 e 29, onde eles puderam testar de algumas formas o que aconteciam com diferentes tipos de luz, e iam notando que conforme a luz e distancia a quantidade de led's que acendiam no sensor era diferentes.

Figura 28 - Alunos testando sensor



Fonte: O próprio autor

Figura 29 - Alunas testando o sensor de silício com led vermelho



Fonte: O próprio autor

Ressaltamos que as práticas, não exigiram tanto dialogo, pois os mesmos já se encontravam na expectativa de realiza-la, logo tendo adesão dos alunos ao experimento,

apesar de que inicialmente, a aceitação da proposta de aula, não foi imediata, ambas as turmas tiveram uma participação inicial tímida, mas trazer a ciência contextualizada, com exemplos mais próximo ao dia a dia, valorizando suas falas e partindo das suas ideias, sem menospreza-las, por mais distante que fosse do tema, criou um clima de participativo.

5.2. Questões Diagnóstico.

Foi aplicado inicialmente um questionário diagnóstico junto com o pré-teste em ambas turmas com questões objetivas de modo a identificar o contato com os alunos com laboratórios de física, além de sua exposição aos conteúdos de FMC, bem como sua empatia com a disciplina. As questões foram as seguintes:

Questão 1 – Você já fez ou observou algum experimento de física na sala de aula?

Questão 2 – Você já ouviu falar em física moderna?

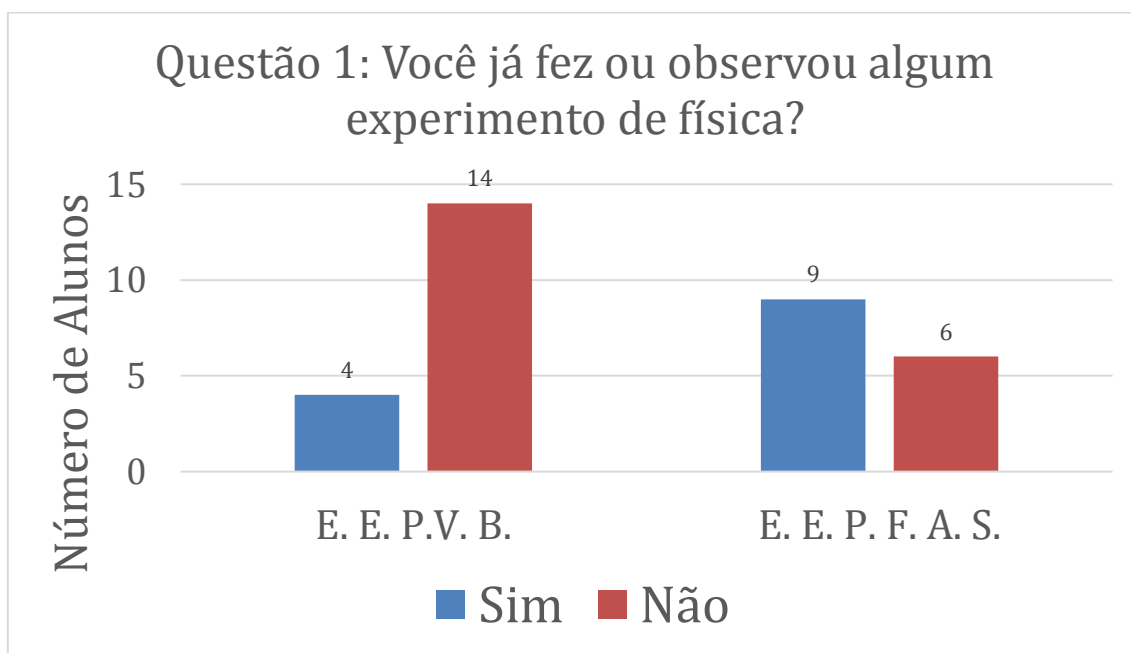
Questão 3 – O conteúdo de física está presente no dia a dia? Nunca ou Muito Pouco e Regularmente ou Frequentemente.

Questão 4 – Você se dedica fora da escola ao estudo da disciplina de física?

Para a Questão 1 temos o gráfico da Figura 30. O comparativo entre as duas escolas deixa claro que a escola de Fernando Pedrosa, apresenta um número mais elevado de alunos que tiveram contato com experimentos de física, ou seja, 60% dos alunos tiveram aulas experimentais mesmo que em sala de aula. E este número é de 22% para a escola da Capital do estado. Logo mesmo no interior do estado estes alunos tiveram contato com experimentos em sala de aula.

Este fato fica ainda mais evidenciado devido a E. E. P.V. B. não ter laboratórios de nenhuma área, no entanto E. E. P. F. A. S. apresenta laboratório de ciências, nas áreas de física, química e biologia. Desse modo, há também a presença de material experimental e de espaço físico para realização de experimentos.

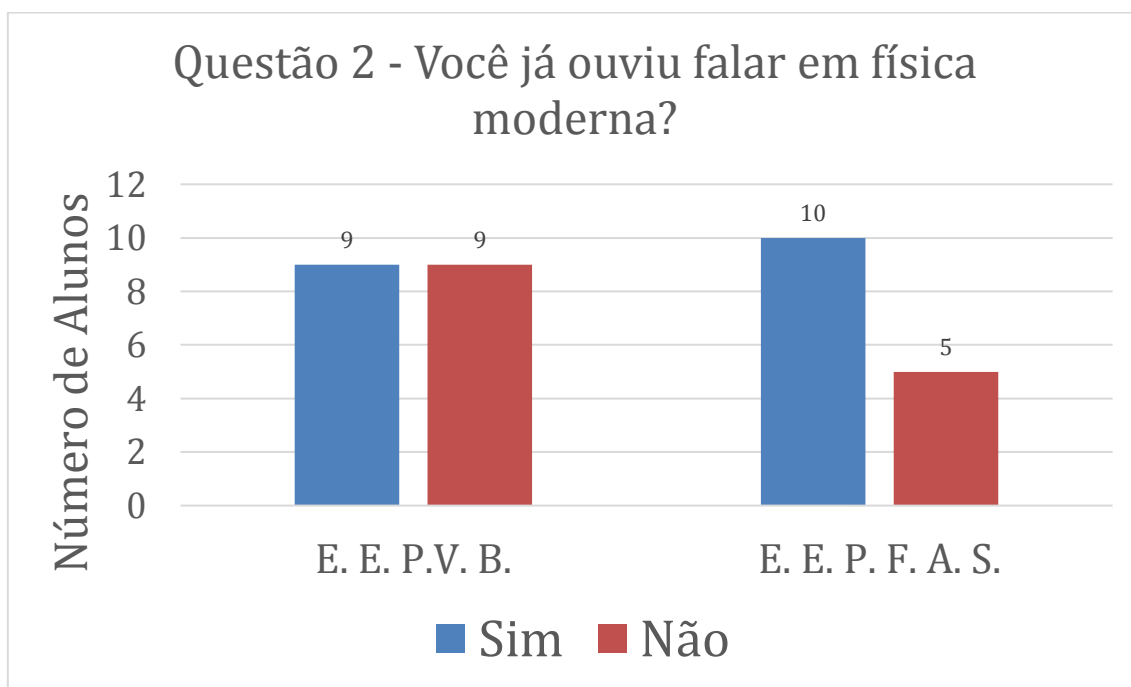
Figura 30 - Você já fez ou observou algum experimento de física na sala de aula? Para as escolas trabalhadas.



Fonte: O próprio autor

A Questão 2 visa identificar o contato com o termo física moderna pelos alunos em E. E. P.V. B. metade da turma ouviu falar de alguma maneira neste termo, enquanto que E. E. P. F. A. S. um terço da turma não ouviu falar neste termo como é apresentado na Figura 31. Em ambos os casos é importante destacar a grande parcela que não apresentaram contato ou afinidade com o termo Física Moderna, isto reforça a necessidade dos alunos serem expostos a este conhecimento.

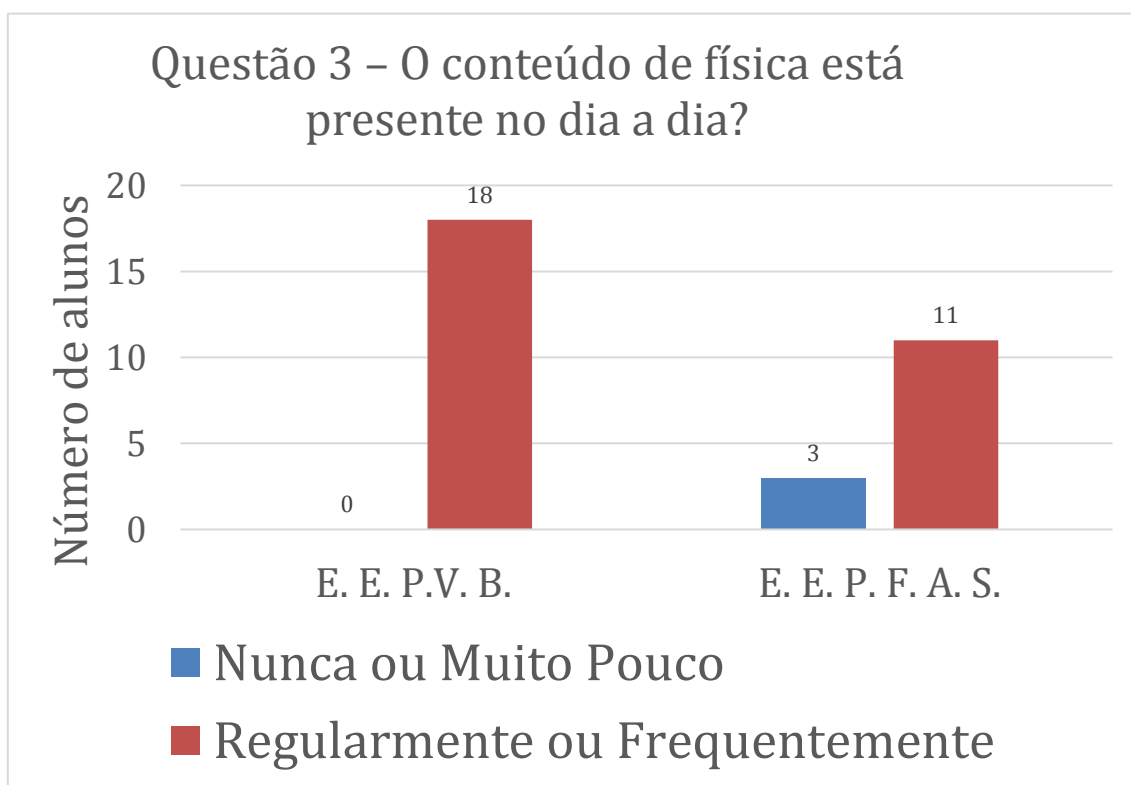
Figura 31 - Questão 2 - Você já ouviu falar em física moderna? Para as escolas trabalhadas.



Fonte: O próprio autor

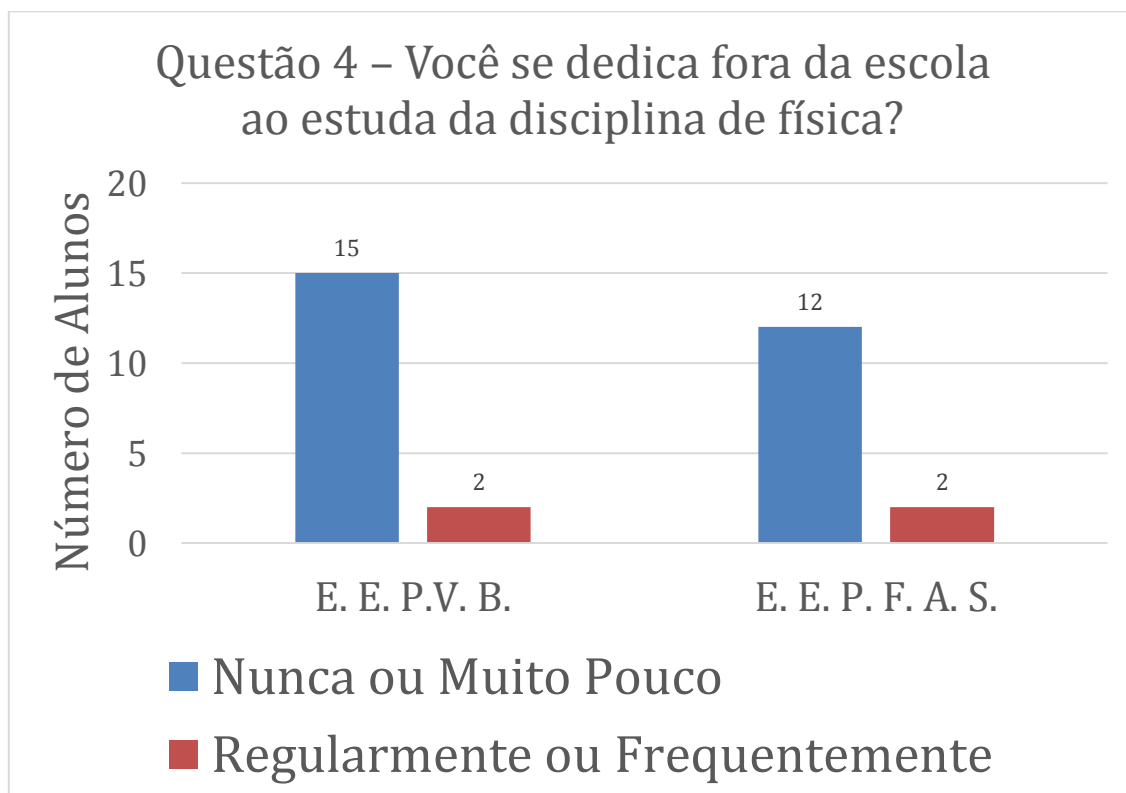
Na Questão 3 é perguntado se os alunos identificam de alguma forma se a física está presente em seu cotidiano. Na Figura 32, temos graficamente estas informações. Na E. E. P.V. B. a totalidade dos alunos identificam a física em seu dia a dia. Enquanto que E. E. P. F. A. S. a parcela dos que identificam a física da mesma maneira é bastante elevada, somente 3 alunos em um universo de 15 não responderam que a física está presente no cotidiano.

Figura 32 – Informação sobre os números de alunos das escolas sobre a Questão 3. Você se dedica fora da escola ao estudo da disciplina de física?



Fonte: O próprio autor

Figura 33 – Informação sobre os números de alunos das escolas sobre a Questão diagnóstico 4: Você se dedica fora da escola ao estudo da disciplina de física?



A Questão 4 diz respeito ao tempo extra sala de aula de dedicação dos alunos a disciplina de física, se o aluno(a), realiza alguma leitura, atividade, pesquisa entre outra ação voltada ao estudo da física, que possa indicar minimamente alguma iniciativa de interesse ou curiosidade por parte do discente, o que poderia algum aspecto de afinidade dos integrantes da turma com a disciplina.

Como apresentado na Figura 33 temos que a grande maioria não se dedica aos estudos de física, exceto em sala de aula. Este pode ser até um reflexo de que os alunos, que fizeram parte deste processo, por não ter havida aulas de maneira regular das disciplinas escolares.

5.3 Questionários

Os questionários foram distribuídos aos alunos antes e ao encerramento da aula, em ambos os momentos foram explicados a intenção destes, assim como a realização da leitura das perguntas e esclarecimento de eventuais dúvidas. O primeiro questionário era composto de uma pergunta aberta sobre a visão deles da física, e as demais semiabertas, para que fosse possível avaliar o conhecimento e a compreensão desenvolvido sobre o tema, por eles ao longo da aula.

5.3.1 Pré Teste

Foi realizado, além das questões diagnósticos foram aplicadas inicialmente algumas questões subjetivas sobre a disciplina de física.

Questão 1 – Qual sua opinião sobre a disciplina de física? Nas respostas obtidas tanto em E. E. P. V. B. como em E. E. P. F. A. S. observamos algumas atitudes recorrentes em trabalhos acadêmicos na área de ensino de física.

A maioria dos estudantes da E. E. P. V. B, 14 alunos apresentaram respostas que apresenta a física de modo importante, por entender que abordar temas pertinentes ao dia a dia ou dentro de algum outro aspecto. Algumas respostas que apresentamos aqui como positiva com respeito a Questão 1:

“Como todas as outras matérias, a física é importante para nosso desenvolvimento estudantil pois é bastante encontrada no nosso dia a dia.”

“É uma matéria importante para se ter um conhecimento básico sobre algumas leis da física, conhecer e estudar físicos importantes e suas descobertas.”

“Ela é essencial para o aprendizado de pessoas que desejam se informar sobre os processos e reações físicas”.

Nas respostas os alunos sempre ressaltaram a importância por diferentes aspectos, enquanto que uma quantidade menor 3 alunos deixa claro, que não gostam por diferentes motivos.

Algumas respostas que foi considerada como negativa neste sentido:

“Gosto muito de física, sei pouca coisa, porém não sei explicar bem”.

Nesta frase há um contraponto, de que o aluno gosta da disciplina mas não consegue deixar claro estes aspectos.

“É uma disciplina muito difícil de se entender, mas quando você aprende sobre ela, se torna uma matéria boa”,

“Não gosto”.

Neste último, já há uma resposta direta negativa. No entanto, não há nenhuma tentativa de explicar o motivo de não gostar da física.

Um aluno de E. E. P. V. B. não respondeu a esta pergunta.

Em E. E. P. F. A. S. somente três alunos apresentaram simpatia pela disciplina, conforme as respostas abaixo:

“É uma disciplina na qual ajuda a entender e nos explica o quão é importante ela é em nossas vidas, sem contar na grande evolução que causou na história da humanidade.”

“Na minha opinião, física não é tão fácil, tenho dificuldades com matérias de cálculos, mas nada que estudando não resolva.”

“Retirando as partes de cálculos, eu gosto.”

Neste último caso há uma clara aversão a parte matemática.

Já a maioria, 12 alunos, trouxeram aspectos negativos ou apresentaram respostas evasivas, que os levam consequentemente, a imagem distorcida da disciplina, que unanimemente consideram muito complicada, por motivos já apresentados pela literatura, pelo aspecto matemático, por considera-la complexa e entre outros, por fim, em outros destaca-se, um aluno que aponta, não ter posicionamento por não conhece-la suficiente. Algumas das respostas:

“Não gosto muito da disciplina, pois acho um pouco difícil.”

“Difícil, pois é uma disciplina muito complicada de se entender, requer muito esforço.”

“Na minha opinião é uma matéria que é um pouco difícil de entender”

“Estudamos muito pouco então não tenho muitos argumentos”. Este último deixa claro a deficiência das escolas com respeito à física.

Ao comparar as turmas, chama a atenção, como se opõem os levantamentos, enquanto na E. E. P. V. B., há uma visão mais positiva sobre a física pela maioria dos estudantes da turma, E. E. P. F. A. S., ocorre o oposto, talvez, isto ocorra, devido a fatores, como, como a carga horária de aula de física serem diferentes, diferenças de perspectivas de vida acadêmica ou profissional, ausência de ações que incentivem aproximação com a atividade científica e ausência de professores que cubram a necessidade escolar.

Como proposta de análise de conteúdo, foram colocadas 4 questões em cada teste, referentes aos conhecimentos prévios sobre o tema proposto, e sobre os construídos, ao término da aula, logo para a turma da E. E. P. V. B., com 18 alunos, seria realizada a avaliação de 72 repostas, porém o teste inicial já demonstra um certo impacto, onde cerca de 50 respostas ou aproximadamente 73%, foram totalmente ausentes de qualquer tipo de opinião, demonstrando assim, não haver noções mínimas sobre o tema pela maioria dos alunos.

No pós teste houve uma mudança visível, neste índice, que mostram que a metodologia e o aparato utilizados na aula contribuíram no processo de aprendizagem, pois cerca de 10 respostas ou aproximadamente 13%, foram totalmente ausentes, ou seja, o número de questões respondidas foi muito superior ao compararmos com inicial.

Na E. E. P. F. A. S., com turma de 15 alunos, seriam 60 respostas passíveis de análise das quais no teste inicial, cerca de 39 respostas ou aproximadamente 65%, não foi respondida, enquanto que no pós teste, também pode ser observado uma mudança positiva, onde 20 respostas ou aproximadamente 33%, ficaram sem resposta, assim como na escola 1, indicando que um aumento na tentativa de trazer soluções para questionário, essas evidências, só confirmaram, o que foi, observado em relação à postura dos alunos, que se encontravam mais motivados em realizar as atividades propostas na aula.

Sobre a Questão 2, O que é luz?, E. E. P. V. B., trouxeram ideia de onda eletromagnética, mas não sabiam explicar, provavelmente proveniente de alguma aula introdutória, que de acordo com o professor de física da turma, havia sido ministrado uma

aula sobre ondas, também houve alguns que trouxeram elementos que associam a luz com energia elétrica, assim como a uma forma de energia, como, podemos ver nas respostas:

“Algo que pode apresentar algum tipo de brilho”

“É a energia, que ilumina cidades, casa e etc.”

“Luz é uma onda eletromagnética”.

Enquanto que na E. E. P. F. A. S., alguns alunos trouxeram, interessantemente o elemento que alguns chamaram de “claridade”, como origem ou constituição da luz, conforme a fala dos alunos este seria responsável a fazer com que a luz ilumine, demais respostas foram variadas, mais imbuídas de alguma explicação:

“Luz, é relacionado com energia, está relacionado a claridade”

“Um reproduzidor de calor e claridade para algum ambiente”

“Se for a luz da lâmpada, ela foi uma invenção criada para que tenhamos iluminação de dia e noite, pois há alguns muitos anos atrás era usado lamparina como iluminação”.

Nestas respostas há indícios de que alguns alunos tiveram contato com comunidades que até pouco tempo atrás não tinha rede de energia elétrica. Como de fato é a região rural de Fernando Pedroza.

Já na questão 3 - O que é espectro eletromagnético? a maior parte dos alunos, não souberam responder, as poucas respostas, faziam referência a radiação, força e ondas em ambas as escolas, tais como:

“É o intervalo completo de todas as possíveis frequências de radiação”.

“É um intervalo de radiação”.

“São uma força de corpos, como um grande ímã quando se aproxima de um ferro, um corpo do outro”.

“Refere-se as ondas eletromagnéticas”.

Na questão 4, Luz e Energia tem alguma relação? podemos observar a forte presença da relação, luz e energia elétrica, estabelecida pelos alunos, proveniente provavelmente dos diversos exemplos de dispositivos, que emitem luz do suas vidas diárias, e menção novamente ao elemento “claridade”, por ser uma pergunta, que aparente ser mais próxima à realidade, nas duas escolas a maioria dos estudantes tentaram responder, como podemos conferir:

“Sim, pois, alguns eletrônicos, lâmpadas, geram a luz com energia.”

“Sim, pois a luz é energia luminosa”.

“Sim, porque para gerar a luz, precisamos de energia no dia a dia, usamos o vento, água e etc”

“Sim, pois sem energia não teria luz”

“A energia gera a luz, mas também várias energias, como a energia que usamos para se mexer e outros tipos de energia”

“Sim, possuem relação, pois ajudam na claridade”

A questão 5, Você já ouviu falar sobre efeito fotoelétrico? Caso sim, você poderia explica-lo?

A maioria não trouxe uma resposta específica, alguns poucos os afirmaram negativa, “não sei”, indicado não ter quaisquer noções iniciais sobre a mesma, como: “sim, mas não sei explicar”, “nunca ouvi falar”, “não lembro de ter ouvido ou estudado”, “que eu me lembre, não”.

Logo podemos verificar pelas respostas dadas, que as noções, sobre as questões colocadas do tema a ser abordado, a princípio são vagas, indicando que a maior parte dos alunos não tiveram um contato mínimo sobre o assunto.

5.3.2 Pós Teste

Após a aplicação do produto educacional foi aplicado um novo teste com as seguintes perguntas:

Questão 1: O que é efeito fotoelétrico?

Questão 2: O que é função trabalho?

Questão 3: Descreva como podemos aumentar a passagem da corrente elétrica.

Questão 4: Explique como encontrar o potencial de corte do Led.

Na parte final da aplicação do teste, foi possível observar que os alunos se encontravam motivados, em uma situação bem diferente no início da aula, mais a vontade de tirar dúvidas mesmo que superficiais e um empenho maior no preenchimento das informações.

Em ambas as turmas foi observado, que quase todos tentaram responder, somente um aluno se abstendo, havendo respostas bem construídas ou fazendo referência a diretas ao conceito do efeito fotoelétrico, em total contraste a questão 5 do pré teste.

Na primeira questão, foi notado que a maioria dos alunos trouxeram alguma noção sobre o tema, alguns com melhor elaboração do que outros, porém traziam em destaque o foco do estudo em questão, como pode ser visto, a seguir na E. E. P. V. B.:

“Efeito fotoelétrico tem relação com a luz na qual determina a intensidade e frequência de cada cor fazendo assim os elétrons se movimentarem.”

“Quando acontece a perda de elétron na incidência de luz.”

“Consiste na ejeção de elétrons da superfície de algum material iluminado que é exposta a uma fonte luminosa de certa frequência.”

“Quando acontece a perda de elétrons na incidência de luz ultravioleta.”

Já em E. E. P. F. A. S.:

“Quando a radiação bate em algo e gera o elétron.”

“É quando elétrons é liberado por as radiações nos metais.”

“Lembro que é uma radiação que bate na placa metálica e os elétrons saem”.

Nas questões 2 e 4, se apresentaram como maior dificuldade para os alunos, talvez por deterem uma necessidade de exploração maior sobre estes pontos, porém ainda assim a maior parte dos alunos responderam, trazendo expressões-chaves, respectivamente como “energia mínima”, “aumento de voltagem”, neste último, possivelmente houve uma associação com a regulação do led no aparato experimental, logo na questão 2 tivemos respostas como:

“Incidência de energia, suficiente para liberar o elétrons do material.”

“Função trabalho é quando você aumenta a energia e mais elétrons se liberta.” “Determinadas luzes não libera elétrons, dependendo da intensidade.”

Na questão 4 tivemos algumas respostas que também destacamos como:

“Quando começa a aumentar a energia em um ponto mínimo dos elétrons começam a passar pelo led”

“Aumentando a energia”.

Sobre a questão 3, pode-se observar que pelas suas repostas, eles trouxeram tanto conceitos, vistos ao longo da aula, quanto da investigação experimental, na elaboração de uma possível explicação para a questão, como:

“Aumentando a intensidade, por mais que a frequência esteja máxima. ”

“Aumentando a passagem de elétrons”.

“Intensidade de número de elétrons, quanto maior a velocidade da corrente, mais elétrons.”

“Apenas aumentando as voltagens”

A avaliação do questionário nos mostra, que o objetivo de trabalhar ideias iniciais do efeito fotoelétrico, foi bastante proveitosa, já que é possível perceber que a diversos alunos, trouxeram em suas respostas de maneira direta ou indireta o tema abordado, também foi possível notar que o contexto metodológico, estimulou a interação entre grupos, o empenho na exploração da atividade experimental e a apropriação de conceitos.

A exploração do tema efeito fotoelétrico, é assunto vasto, que demanda um número maior de aulas, que por vários outros motivos como, os diversos aspectos físicos, que envolvem este fenômeno, assim como seu contexto histórico, aporte matemático, discussão de formulas.

Há de se reconhecer, que alguns alunos tiveram uma dificuldade de compreensão do tema maior do que outros, chagando até estes, de não ter uma participação tão ativa, ou de ficarem confusos sobre procedimento do experimento, porem no decorrer das atividades, foi possível notar também, a colaboração entre os próprios alunos.

Além do uso de uma metodologia, organizada e direcionada, ter estimulado uma aula participativa, o uso da caixa de energia, foi parte essencial, pois apesar dificuldade do uso da matemática, ainda assim, obtivemos a constante de Planck e demonstramos que de há uma relação entre luz e energia, que foi, surpreendente aos alunos, por meio do transistor como sensor, esta parte da aula de fato causou, vários impactos.

Os alunos puderam conhecer o led de diferentes cores e o de infravermelho, e como já descrito, o momento do uso deles, expondo-os ao sensor, demonstrou-se ser bastante rico, pois estimulou fortemente a curiosidade, levando a testar a exposição de diferentes maneiras, estabelecendo um vínculo com os conceitos teóricos.

CAPITULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inúmeros projetos são desenvolvidos, no intuito de se alcançar e oferecer melhores formas de ensino, que construam um vínculo entre conhecimento e aluno, como forma de combater ao cenário que a muito tempo é presenciado, em boa parte das escolas públicas, de uma educação pobre em vários sentidos, estrutura escolar, formação de professores, meios didáticos e muitos outros muito bem conhecidos e expostos, que não consegue suprir a necessidade de um formação crítica e que favoreça meios que enriqueçam a construção de saberes.

A educação, além da capacidade trazer uma nova leitura sobre a realidade, também proporciona ferramentas para transforma-la, desenvolve habilidades, que não se restringem o seu uso uma área de conhecimento, proporcionar a superação de obstáculos sociais e um rompimento da ignorância, que mantem o indivíduo como refém de inverdades.

Nada disso é possível se não há alguém que conduza e interfira neste processo, que ocorre em um determinado tempo, por isso o professor, desempenha um papel fundamental, como agente mediador e indutor, deste processo tão explorado de ensino-aprendizagem.

Por isso é inegável a necessidade de se incentivar e impulsionar ações que levem o aluno, a se apropriarem cada vez mais do conhecimento, que o aproximem da ciência, da qual ele faz uso, corriqueiramente.

Logo o desenvolvimento deste trabalho, levando estas premissas em conta, voltou-se para duas diferentes frentes, a elaboração de uma metodologia, voltada para atividade experimental e a utilização do aparato experimental “caixa de energia”, como forma de aplicação do conhecimento, ambos centrados, no ensino introdutório do tema de efeito fotoelétrico.

Infelizmente não podemos desconsiderar o complexo cenário, de retorno de aulas, de quase 2 (dois) anos, sem haver contato entre professor-aluno de modo presencial e um contato ínfimo ou nem isto com a disciplina, além de déficits educacionais já pré existentes e agravados diante desta situação, que acabarão por se manifestar no decorrer da aula.

Ainda assim, a sequência didática elaborada, se mostrou bastante proveitosa, como um todo, ela proporcionou uma aula mas interativa e provocativa, mesmo havendo uma timidez inicial, mas a problematização, proporcionou uma abertura de diálogo, em meio aos questionamentos, à medida que os alunos foram trazendo suas opiniões, foi importante pontua-las, deixando-as visíveis no quadro ao longo da discussão, incentivou que demais alunos, pudessem também se indagar e participarem da aula, levantando suas próprias hipóteses.

A metodologia de Freire e Delizoicov, que valorizam a fala e organizam de forma sistemática a aula, respectivamente, foram contribuições, que nortearam significativamente, cada momento tinha seu objetivo, que tornou a proposta organizada e bem explorada, que pode ser percebido pela participação e falas dos estudantes, principalmente na parte do experimento.

O uso de alguns materiais como ferramentas educacionais, promoveram um espanto da turma, o que causou várias indagações, facilitou bastante a compreensão do que se estava discutindo no momento, além de estabelecer de aproximar conceitos da realidade, como no uso das lâmpadas coloridas, onde os próprios alunos puderam manusear o material e o simulador PhET, foi um dos pontos essenciais da aula, pois por meio dele, o tema abordado se tornou mais visível.

Mas de fato, foi notável, que o momento do uso da “caixa de energia”, foi o mais envolvente, tornou-se claro, que a intenções promovidas por este trabalho haviam sido alcançadas, pois os alunos se encontravam entusiasmados e dedicados na utilização do dispositivo, onde cada manuseio era uma descoberta, principalmente na turma da escola estadual professora Francisca Alves da Silva, que por ter menos contato com este tipo de material, se mostravam muito envolvidos no processo investigativo.

É importante se colocar que, a montagem, construção, elaboração de ferramentas, experimentos, que sejam ela de cunho computacional ou dispositivos eletrônicos, se fazem cada vez mais importante no ensino de física, pois a partir destes, é possível testar, visualizar e aplicar, não somente conceitos físicos, mas conhecimentos de outras áreas que se complementam, na explicação de um fenômeno, sendo assim, além de facilitar a aprendizagem, promovendo a interdisciplinaridade.

Apesar de dificuldades com o uso da matemática, contornado pelo exercício coletivo da realização do cálculos e do tempo destinado para aplicação deste produto, que idealmente seria em um número maior de aulas, foi possível, despertar o interesse dos alunos pela física e desconstruir uma imagem distorcida sobre a mesma, munidos de uma

metodologia, que incentivou e valorizou a fala dos estudante, logo, construindo uma aula dialógica e democrática, mostrando que mesmo sem haver uma estrutura adequada, o professor é capaz de construir uma aula experimental com variados tipos de recursos didáticos, aproximando assim o estudante da ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araújo, M. S. T. e Abib, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades, Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, n. 2, 2003.

Biscuola, G. J.; Boas, N. V.; Doca, R. H. Física 3, 3ª ed., São Paulo: Editora Saraiva, 2017.

Branco, E. P.; Adriano, G.; Silva, C. C.; Branco, A. B. G. ensino de ciências: relações com os aspectos pedagógicos, infraestrutura e gestão escolar. Revista Valore, vol. 6, 2021.

Brandão, C. R. Projeto memoria “Paulo Freire – educar para transformar”. São Paulo: Mercado Cultural, 2005.

Brasil, Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio (Ministério da Educação, Brasília, 1999). Acessado: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>

Brasil. Guia de livros didáticos PNLD 2015 Ensino Médio: Física, Brasília: Ministério da Educação, 2014.

Bonjorno, J. R.; Bonjorno, R. F. S. A.; Bonjorno, V.; Ramos, C. M.; Prado, E. P.; Casemiro, R. Física 3 - ensino médio, 3ª ed., São Paulo: editora FTD, 2016.

Borges, A. T. Novos rumos para o laboratório escolas de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.

Bueno, G. L. N.; Oliveira, P. J. P.; Junior, E. R.; Admiral, T. D.; Silva, G. A. T.; Coelho, E. K. F.; Louzada, V. H. Sequencia didática com arco de magueres elaborada a partir de dois experimentos de baixo custo para o ensino dos modos básicos de operação do transistor. A Física na Escola, vol. 19, n. 2, 2021.

Calçada, C. S.; Sampaio, J. L. Física clássica 3, 1ª ed., São Paulo: Atual Editora, 2012.

Carlos, T. S.; K, Yamamoto, K.; Fuke, L. F. Os alicerces da física 3, 14ª ed., São Paulo: Editora Saraiva, 2007.

Caruso, F.; Oguri, V. Física moderna – Origens clássicas e fundamentos quânticos. 2ª tiragem, Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

Carvalho, A. M. P. As práticas experimentais no ensino de física, Coleção Ideias em Ação, Carvalho, A. M. P. (org), São Paulo: Cengage Learning, 2010, p. 53-78.

Delizoicov, D. Conhecimento, tensões e transições, Doutorado, USP, 1991, p.183.

Delizoicov, D.; Angotti, J. A.; Pernambuco, M. M. Ensino de ciências – fundamentos e métodos. 5ª ed., São Paulo: Editora Cortez, 2018.

Dionísio, P. H. Física quântica: de sua pré história a discussão sobre o seu conteúdo essencial. Cadernos IHU ideias, vol. 2, n. 22, 2004.

Dominguini, L. Física moderna no ensino médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 34, n. 2, 2012.

Eisberg, R. R., Física Quântica - Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas, 23ª tiragem, Rio de Janeiro: GEN LTC, 1979.

Filho, A. G.; Toscano, C. Física 3 – interação e tecnologia, 2ª ed., São Paulo: Editora Leya, 2016.

Ferreira, E. G. B.; Damásio, F.; Rodrigues, A. A. A física moderna e contemporânea no ensino fundamental articulada com conceitos de física clássica por meio de unidades de ensino potencialmente significativas (UEPS). Aprendizagem Significativa em Revista, vol. 4, n. 1, 2014, p.29-40.

Gaspar, A. Compreendendo a Física 3, 3ª ed., São Paulo: Editora Ática, 2016.

Guimarães, O.; Carron, W. As faces da Física – volume único, 3ª ed., São Paulo: Editora Moderna, 2006.

Júnior, M. F. R. e Cruz, F. F. S. Física moderna e contemporânea no ensino médio: do consenso de temas a elaboração de propostas. IV Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Bauru-SP, 2003, p.29.

Freire, P. Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa. 25ª ed, editora Paz e Terra, 1996.

Freitas, F. V.; Rigolon, R. G.; Bontempo, G. C. Avaliação e diagnóstico dos laboratórios didáticos das escolas públicas de viçosa/MG. IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Processos e materiais educativos na educação em ciências, Águas de Lindóia-SP, 2013.

Godoy, L.; Agnolo, R. M. D.; Melo, W. C. Ciências da natureza – Ciência, tecnologia e cidadania, 1ª ed., São Paulo: Editora FTD, 2020.

Guimaraes, O.; Piqueira, J. R.; Carron, W. Física 3, 1ª ed., São Paulo: Editora Ática S.A., 2013.

Halliday, D. Resnick; R; e Walker, J. Fundamentos da física – Ótica e física moderna. 8ª Ed., vol. 04, Editora LTC, 2009.

Higa, I.; Oliveira, O. B. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física. Educar em Revista, Curitiba, Brasil, n. 44, p. 75-92, 2012.

Júnior, F. R.; Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T. Os Fundamentos da Física 3, 9ª ed., São Paulo: Editora Moderna, 2007.

Leão, D. M. M. paradigmas contemporâneos de educação: escola tradicional e escola construtivista. Cadernos de Pesquisa, n. 107, 1999, p.187-206.

Leiria, T. F. e Maturco, S. M. C. O papel das atividades no processo ensino aprendizagem de física. XII Congresso Nacional de Educação, Formação de Professores e Profissionalização Docente, Curitiba-PR, 2015, ISSN 2176-1396.

Lima, A. A.; Menezes, N. P.; Santos, S.; Amorin, B.; Thomazi, F.; Zanella, F.; Heilmann, A.; Burkarter, E.; Dartora, C. A. Uma revisão dos princípios de conversão fotovoltaica de energia. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 42, 2020.

Lima, K. E. C. e Vasconcelos, S. D. Analise de metodologia de ensino de ciências nas escolas da rede municipal de recife. Pesquisa em Síntese, vol. 14, n. 52, p. 397-412, 2006.

Matias, R.; Frattezi, A. Física geral para o ensino médio, 2ª ed., São Paulo: Editora Harbra, 2011.

Máximo, A.; Alvarenga, B. Física ensino médio – volume 3, 1ª ed., São Paulo: Editora Scipione, 2008.

Máximo, A.; Alvarenga B.; Guimarães C. Física contexto & aplicações, 2ª ed., São Paulo: Editora Scipione, 2016.

Melo, C. M. S. Metodologias alternativas de ensino de física, Licenciatura, IFPI, 2018, p.28.

Mizukami, M. G. N. Ensino: as abordagens do processo, 12ª ed., São Paulo: Editora Pedagógica Universitária Ltda., 2001.

Moreira, M. A. Ensino de física no brasil: retrospectiva e perspectivas. Revista do Professor de Física, vol. 22, n. 1, 2000.

Moreira, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa?. Currículo: Revista de Teoria, Investigación y Práctica Educativa, n. 25, p. 29-56, 2012.

Moreira, M. A. Uma análise crítica do ensino de física. Estudos Avançados, vol. 32, n. 94, p.73-80, 2018.

Moreira, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. Revista do Professor de Física, vol. 1, n. 1, 2017.

Moreira, M. A. Ensino de física no século XXI: Desafios e equívocos. Revista do Professor de Física, vol. 2, n 3, 2018.

Obra coletiva produzida pela SM. Ser protagonista - Física 3, 3ª ed., São Paulo: Editora SM, 2016.

Obra coletiva produzida pela SM. Ser protagonista – Ciências da natureza e suas tecnologias – composição e estrutura dos corpos, 1ª ed., São Paulo: Editora SM, 2020.

Obra coletiva produzida pela SM. Ser protagonista - Física 3, 2ª ed., São Paulo: Editora SM, 2013.

Oliveira, I. N. Chaves, V. D. Prado, M. G. Takiya, C. Lopes, M. S. S. As mudanças ocorridas nos programas de ensino da física, os laboratórios didáticos de física e a inclusão de novas tecnologias no desenvolvimento dos experimentos remotos. Experiências em Ensino de Ciências, vol. 11, n. 3, 2016.

Ostermann, F. tópicos de física contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de física, Doutorado, UFRGS, 2000, p.151.

Ostermann, F.; Moreira, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. Investigações em Ensino de Ciências, vol. 5, n. 1, 2000, p. 23-48.

Pietrocola, M.; Pogibin, A.; Andrade, R.; Romero, T. R. Ensino médio Física em contextos, 1ª ed., São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

Prudêncio, M. E. D.; Fárias, G. G.; Vieira, F. S. C.; Pascoali, S. A qualidade do ensino de física e o interesse de estudantes do ensino médio pela docência na área. *Revista Eletronica de Investigacion y Docencia*, vol. 15, 2016, p. 23-38.

Ricardo, E. C.; Freire, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

Sampaio, J. L.; Calçada, C. S. *Universo da física 3*, 2ª ed., São Paulo: Editora Atual, 2005.

Shivani, M.; Souza, G. F.; Lira, N. Programa nacional do livro didático de física: subsídios para pesquisas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 42, 2020.

Silva, R.; Chiquito, A. J.; Souza, M. G.; Macedo R. P. Células solares “caseiras”. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, vol. 26, n. 4, p. 379-384, 2004.

Silva, A. L. S.; Moura, P. R. G. *Ensino Experimental de ciências – uma proposta: atividade experimental problematizada*, 1ª ed., São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018.

Tipler, P. A; Llewellyn, R.A, *Física Moderna*, 3ª Ed., Rio de Janeiro: Editora LTC, 2001.

Torres, C. M. A.; Ferraro, N. G.; Soares, P. A. T.; Penteado, P. C M. *Física ciência e tecnologia 3*, 4ª ed., São Paulo: Editora Moderna, 2016.

Yamamoto, K.; Fuke, L. F. *Física 3 para o ensino médio*, 4ª ed., São Paulo: Editora Saraiva, 2016.

APÊNDICE A

PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

DO LED AO TRANSISTOR: UMA PROPOSTA DE ENSINO DE EFEITO
FOTOELETRICO

ALEX GARCEZ GOMES CASTRO

Produto Educacional

Mossoró
Dezembro de 2021

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Simulador de efeito fotoeletrico.....	7
Figura 02 – Curva característica da corrente elétrica $I \times V$	7
Figura 03 – Esquema do circuito 1.....	9
Figura 04 – Esquema do circuito 1 explicado.....	9
Figura 05 – Regulador de tensão montado.....	10
Figura 06 – Esquema do circuito 2.....	10
Figura 07 – Aparato experimental “caixa de energia”	12

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Plano de organização de aula.....	4
---	---

SUMÁRIO

Capítulo 1	Apresentação.....	1
Capítulo 2	Introdução	2
Capítulo 3	Noções Gerais Sobre a Caixa de Energia	3
3.1	Objetivo Geral	4
3.2	Obejtivos Especificos	4
Capítulo 4	Organização da Aula.....	4
4.1	Construção da Caixa de Energia.....	8
	Referências Bibliográficas.....	18

CAPITULO 1

APRESENTAÇÃO

A elaboração deste produto educacional, apresenta-se como ferramenta, que possa ser utilizada como estímulo para a construção e desenvolvimento de atividades experimentais, seguida de uma proposta de sequência didática, que possa servir, como metodologia norteadora ao professor ou qualquer pessoa, que pretenda realizar atividade semelhante.

Ensinar exige, reconstruir-se didaticamente, por meio de uma reflexão constante de “como ensinar? ”, são diversos os caminhos metodológicos que o professor, pode tomar, para ensinar algum assunto, cada um com maneiras, formas e peculiaridades específicas, porem planejar aulas que sejam atrativas aos alunos, que incentivem e envolva na construção do saber, ainda são grandes desafios, que são encarados cotidianamente na rotina escolar.

Na intenção de contribuir, para o ensino de física moderna e contemporânea, que apesar de haver diversos autores como Moreira (2000), Ostermann (2000), Terrazzan (1992) que discutem a importância e inserção deste nos currículos escolares, ainda há uma certa resistência em aborda-los. A física já é vista, em alguns casos de maneira muito pejorativa, mas a física moderna e contemporânea, nem mesmo é vista.

Por isso a necessidade de instrumentos e metodologias que facilitem a organização e a exploração de assuntos da física, que tornem temas como efeito fotoelétrico, mais claros de serem compreendidos e mais suscetíveis a serem relacionados com outras ciências.

Logo esperasse que o produto aqui descrito, contribua significativamente, para elaboração e realização de aulas de cunho experimental, que possam proporcionar a exploração científica, por meio de aspectos como análise, descobertas, testes e outros e que possa tornar o processo ensino-aprendizagem, mais rico e motivador.

CAPITULO 2

INTRODUÇÃO

O ensino de física dispõe cada vez mais de diversas ferramentas que auxiliam na forma de explorar os temas mais comumente abordados da física nas instituições de ensino de diferentes níveis, porém ao adentrarmos a física moderna e Contemporânea (FMC), tema fortemente ligado aos diferentes avanços científicos e tecnológicos mais atuais e que permeiam de diferentes formas a realidade das pessoas, é perceptível a baixa produção de aparatos que ajudem docentes e alunos na compreensão dos assuntos que compõem esta temática ou quando disponível, dispõe de um custo elevado, o que inviabiliza a obtenção destes.

Pensando nesta barreira que ainda fortemente presente no exercício da docência, em termos de materiais disponíveis que complementem ou que ajude fazendo com que determinados assuntos da FMC, menos abstratos, para que possa trazer uma ciência mais próxima e tocável, foi elaborado e construído a “caixa de energia”, assim denominado pelos estudantes que a utilizaram.

A montagem da caixa da energia, pode ser realizada a partir de materiais que podem ser reaproveitados de equipamentos eletrônicos descartados ou os componentes eletrônicos utilizados são de fácil aquisição no comércio e de baixo custo, logo se tornando economicamente uma alternativa viável, de montagem e utilização e sala de aula.

É importante ressaltar, que a própria montagem do esquema do circuito, pode ser utilizada como temática de diferentes aulas, havendo os devidos cuidados no decorrer da montagem, pois a física envolvida, remonta também diversos assuntos pertinentes à área de eletricidade.

Dentro da perspectiva de trazer uma física contextualizada, o viés experimental, é uma estratégia de ensino, que possibilita a exploração científica de maneira participativa e crítica, sem deixar de lado elementos presentes no dia a dia dos estudantes.

Para realizar este tipo de aula, se faz importante o uso de pedagogias, que contribuam significativamente, trazendo elementos enriquecedores no processo educacional, na relação professor-aluno, diante disto foi levado em consideração os princípios pedagógicos de Freire e Delizoicov.

Na ideia destes, respectivamente o aluno tem papel central na construção do conhecimento, que se faz por meio de problemáticas, incentivo às falas, estímulo a

curiosidade, assim como per passa por momentos com objetivos específicos, para que o processo ensino aprendizagem ocorra de maneira mais concreta.

Porém, não se faz obrigatória, o uso destes princípios pedagógicos, o intuito deste produto é fornecer uma opção de ferramenta, que auxilie o professor em temas da FMC, mais especificamente do efeito fotoelétrico, fica livre a forma como será aplicado este. Ainda assim será apresentado uma proposta de sequência didática, com os alicerces metodológicos apresentados até então.

CAPITULO 3

NOÇÕES GERAIS SOBRE A CAIXA DE ENERGIA

Visando incentivar o uso da experimentação nas aulas de física, sem a necessidade do espaço laboratorial ou de equipamentos sofisticados de grande custo financeiro ou até mesmo com necessidade de formação específica para seu manuseio, este produto educacional se apresenta como forma alternativa neste sentido.

Por meio dele segue a possibilidade de trabalhar a ideia de semicondutores, da relação luz e energia e de medir, consequentemente o efeito fotoelétrico e a constante de Planck, este último por meio da coleta e análise de dados, tendo assim a possibilidade de interdisciplinar, introduzir e mesclando conceitos físicos, químicos e matemáticos.

O dispositivo em questão divide-se em duas partes, Lado A e B, com funcionalidades diferentes, o Lado A, foca-se em calcular a constante de Planck, a partir das medições a serem realizadas e o lado B, de simular o efeito fotoelétrico, que conforme o objetivo e criatividade do usuário, pode demonstrar alto potencial investigativo.

3.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo, a construção de um dispositivo eletrônico que possa proporcionar ao usuário a abordagem de vários temas, com diferentes graus de exploração, dentro do contexto do ensino de física moderna e contemporânea, porém com foco central, no efeito fotoelétrico, utilizando-se de uma metodologia voltada a experimentação, como estratégia de ensino.

3.2 Objetivos Específicos

- Problematicar a ideia de luz, de modo a trazer as concepções prévias dos estudantes, para confrontar com os saberes científicos.
- Abordar Espectro Eletromagnético, para ampliar a ideia de luz e seus aspectos.

- Relacionar Luz, Frequência e Energia.
- Discutir a relação $E = hf$.
- Introduzir noções básicas sobre o efeito fotoelétrico, com o uso de simulador disponibilizado gratuitamente online pela universidade do Colorado, pelo projeto PhET, evidenciado suas principais características.
- Propiciar a investigação experimental, por meio de demonstração experimental.
- Motivar o estudo da física por meio da experimentação.
- Calcular a constante de Planck, utilizando o dispositivo experimental construído.
- Estimular o trabalho em grupo.

CAPITULO 4

ORGANIZAÇÃO DA AULA

A presente sequência didática foi elaborada, conforme descrito, seguindo os passos da Tabela 1, onde pode ser observado que sua organização, se divide em três momentos, baseados na teoria pedagógica de Delizoicov.

Tabela 5 - Plano de organização da aula

Sequência de Atividades	Comentários	MP Delizoicov
Apresentação e explicação das atividades	Momento inicial, se dará com breve apresentação e apresentação do que ocorrerá de maneira geral ao longo da aula.	
Pré-teste	Aplicação de formulário com perguntas objetivas e dissertativas para avaliar as ideias iniciais, conhecimentos prévios, sobre o tema e avaliar de maneira comparativa após uso do produto educacional	Problematização Inicial
Problematização, levantamento de hipóteses e socialização	Serão levantadas situações-problema, para que os alunos possam debater entre si e levantar possíveis ou explicações	
Experimento Demonstrativo	Demonstração com lâmpadas coloridas de cores vermelha e negra, para ampliar as noções sobre a luz.	Organização do Conhecimento
Vídeo	Será apresentado um breve vídeo sobre o tema. https://www.youtube.com/watch?v=kjZE	

Explicação sobre o tema	Aula expositiva, de modo a introduzir conhecimentos formais e organizar em conformidade com as colocações dos alunos.	
Uso de simulador e demonstração	Será utilizado o simulador phet, para que possamos visualizar demonstrar as ideias até o momento discutidas	
Utilização do aparato experimental	Este dividido em duas partes, uma qualitativa e outra quantitativa, onde os alunos poderão testar o efeito da luz - energia	Aplicação do Conhecimento
Discussão final sobre o tema	Sintetização do que foi trabalhado ao longo da aula.	
Encerramento e Pós teste	Aplicação de formulário	

Fonte: O próprio autor

No primeiro momento, é uma atividade de discussão de conhecimentos prévios sobre o tema, que deve ser moderado de modo a conduzir a discussão para os temas-objetivados pelo professor, onde norteando-se principalmente pelas ideias de Freire, se coloca uma problemática, relacionado ao tema e de maneira compreensível pelos estudantes, que faça parte da realidade destes, para que os conduzam a indagação e possam trazer suas opiniões.

No segundo momento, concentra –se em dá um direcionamento as opiniões verbalizadas, confrontando-as de diferentes formas com o conhecimento científico, para que fosse menos abstrato é proposto a inserção atividades demonstrativas, vídeos curtos e simuladores, entre outros. Neste caso foi utilizado as seguintes ações:

- 1ª Atividade - Experimento Demonstrativo

Afim de instigar a curiosidade, incentivar a participação e a analisar a interação da luz com os objetos, utilizando-se de duas lâmpadas coloridas, uma de cor vermelha e outra negra (emissão ultravioleta próximo), em ambiente possível de se deixar escuro, ainda neste ambiente com novas condições, pode ser conduzir novos questionamentos, posteriormente, segue utilizando a lâmpada ver e em seguida a de luz negra, levantando questionamentos de “o que acontece? ” e do “por que?”.

- 2ª Atividade – Vídeo

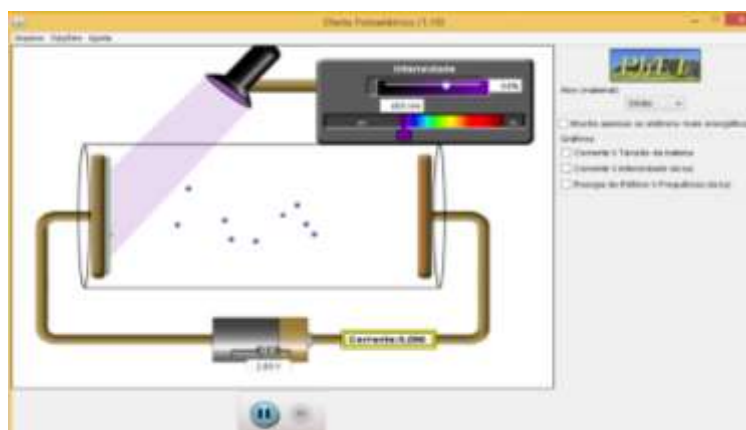
Vídeo falando sobre o efeito-fotoelétrico de aproximadamente 5 min.:

<https://www.youtube.com/watch?v=kjZE8fBduTE>

- 3ª Atividade – Simulador

Na internet pode ser encontrado uma série de opções de simuladores do o tema de efeito fotoelétrico de tal maneira que trazem a mesmas funcionalidades a maior diferença que pode ser encontrada é em termos de designer gráfico, foi optado pelo que é disponibilizado pelo site do PhET, onde encontra-se simulações de diversos fenômenos e experimentos, de forma gratuita, que pode ser utilizado online ou disponibilizado para realização de download, conforme mostra a Figura 1, foi conveniente na inserção deste na sequencia didática, o próprio permite alterar alguns parâmetros, como intensidade luminosa e frequência da radiação, o que permite uma exploração de vários aspectos deste fenômeno.

Figura 1 - Simulador de efeito fotoelétrico - PhET

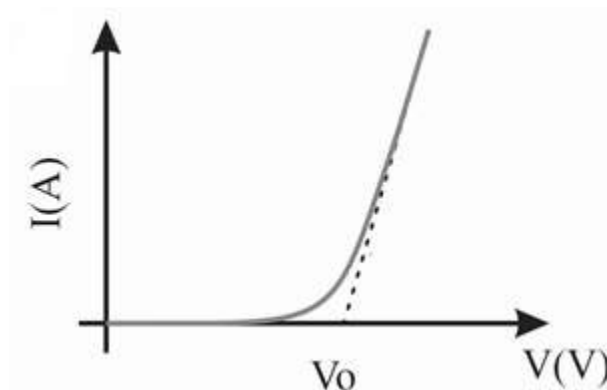


Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/photoelectric/latest/photoelectric.html?simulation=photoelectric&locale=pt_BR

Neste momento, tudo que foi visto, explorado e discutido, passa a ser utilizado para a interpretação de fenômenos, neste caso, da atividade experimental com a caixa de energia, que tem o objetivo de verificar o efeito fotoelétrico, encontrando a constante de Planck e simular seu processo, por meio do sensor, demonstrando assim uma relação entre luz e energia.

Esperasse que com a coleta de dados de corrente elétrica e tensão, graficamente possa encontrar uma relação com tendência a ser linear, conforme indica a figura 2, no uso da caixa de energia.

Figura 2 - Curva característica da Corrente Elétrica $I \times V$



Fonte: O Próprio autor

4.1 Construção da Caixa de Energia

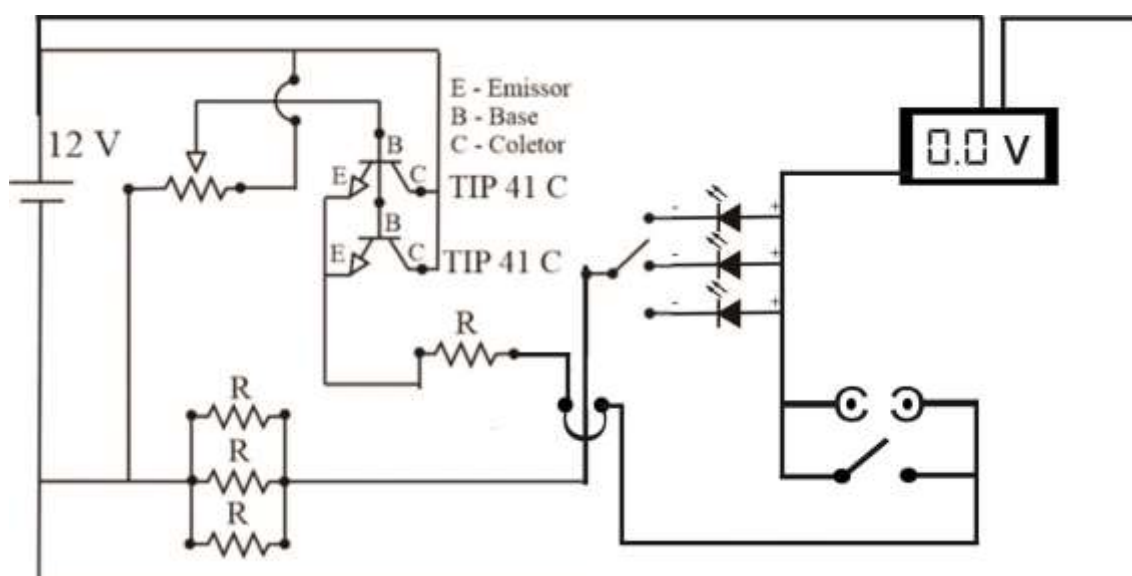
Para a montagem do nosso dispositivo foi utilizado os seguintes materiais: Caixa de mdf (este pode ser substituído por qualquer outro recipiente de possível adaptação ao circuito), potenciômetro rotativo de $100k\Omega$, resistores de carbono $220\Omega \times 2w$, resistores de carbono $100\Omega \times 2w$, percebamos que os resistores utilizados são de uma potência mais elevada que o usual, devido a corrente que passara no circuito ser mais alta, o que pode ocasionar aos resistores queimarem, caso seja, colocado uma potência dos mesmos inferior ao indicada, led 7 mm, placa fenolite ilhada, cujas dimensões utilizadas geralmente variam conforme a habilidade de soldagem e o esquema do circuito na placa, neste caso foi utilizado uma placa de dimensões 10×15 cm, que ao ser cortada, foi possível a construção de vários circuitos, mini voltímetro digital, de faixa de operação DC 0 - 30 v, Tip 41c, multímetro (amperímetro) simples, bornes, conector p/ fonte, fonte tensão 12v x 1A, Chave gangorra de 2 e 3 posições, Fiação, Seletor de 3 posições ou mais, que podem sem ser adquiridos de maquinas de lavar ou ventiladores descartados, Transistor T03-2n3716 (México), Indicador carga ka2284, este é um modelo arduino, porem é possível, construir um indicador de carga para inclusão no circuito, porem para não aumentar a complexidade do circuito optou-se por adquirir este modulo e Diodo zener 3v.

Para facilitar a compreensão foi dividido a montagem em duas partes, para o lado A, podemos nos guiar pelas ligações conforme indicado no esquema eletrônico da figura 2, já na figura 3, indica as funcionalidades de cada parte do circuito, observe que montagem não requer um grande número de variados componentes eletrônicos, mas ainda assim é necessário cuidado, pois a conexão incorreta de algum dos componentes, pode resultar em danificar algum destes.

Um outro cuidado necessário é de que a fonte de energia que forneçam correntes superior de 1 A (ampère), é importante não girar o regulador até o ponto máximo, pois danificará o led, de modo que o ideal, que o circuito seja alimentado por uma fonte 12v (volts) e valor de corrente abaixo de 1 A (ampère).

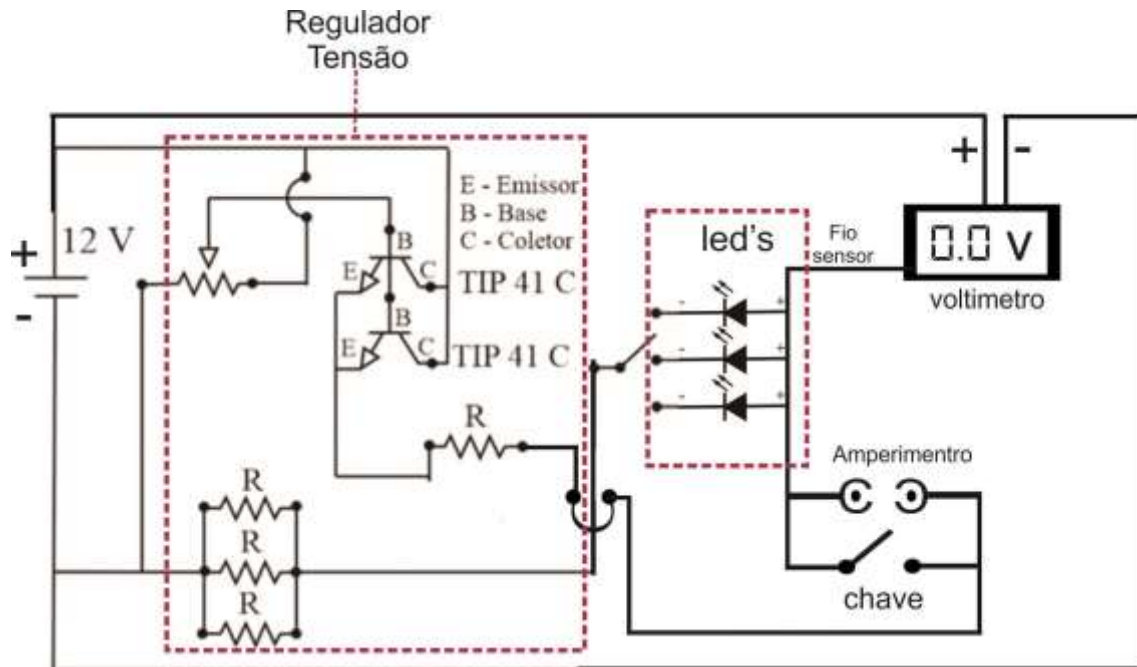
Abaixo podemos ver os esquemas do circuito eletrônico 1, montado para medir a constante de Planck.

Figura 3 - Esquema do circuito 1



Fonte: O próprio autor

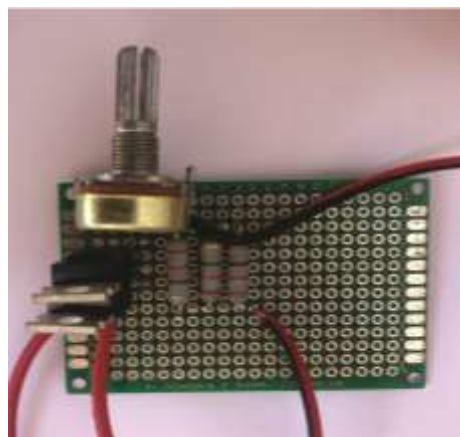
Figura 4 - Esquema do circuito 1 explicado



Fonte: O próprio autor

Na figura 4, pode ser visto o regulador de tensão montado, este por sua vez detém de uma boa precisão para as medições a serem realizadas e seu funcionamento está numa escala que varia de 0,5 volt até 30 volts, conforme a alimentação fornecida, logo sendo útil para diversos tipos de atividades, que envolve montagem de circuitos e experimentos com eletricidade.

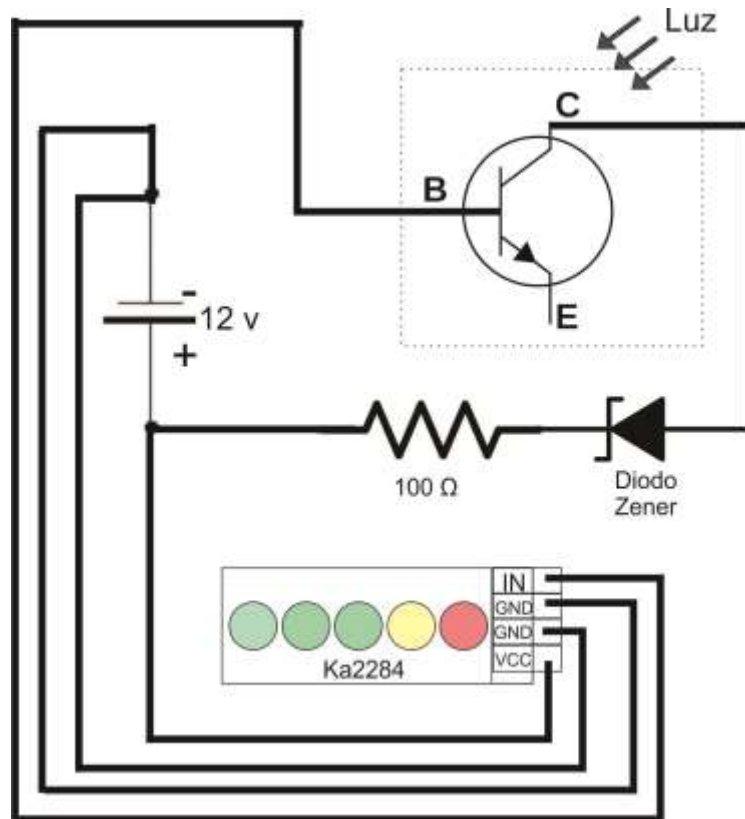
Figura 5 – Regulador de Tensão



Fonte: O próprio autor

A montagem do circuito do lado B, segue o esquema do circuito eletrônico da Figura 5, a região pontilhada, é onde a célula do transistor está exposta a luz.

Figura 6 - Esquema do circuito 2



Fonte: O próprio autor

Deve se tomar bastante cuidado, com o indicador de carga Ka2284, conforme mostrado no esquema da figura 6, pois este módulo é bastante sensível e facilmente danificável, a regulação deste pode ser feita por um trimpot 103, quase que no centro do módulo, além disto para funcionamento ele requer alimentação própria, logo conforme indicado na figura 5, a alimentação pode ser feita em paralelo ao circuito do sensor montado, este se dá, nos terminais VCC e GND, enquanto que a análise do sinal é realizado pelos terminais IN e GND.

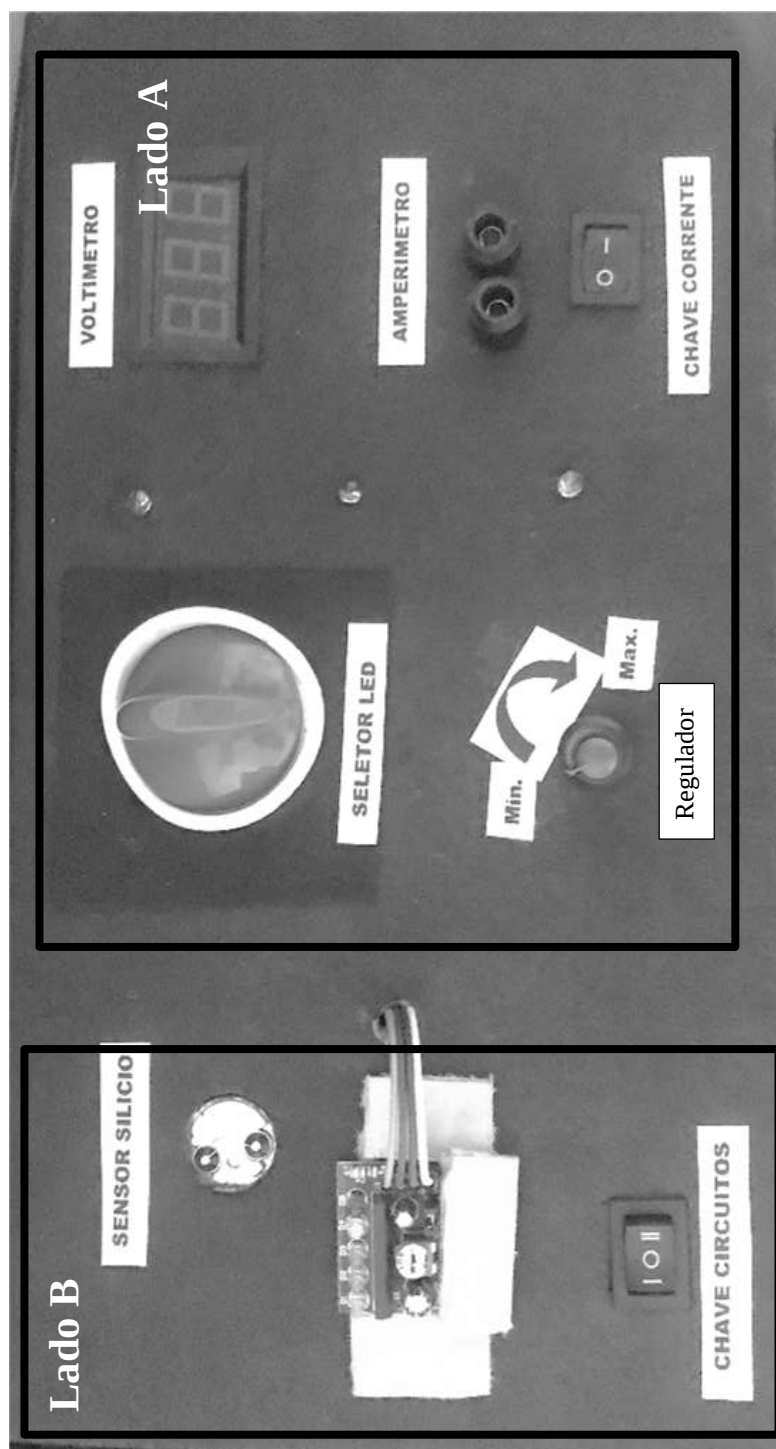
Algo a ser reparado antes da montagem do circuito, é a retirada da tampa metálica do transistor, para que a célula de silício fique exposta, conforme o fabricante, a célula pode ter dimensões diferentes e em alguns casos, pode vir com uma resina sobre sua superfície, que nesta situação tem de ser removida, para evitar este problema, transistores da fabricante ON, geralmente tem dimensões favoráveis ao experimento e não vem com nenhuma substancia encobrindo-a.

Após a montagem de ambos os lados, estes podem ser ligados a uma chave gangorra de 3 posições, por onde se dará alimentação positiva, ligada ao terminal central da chave e o negativo dos circuitos podem junto diretamente a fio negativo da fonte.

Todo o circuito foi colocado dentro de uma caixa de mdf de dimensões 8 cm x 15 cm x 28 cm, e a montagem de todos os itens a serem manuseados pelo usuário, foi colocado sobre a tampa, a qual foi cortada de modo a encaixa-los e separados em lados diferentes para facilitar a compreensão de funcionamento e sua utilização.

Deste modo caso haja algum mal funcionamento do circuito, basta levantar a tampa, para realizar o conserto necessário, como pode ser visto na figura 10, todo circuito está fixado logo abaixo da tampa, na parte superior, este foi revestido com EVA de cor preta, para que visualmente, ficasse melhor disposto os componentes de uso.

Figura 7 – imagem do dispositivo “Caixa de Energia”



Fonte: O próprio autor

Toda a fiação e circuitos, ficam na parte interna da caixa, enquanto que na parte superior da tampa da caixa de mdf, são encaixados os componentes em espaços previamente constados, conforme as dimensões d cada componente.

No circuito, pode ser visto também que há um botão “chave corrente” que habilita, a inserção de um multímetro (amperímetro), para medição da corrente elétrica, o que é opcional ao uso, pois sua desabilitação não impede o funcionamento do aparelho.

Para encerrar o procedimento de montagem, assim como em qualquer aparato eletrônico, se faz necessário ligar e testar, para verificar se está em pleno funcionamento.

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO PRÉ TESTE

Pré-Teste

Escola:		
Aluno:		Serie:
Turma:	Turno:	Data:
Idade:		
Sobre a disciplina de física:		
1) Qual a sua opinião sobre a disciplina de física?		
2) O que é a luz?		
3) Você sabe o que é o espectro eletromagnético?		
4) Luz e energia tem alguma relação?		
5) Você já ouviu falar sobre efeito fotoelétrico? Caso sim, poderia explica-lo?		

	Sim	Não
Você já visitou um laboratório de física?		
Você já teve aulas de laboratório?		
Você já fez ou observou algum experimento de física na sala de aula?		
Você acha que a maneira como é trabalhado os assuntos, facilita a compreensão da física?		
Você já ouviu falar de física contemporânea?		
Você já ouviu falar de física moderna?		
Você gosta da disciplina de física?		

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO PÓS TESTE

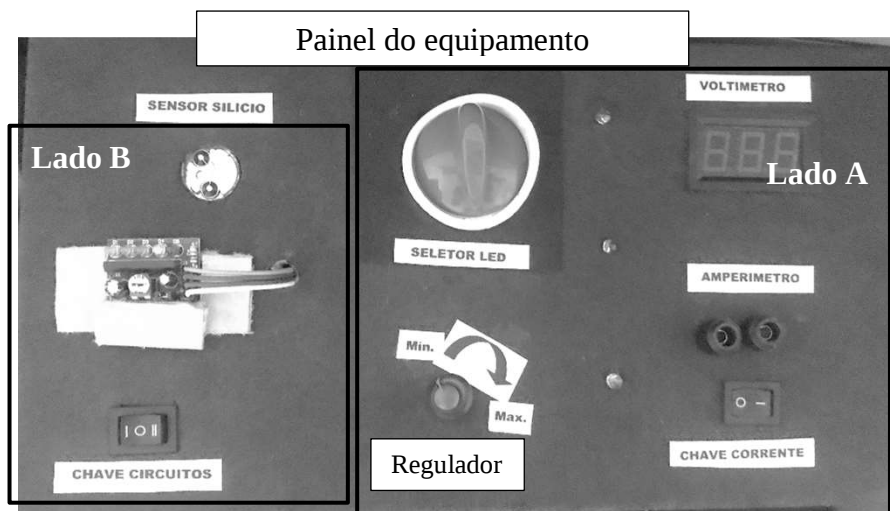
Pós-Teste de Aplicação de Produto Educacional

Escola:		
Aluno:		Serie:
Turma:	Turno:	Data:
Idade:		
Atividade Experimental:		
1) Por favor descreva o que na sua opinião foi mais importante na aula?		
2) Houve dificuldade no desenvolvimento do experimento? Quais?		
3) Você poderia citar algum exemplo no nosso dia a dia?		

1) O que é o efeito fotoelétrico?
2) O que é a função trabalho?
3) Descreva como podemos aumentar a passagem da corrente elétrica?
4) Explique como encontrar o potencial de corte do led.

APÊNDICE D

ROTEIRO EXPERIMENTAL



Lado A

- Ligue a “chave do circuito”, de modo a ligar o lado A, o qual possui 3 led’s, de cores, vermelho, verde e azul. Em seguida escolha 2 led’s, para que sejam realizadas as medidas identifique-os na tabela 1 abaixo, será notado que o visor do voltímetro se acenderá, indicando que o circuito está ativo.

- Gire a chave do “seletor” para selecionar o primeiro led, logo após ajuste o regulador de tensão, saindo da posição “MIN.” Até a eminência de acendimento do led.

Verifique se a “chave corrente” está ligada, caso contrário somente os valores de tensão serão visualizados.

- Anote valor de tensão indicado no visor do voltímetro e o de corrente indicado no amperímetro, posteriormente realize mais 3 medições ou mais, em posições diferentes do regulador, afim de terminar o preenchimento da tabela 1. Ao terminar, retorne o regulador para aposição “MIN.”

- Selecione o segundo led escolhido e repita o processo.

- para preencher a tabela 2, é necessário que o(a) aluno(a), utilize a formula abaixo para calcular o valor de h.

$$h = \frac{e \cdot V_0}{f}$$

Onde $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Coulombs.

Tabela 1			
Led			
Tensão (volts)	Corrente (mA)	Tensão (volts)	Corrente (mA)

Tabela 2	
Valor de h () J·s	Valor de h () J·s

Lado B

- Mude a chave de circuito para ligar o lado B. onde observaremos a reação da célula de silício, de um transistor, ao ser exposto a diferentes frequências de led's.
- Cada grupo dispõe de 3 led's de frequências diferentes, pegue o led 1, e coloque próximo a célula de silício, CUIDADO, NÃO ENCOSTE NO SILÍCIO!
- Observe o que acontece e anote. Repita o mesmo procedimento para os demais led's.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Moreira, M. A. Ensino de física no brasil: retrospectiva e perspectivas. *Revista do Professor de Física*, vol. 22, n. 1, 2000.

Ostermann, F.; Moreira, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 5, n. 1, 2000, p. 23-48.

Terrazzan, A. E. A inserção de física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, vol. 9, n. 3, 1992, p. 209-214.