

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA-POLO UFC**

**DJALMA GOMES DE SOUSA**

**IMPLEMENTAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO  
MÉDIO: DESAFIOS, DIFICULDADES E DISCUSSÕES METODOLÓGICAS, DA  
CONCEPÇÃO A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL**

**FORTALEZA**

**2018**

DJALMA GOMES DE SOUSA

IMPLEMENTAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO:  
DESAFIOS, DIFICULDADES E DISCUSSÕES METODOLÓGICAS, DA CONCEPÇÃO A  
CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Física. Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Dr. Nildo Loiola Dias.

FORTALEZA

2018

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

---

- S696i Sousa, Djalma Gomes de.  
Implementação de experimentos de Física Moderna no ensino médio : desafios, dificuldades e discussões metodológicas, da concepção a construção do produto educacional / Djalma Gomes de Sousa. – 2018.  
129 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Nildo Ioiola Dias.
1. Ensino de Física. 2. Física moderna. 3. Produto educacional. I. Título.

CDD 530.07

---

DJALMA GOMES DE SOUSA

IMPLEMENTAÇÃO DE EXPERIMENTOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO: DESAFIOS, DIFICULDADES E DISCUSSÕES METODOLÓGICAS, DA CONCEPÇÃO A CONSTRUÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Física. Área de Concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Nildo Loiola Dias (Orientador)

Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. José Ramos Gonçalves

Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Prof. Dr. José Robson Maia

Universidade Estadual do Ceará – UECE

Aos meus filhos Ângelo e Laís e a minha  
linda e dedicada esposa, Regiane Maria.  
Aos amigos do MNPEF/2016.

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo qual professo minha fé e creio ser a razão de toda existência.

Ao Professor Dr. Nildo Loiola Dias pela parceria em projetos relevantes, mas em especial por sua amizade, ética e honestidade, inclusive por sua excepcional orientação.

Ao professor Dr. Carlos Alberto Santos de Almeida coordenador do MNPEF/UFC e por ministrar com seriedade as disciplinas Marcos no Desenvolvimento da Física e Estágio Supervisionado.

Ao professor Dr. José Ramos Gonçalves por ministrar tão bem as disciplinas de Mecânica Quântica, Termodinâmica e Mecânica Estatística.

Aos professores doutores Marcos Antônio Araújo Silva e Giovanni Cordeiro Barroso por ministrarem as disciplinas experimentais de Eletromagnetismo, Quântica e Atividades Experimentais para Física no Ensino Médio e Ensino Fundamental, em sala e nos Laboratórios Didáticos, de Eletricidade e Magnetismo e o de Óptica e Física Moderna, do Departamento de Física da UFC (também o professor Dr. Nildo Loiola Dias).

Ao professor Dr. Daniel Brito de Freitas por ministrar de forma tão empolgante a disciplina de Física Contemporânea.

Ao professor Afrânio de Araújo Coelho por ministrar as disciplinas de Fundamentos Teóricos em Ensino e Aprendizagem, e Atividades Computacionais no Ensino de Física.

Ao professor Dr. Antonio Sérgio Bezerra Sombra por sua amizade e por disponibilizar o espectrômetro para realizar as medidas do espectro de frequências dos LEDs de alto brilho.

Ao Prof. Dr. José Marcos Sasaki por sua contribuição e amizade.

Ao amigo Márcio por ajudar em dúvidas relevantes na montagem e também no apoio e na infra-estrutura disponibilizada sobre a sua responsabilidade.

Aos demais funcionários e colegas do Departamento de Física da UFC.

A minha família, amigos e demais pessoas que de forma indireta ou direta contribuíram para concretização desse trabalho.

Aos novos amigos com o qual me diverti e compartilhei momentos de aprendizagem, Allyson, Antonio Ricardo, Eduardo, Evanildo, Fábio, Felipe, João Paulo, Luiz, Pedro Henrique, Rafael, Reginaldo, Ricardo, Thyago e Wagner Levy.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida nos anos cursados de Mestrado vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Física e à Sociedade Brasileira de Física.

Não é no silêncio que os homens se fazem, mas na palavra, no trabalho, na **ação-reflexão** [...] O diálogo, como encontro dos homens para a tarefa comum de saber agir, se rompe, se seus pólos {ou um deles} perdem a humildade. [...] Como posso dialogar, se me fecho à contribuição dos outros, que jamais reconheço, e até me sinto ofendido com ela? [...] A auto-suficiência é incompatível com o diálogo. Os homens que não têm humildade ou a perdem, não podem aproximar-se do povo. Não podem ser seus companheiros de pronúncia do mundo. Se alguém não é capaz de sentir-se e saber-se tão homem quanto os outros, é que lhe falta ainda muito que caminhar, para chegar ao lugar de encontro com eles. Neste lugar de encontro, não há ignorantes absolutos, nem sábios absolutos, há homens que, em comunhão, buscam saber mais [...] (FREIRE, 2008, p. 90) [1].

## RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento do ensino de Física no Ensino médio, abordando a problemática do ensino contemporâneo sobre a prática de ensino ainda baseada em aulas expositivas, em geral descontextualizadas, que mantém a metodologia com base em rotinas de cálculos, ensinando a fazer respostas sem questionar ou elaborar as perguntas. Assim propõe uma referencialização necessária para que se diminua a distância entre o que se pensa o que se diz e o que se faz, pois existe uma necessidade de que aula vá além da aplicação da ferramenta da matemática e seja focada no arcabouço teórico da Física Contemporânea, principalmente por meio dos problemas resolvidos e de aplicação experimental e teórica nas instituições de ensino superior, mas de fácil execução no ensino médio. Por isso apresenta todas as etapas de pesquisa, construção e aplicação de um Produto Educacional, uma apostilha que apresenta de forma detalhada procedimentos de montagem e modelos de relatórios de experimentos de dois kits, um nomeado “Kit de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”, e outro “Kit para determinação da constante de Planck”. A proposta experimental desenvolvida para estes kits traz uma introdução básica que inclui aspectos históricos – científicos bastante relevantes e apresenta as características mais importantes e fundamentais dos fenômenos que devem ser discutidas em pormenor durante a prática experimental. A apostila visa, por meio do experimento, uma maior dialogicidade com os estudantes, na intenção de vencer a dificuldade dos alunos de ensino médio com relação ao ensino de Física Moderna. Assim este trabalho avalia as implicações, problemas e desafios quanto ao uso desta nova metodologia na escola Centro de Educação de Jovens e Adultos Professora Eudes Veras (CEJA). Metodologia aplicada por meio de oficinas de Física na intenção de resolver uma distorção idade/série ainda presente nos CEJAs. Os experimentos foram construídos para estimular a elaboração de hipóteses e construção de modelos sobre os fenômenos observados, mas percebeu-se que os estudantes ainda encontram dificuldade de trabalhar sozinho, relatar suas observações e aversão ainda ao trabalho manual e de equipe. No entanto, de acordo com os resultados da prática desenvolvida com o Produto Educacional houve uma postura de maior motivação, pois o produto foi essencial em estimular o pensamento indutivo – dedutivo, que apesar do nível, os alunos conseguiram, em certa medida, descrever a ciência que está por trás dos procedimentos experimentais com os quais saíram satisfeitos.

Palavras-chave: Ensino de Física, Física Moderna, Produto Educacional.

## ABSTRACT

This work presents the development of Physics teaching in High School, addressing the problem of contemporary teaching on teaching practice still based on lectures, usually decontextualized, which maintains the methodology based on calculation routines, teaching to answer without question or to elaborate questions. Thus, it proposes a necessary reference to reduce the distance between what one thinks and what one says, because there is a need for that class to go beyond the application of the mathematical tool and be focused on the theoretical framework of Contemporary Physics, mainly through solved problems and experimental and theoretical application in higher education institutions, but easy to execute in high school. Therefore it presents all the steps of research, construction and application of an Educational Product, an apostille that presents in detail assembly procedures and experiment report templates of two kits, one named "Static Electricity and Photoelectric Effect Kit", and another "Planck Constant Determination Kit". The experimental proposal developed for these kits provides a basic introduction that includes very important historical and scientific aspects and presents the most important and fundamental characteristics of the phenomena that should be discussed in detail during experimental practice. The apostille aims, through the experiment, a greater dialogue with the students, in order to overcome the difficulty of the students of high school in relation to the teaching of Modern Physics. Thus, this work evaluates the implications, problems and challenges regarding the use of this new methodology in the school, Center for Young People and Adults Education, "Professora Eudes Veras (CEJA)". Methodology applied through physics workshops in order to solve an age / series distortion still present in the CEJAs. The experiments were constructed to stimulate hypothesis elaboration and model construction on observed phenomena, but it was noticed that students still find it difficult to work alone, to report their observations and still aversion to manual and team work. However, according to the results of the practice developed with the Educational Product there was a posture of greater motivation, because the product was essential in stimulating inductive thinking – deductive, that despite the level, the students succeeded, in a certain way, describe the science behind experimental procedures, and are satisfied.

Keywords: Physics Teaching, Modern Physics, Educational Product.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Panorama geral da concepção a aplicação do produto educacional.	39
Figura 2 - Parte frontal do kit com porta aberta.	40
Figura 3 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit1 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).	42
Figura 4 – Detalhe do passo dois que mostra as ligações individuais na extensão.	43
Figura 5 - Detalhe do passo dois que mostra as ligações no interruptor.	43
Figura 6 – Detalhe da chave de segurança da lâmpada de UV, que interliga o reator de 16W ao cabo da alimentação de 220V.	45
Figura 7 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit2 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).	48
Figura 8 - Detalhe (frontal) da prancheta com os dispositivos já posicionados antes de serem interligados.	50
Figura 9 - Detalhe (anterior) da prancheta com os LEDs interligados a chave seletora e os bornes.	50
Figura 10 – Detalhe da ligação da alimentação para o potenciômetro, deste para a chave de seis posições e ligação do LED de infravermelho na chave liga-desliga individual.	51
Figura 11 – Vista geral do circuito com a inclusão da base de MDF e espaço para a alimentação de 6V.	51
Figura 12 – Visão frontal do conjunto já pintado e pronto para uso.	52
Figura 13 – Gráfico mostrando o pico da frequência central de cada LED, desde o vermelho ao ultravioleta, medidos num espectrômetro (Cortesia LOCEM/UFC).	52
Figura 14 – Relação entre as marcações do potenciômetro e a tensões medidas.	53
Figura 15 – Gráfico mostrando os pontos experimentais e a reta de regressão linear para determinação da constante de Planck, valor que corresponde a 0,33% do valor da literatura ( $4,135667 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ ).	54
Figura 16 – Total de alunos inscritos para a “Oficina de Física Moderna Experimental”.	56
Figura 17 - Total de alunos participantes da “Oficina de Física Moderna Experimental”.	56
Figura 18 – Participantes da “Oficina de Física Moderna Experimental” no período noturno.	57
Figura 19 – Momento em que são explicados os procedimentos para o aluno operar os equipamentos.	58
Figura 20 – Explicando as funções do multímetro.	58
Figura 21 – Aplicando potência ao LED de infravermelho.	59
Figura 22 – Gatilho do LED de infravermelho a partir da tensão medida de 1,14 V.	59
Figura 23 – Alunos anotando procedimentos e respondendo questionário.	60
Figura 24 – Gráficos (energia X frequência) obtidos a partir dos pontos experimentais da Tabela 1. Reta de regressão manual para determinação da constante de Planck pela inclinação da reta.	63
Figura 25 – Nível escolar dos participantes da oficina.	65
Figura 26 – Nível de dificuldade experimental.	65
Figura 27 – Comparação da metodologia experimental em grau de dificuldade com metodologias tradicionais.	66
Figura 28 – Aplicabilidade e contextualização com o dia-a-dia.	66
Figura 29 – Nível de satisfação dos participantes.	67
Figura 30 – Avaliação da qualidade dos experimentos.	67
Figura 31 – Percentual de participantes que sugeriram manifestando-se escrita ou oralmente.	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais necessários para o “Kit 1” .....	41
Tabela 2 - Montagem do circuito elétrico de acionamento das lâmpadas. ....	42
Tabela 3 - Montagem dos adaptadores das lâmpadas de LED para inserção no circuito.....	44
Tabela 4 - Circuito e conexões da lâmpada UV e inserção no circuito principal. ....	44
Tabela 5 - Fixação do eletroscópio, vidro – proteção UV e inserção da lâmpada UV no circuito. ....	45
Tabela 6 - Vista anterior e posterior da mala com todos os dispositivos inseridos e testados. ....	46
Tabela 7 - Materiais necessários para o “Kit 2” .....	49
Tabela 8 – Respostas dos alunos do “ <i>Procedimento Experimental I</i> ” do kit de efeito fotoelétrico.....	60
Tabela 9 - Respostas dos alunos do “ <i>Procedimento Experimental II e III</i> ” do kit de efeito fotoelétrico. ....	62
Tabela 10 - Respostas dos alunos do questionário do roteiro de determinação da constante de Planck. ....	64
Tabela 11 – Destaque de uma resposta do questionário realizado ao final da oficina de Física. ....	64

## LISTA DE ACRÔNIMOS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEJA	Centro de Educação de Jovens e Adultos
DNA	Ácido Desoxirribonucleico (ADN)
UNB	Universidade de Brasília
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB 9394/96)
EJA	Educação de Jovens e Adultos
CES	Centros de Estudos Supletivos
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
DCNEM	Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio
CNE	Conselho Nacional de Educação
CEB	Câmara de Educação Básica
SEDUC	Secretaria da Educação do Estado do Ceará
CEE	Conselho Estadual de Educação
CD-ROM	Disco compacto de leitura de memória ( <i>compact disc <u>read-only memory</u></i> )
MNPEF	Mestrado Profissional em Ensino de Física
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
USA	Estados Unidos da América – EUA ( <i>United States of America</i> )
ENCEJA	Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos
LED	Diodo Emissor de Luz ( <i>Light Emitting Diode</i> )
UV	Ultravioleta
PVC	Policloreto de vinila
PET	Polietileno tereftalato
MDF	Placa de fibra de madeira de média densidade ( <i>Medium Density Fiberboard</i> )

## LISTA DE SÍMBOLOS

$Zn$	Elemento químico Zinco
$V$	Unidade de Tensão – Volt
$W$	Unidade de Potência – Watt
$m$	Unidade de comprimento – metro
$cm$	Unidade de comprimento – centímetro
$mm$	Unidade de comprimento – milímetro
$nm$	Unidade de comprimento – nanômetro
$\Omega$	Unidade de resistência – Ohm
$k\Omega$	Unidade de resistência – Quilo ohm
$\lambda$	Comprimento de onda
$e$	Número de Neper ou de Euler (2,718 281...)
$E, E_{max}$	Energia, Energia máxima
$T$	Função trabalho de um metal
$\nu, f$	Frequência da radiação
$f_0$	Frequência de corte
$eV$	Unidade de energia: eletrovolt
$s$	Unidade de tempo: segundo
$h$	Constante de Planck
AC/DC	Corrente alternada/ Corrente contínua (CA/CC) ( <i>alternating current/ direct current</i> )
Hz	Unidade de frequência: Hertz
A, mA	Unidade de corrente: Ampère e miliampère
%	Porcentagem ou percentual
$R$	Constante dos gases perfeitos ( $R = N.k = 8,31447 \text{ J/mol.K} = 1,98722 \text{ cal/mol.K} = 8,20578 \times 10^{-2} \text{ L.atm/mol.K}$ )
$k$	Constante de Boltzmann: $k = 1,380650 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
$N$	Número de Avogadro: $N = 6,022142 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$
$C$	Unidade de carga elétrica: Coulomb
$\Delta E$	Variação de energia num oscilador
$\varepsilon$	Energia de oscilação dos elétrons numa cavidade
$n$	Numero de modos: ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ )

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	<b>8</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>9</b>
<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</b> .....	<b>10</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	<b>11</b>
<b>LISTA DE ACRÔNIMOS</b> .....	<b>12</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b> .....	<b>13</b>
<b>SUMÁRIO</b> .....	<b>14</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1 Aspectos gerais do ensino de Física e da EJA .....	15
1.2 Motivação do trabalho e caracterização do problema .....	18
1.3 Objetivos específicos .....	19
1.4 Organização dos capítulos da dissertação .....	19
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>20</b>
2.1 EJA no Brasil e no Ceará .....	20
2.2 EJA, fundamentação legal e pedagógica .....	21
2.3 EJA e o conceito de aula .....	25
2.4 Panorama geral do ensino e visões sobre o ensino de ciências no ensino médio .....	27
<b>3 PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	<b>38</b>
3.1 Construção, adaptações e procedimentos experimentais. ....	38
3.2 Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico. ....	40
3.4 Roteiro do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”. ....	46
3.5 Kit experimental para determinação da constante de Planck. ....	47
3.6 Roteiro do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”. ....	54
3.7 Oficinas de Física como proposta pedagógica da Escola CEJA Profa. Eudes Veras. ....	55
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>60</b>
4.1 Resultados pedagógicos da “Oficina de Física Moderna Experimental” decorrente da Aplicação dos Produtos Educacionais. ....	60
4.2 Enquete sobre a aplicação do produto e da oficina .....	64
<b>5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>68</b>
<b>6 PERSPECTIVAS FUTURAS</b> .....	<b>69</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>70</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>74</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Aspectos gerais do ensino de Física e da EJA

Desde a década de 70 foi incluída de forma permanente a disciplina de Física no ensino médio. Atualmente ela está incluída no currículo da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Entretanto sempre foi um desafio ensinar Física no ensino médio, isto porque a metodologia empregada tem sido voltada para aulas expositivas e, em grande parte, descontextualizada dos problemas atuais e do dia a dia dos alunos. De maneira geral, as dificuldades encontradas estão relacionadas à compreensão dos conceitos por trás das fórmulas, pois a reprodução de uma prática que visa à repetição de rotinas de cálculos que não discutem a importância dos fatores ou termos da equação, nem as constantes relacionadas aos princípios de conservação muitas vezes envolvidos, é, sem sombra de dúvidas, o cerne da questão do ensino de Física. É senso comum achar também que, quem sabe Matemática sabe Física, mas dizer isto é total falta de conhecimento de como se deve ensinar Física, principalmente no ensino médio. Em se tratando de Física Moderna, ainda não chegamos efetivamente aos anos pós 1900, que marcaram e marcam fortemente o advento desta área da Física, e que negamos a todo instante em nossas aulas na escola de ensino médio, principalmente na escola pública. Sabemos que a Mecânica Quântica é uma generalização da Mecânica de Newton e Galileu, que são casos específicos quando tratamos do comportamento de partículas bem acima das dimensões atômicas e/ou moleculares, e que a relatividade também engloba a mecânica de Newton que passou a ser um caso especial no regime de velocidade bem inferior a da luz. Desta forma compartilhamos equipamentos e invenções decorrentes da Física Moderna, mas pertencemos ao século dezenove em termos de ensino de Física. Outra problemática no ensino desta ciência é a transposição do saber unidirecional, ou seja, muitos professores se sentem detentores do saber, apenas reproduzindo práticas apreendidas de seus mestres da faculdade. Portanto, deve-se repensar o ensino de Física no campo da ação-reflexão:

Não é no silêncio que os homens se fazem, mas na palavra, no trabalho, na **ação-reflexão** [...] O diálogo, como encontro dos homens para a tarefa comum de saber agir, se rompe, se seus pólos {ou um deles} perdem a humildade. [...] Como posso dialogar, se me fecho à contribuição dos outros, que jamais reconheço, e até me sinto ofendido com ela? [...] A auto-

suficiência é incompatível com o diálogo. Os homens que não têm humildade ou a perdem, não podem aproximar-se do povo. Não podem ser seus companheiros de pronúncia do mundo. Se alguém não é capaz de sentir-se e saber-se tão homem quanto os outros, é que lhe falta ainda muito que caminhar, para chegar ao lugar de encontro com eles. Neste lugar de encontro, não há ignorantes absolutos, nem sábios absolutos, há homens que, em comunhão, buscam saber mais [...] (FREIRE, 2008, p. 90).

Logo, uma Física construída de forma dialógica é, portanto, o caminho para compreensão do mundo atual. Esse diálogo deve ser muito bem intermediado pela experimentação. O método científico, muito bem formalizado pelo gigante Isaac Newton, é mais bem compreendido por alunos do ensino médio quando carregado de significado, e isto é possível de ser oportunizado aos estudantes do ensino médio por meio de aulas experimentais nas quais os alunos perpassem por todas as etapas até a realização do experimento propriamente dito.

Vale lembrar que esse aluno, o educando detentor de um “senso comum” pleno ou parcial, aquele que se pretende levar o conhecimento elaborado, sistematizado, sujeito ativo na aquisição, reflexão e transformação dessa cultura elaborada, nem possui todo o saber, nem é pura ignorância. Ele pode incorporar o que é novo sem necessariamente suprimir o conhecimento prévio, mas sim adequá-lo para fazer uso do mesmo conforme suas necessidades sociais e/ou intelectuais.

Percebe-se, portanto, que a busca pela interdisciplinaridade nas diversas modalidades de ensino é um ponto chave. Entretanto, existem diversos temas e possibilidades de construir um momento interdisciplinar, principalmente na área de Ciências da Natureza. Na Física, particularmente, o maior avanço do século XX foi o advento da Teoria Quântica e da Relatividade. Entretanto, o caráter interdisciplinar de ambas no ensino é mais bem observado quando são atacados os problemas resolvidos pelas teorias. Por exemplo, podemos citar o caso das “Ondas Gravitacionais”, que até janeiro de 2016 era um problema sem comprovação experimental, tipicamente um problema aberto da Física. Mas na atualidade, desde fevereiro de 2016, a sua descoberta (detecção das ondas) foi fundamental para comprovar a amplitude da relatividade geral e abriu um leque de possibilidade para pesquisa, tecnologia e, por que não, para o ensino também. Existem outros problemas abertos bem mais difíceis de serem discutidos no ensino básico: A Teoria de Campo Unificado; A formulação completa da Teoria Quântica; A origem da vida e a origem do Universo, entre outros. Todavia, atacar os problemas resolvidos é melhor, dada a sua atual aplicação em ciência e tecnologia. Entre eles

podemos citar: A interação da radiação com a matéria (efeito fotoelétrico, a radiação do corpo negro, os espectros de absorção e emissão, etc.); A forma microscópica da matéria (a estrutura dos átomos e moléculas, a formação de compostos, a estrutura cristalina, etc.); O modelo cosmológico do Universo (a curvatura do espaço, a dilatação do tempo, a expansão do Universo, a radiação de fundo do Universo, etc.); As partículas constituintes da matéria (elétrons, prótons, mesons, antipartículas, partículas elementares, etc.) e os avanços da Engenharia Genética (transgênicos, mapeamento genético, etc.); Microbiologia (o DNA, as estruturas virais, a clonagem, etc.) e Telecomunicações (internet das coisas, telefonia móvel, geoprocessamento por satélite, etc.). Entretanto, o professor não está impedido de trabalhar mesmo os problemas abertos, pois existem, para ambos os casos, vasta literatura a respeito, principalmente no formato paradidático, de leitura mais prazerosa e de melhor contextualização. As mais conhecidas entre várias são: “A History of the Sciences. [Stephen F. Mason](#) (autor); Collier Books NY 1966”; “O Acaso e a Necessidade. Jacques Monod; Vozes 1971”; “O ABC da Relatividade. Bertrand Russell; Zohar Editores 1974”; “Perturbando o Universo. Freeman Dyson; Ed. UnB 1981.”; “Entre o Tempo e a Eternidade. Ilya Prigogine e Isabelle Stengers; Ed. UnB 1984.”; “As Origens da Vida: Moléculas e Seleção Natural. Leslie E. Orgel. Ed. Unb 1988”; “The Tao of Physics (O Tao da Física). Fritjof Capra. Bantam Books 1990.”; “A mente de Deus. Paul Davies. Ediouro 1994”; “Física em seis Lições. Richard P. Feynman. Ediouro. 1999.”; e muitos outros mais atuais, como o “**Alice no País do Quantum**, um livro escrito pelo físico de partículas Robert Gilmore”, de leitura agradável e que desafia o senso comum.

A proposta que é apresentada, no entanto, visa implementar uma metodologia experimental de ensino de Física Moderna nas escolas de ensino médio, mais do que isso, visa também avaliar as implicações, problemas e desafios que aparecerão quanto ao uso desta nova metodologia. O que se espera é formar pessoas que possam questionar a sua realidade, pessoas que passarão de atores passivos para atuantes frente às discussões científicas atuais, em concordância com o que já foi citado por outros autores, inclusive Bizzo (2009), que diz:

Não se admite mais que o ensino de ciências deva limitar-se a transmitir aos alunos notícias sobre os produtos da Ciência. A Ciência é muito mais uma postura, uma forma de planejar e coordenar pensamento e ação diante do desconhecido. (grifos do autor). (BIZZO, 2009, p. 17)

Buscando assim evitar a aula como apenas uma preleção, que devemos incorporar outras metodologias. No entanto, as mais adotadas, são as oficinas de Física ou seminários organizados pela área de Ciências da Natureza.

Portanto, uma proposta adequada à modalidade de ensino das atuais escolas públicas do Ceará, com a denominação de Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA), é necessária, pois a partir dos dispositivos regulatórios, como a LDB, percebe-se que as características do ensino nos CEJAs são realmente peculiares, pois a regência de aulas a partir de material didático ausente de diversos conteúdos, por causa da busca incessante pela contextualização e interdisciplinaridade entre as áreas, além do mais, a necessidade de associar essa formação de algum modo ao ensino profissionalizante, faz com que se busquem metodologias mais significativas do ponto de vista prático da docência. Sem falar da dificuldade de transpor uma defasagem nata dos que freqüentam os CEJAs, uma condição essencial para adquirir sua autonomia e permitir o seu adequado retorno ao ensino regular, se assim o aluno desejar, isso tudo respeitando a individualidade e as necessidades de cada um.

As ações pedagógicas alternativas, como oficinas de Física e etc., visam também favorecer aos estudantes uma ampla possibilidade de avaliá-los, pois desta forma podemos observá-los em momentos pedagógicos diferentes e descontraídos em sua maioria, o que permite o surgimento espontâneo e direcionado de uma cognição motivada pelo prazer, oportunidade e vivência do aluno.

De acordo com a definição de avaliação de Lesne (1984:25): “avaliar é por em relação, de forma explícita ou implícita, um **referido** (o que é constatado ou apreendido de forma imediata, objeto de investigação sistemática, ou de medida) com um **referente** (que desempenha o papel de norma, de modelo, do que deve ser objetivo perseguido)”. Desse modo, afirmamos que o processo de referencialização é a condição primeira para diminuirmos a distância entre **o que se pensa o que se diz e o que se faz**. Esse tem sido o encaminhamento que procura seguir toda escola reflexiva, isto é, a escola capaz de estruturar sua prática a partir da reflexão teórica – da problematização da prática. *É insustentável nos dias atuais o modelo da imitação ou da repetição como cerne da prática docente* (ALARCÃO, 1996; PIMENTA e LIMA, 2011).

## **1.2 Motivação do trabalho e caracterização do problema**

Ciente do papel do professor e da importância da metodologia experimental, como também, de todo o arcabouço teórico que os fundamenta e fundamenta a didática, o ensino e as práticas docentes, este trabalho se delimita a discutir a metodologia de ensino dos CEJAs,

apresentar os dispositivos regulatórios dessa metodologia de ensino, as implicações de métodos ultrapassados e a proposta de novas ações didáticas experimentais por meio da discussão de um **produto educacional desenvolvido**, produto este que inclui procedimentos de montagem, modelos de relatórios de experimentos de cada “kit”, aplicação destes na escola CEJA Professora Eudes Veras e avaliação dos resultados pedagógicos alcançados para melhoria do ensino de Física. Detalhes dos kits serão apresentados, mas vale ressaltar que se restringem a um total de dois: “Kit de eletricidade estática – efeito fotoelétrico” e “Kit para determinação da constante de Planck”.

### **1.3 Objetivos específicos**

De forma resumida, os objetivos específicos deste trabalho são:

1. Abordar a problemática do ensino de Física no Ensino médio decorrente de práticas de ensino defasado, de conflitos sociais existentes e da infra-estrutura ainda precária em várias escolas.
2. Apresentar os dispositivos regulatórios do ensino, em especial da EJA, modalidade presentes nos Centros de Educação de Jovens e Adultos (CEJAs) do Ceará.
3. Descrever as etapas de pesquisa, construção, adaptações de procedimentos experimentais e dispositivos de kits de Física Moderna disponíveis para o ensino superior, mas de fácil execução experimental para o ensino médio.
4. Apresentar as melhorias pedagógicas alcançadas em decorrência da aplicação do Produto Educacional na escola CEJA Professora Eudes Veras.

### **1.4 Organização dos capítulos da dissertação**

No próximo capítulo serão apresentados e discutidos a Educação de Jovens e Adultos no Brasil e no Ceará, a regulamentação legal desta modalidade de ensino e escola nos dispositivos legais federais e/ou estaduais, assim como a atuação docente do professor e do estudante neste cenário e a compreensão deste modelo de “aula”. Será explorada também a problemática do ensino de Física no Brasil e no Mundo, os resultados de pesquisas, conferências, e trabalhos já publicados que repercutiram e repercutem ainda hoje no ensino de Física na educação básica, em especial no ensino médio, ênfase desta proposição. No capítulo posterior ao citado, entretanto, será aprofundada a discussão das metodologias de confecção, fundamentação teórica e os modelos de relatórios de procedimentos experimentais dos kits e

sua aplicação detalhada na escola de ensino médio, em especial a que atua o proponente, Centro Educação de Jovens e Adultos Professora Eudes Veras (CE).

As conclusões finais e gerais serão descritas ‘a posteriori’ e direcionaram as melhores práticas e posturas pedagógicas alcançadas por esta proposta e Produto Educacional confeccionado e aplicado, assim como, dará uma visão geral dos objetivos alcançados frente aqueles propostos como meta deste trabalho.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 EJA no Brasil e no Ceará**

A EJA, educação de jovens e adultos, surgiu devido à necessidade histórica de sanar o altíssimo nível de analfabetismos herdado da sociedade brasileira colonial. Tornou-se inicialmente uma política de compensação ou de inclusão de uma imensa classe de alfabetizados ou jovens e adultos pouco escolarizados. Portanto, aqueles que não concluíram seus estudos por meio do ensino regular, passaram a ter a oportunidade de fazê-lo da forma mais acelerada para chegar à igualdade de condições ao mercado de trabalho.

Foi esse modelo de formação acelerada ou aligeirada (PIMENTA e LIMA, 2011) que configurou um momento epistemológico da educação de jovens, assim como uma de suas ações encontra sua base legal na regulamentação<sup>1</sup> do chamado Ensino Supletivo. Entre as quatro funções propostas para esse ensino – suplência, suprimento, aprendizagem e qualificação – a suplência tinha por objetivo o que hoje as DCN para EJA chamam função reparadora. Mas esse objetivo de correção da distorção idade/ano não deve ser compreendido como o objetivo essencial da EJA, conforme observamos na evolução do seu estatuto epistemológico de Ensino Supletivo para Modalidade da educação básica (HADDAD e DI PIERRO, 2000).

Em âmbito estadual, acompanhando as tendências políticas de educação em nível nacional, foi criado no Ceará, os Centros de Estudos Supletivos (CES) na década de 1970. Estes centros, a época, utilizavam material didático modular, orientação de estudos individuais e organizados por disciplina. Eles surgiram para atender ao grande contingente de jovens e adultos, em sua maioria trabalhadora, que por motivos diversos estiveram excluídos do processo de escolaridade, cujo perfil não se enquadrava na organização e funcionamento da escola seriada.

---

<sup>1</sup> LDB 5.692/1971, capítulo IV.

A heterogeneidade dos estudantes frequentadores da escola pública foi tendenciosamente ignorada por causa do processo de massificação do ensino. Assim, quando pensamos no perfil dos jovens e adultos que são atendidos nos CEJA, não podemos desconsiderar o perfil dos docentes para atender essa demanda tão específica e heterogênea. A modelagem do currículo encontra nos professores dessas instituições de ensino sua expressão mais desafiadora. O surpreendente das situações de ensino-aprendizagem pode aparecer não nos limites de um tópico de uma aula expositiva, mas em toda complexidade de assuntos que encerram os módulos. As inquietações correntes do processo de aprendizagem dos alunos são a interdisciplinaridade e a transversalidade. Não dependem do que foi sugestionado num plano de aula comum. Os conteúdos disciplinares, pois, tendem a transitar por assuntos muitas vezes completamente diferentes exigindo por parte de quem ensina o domínio incondicional dos conteúdos.

Mudanças significativas nas políticas públicas educacionais foram implantadas, como a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais, conhecido como PCNs, que faz parte de um conjunto de subsídios que orientam o trabalho do professor em cada disciplina dentro de suas respectivas áreas. Os PCNs são parte integrante das Diretrizes Curriculares Nacionais para o ensino Médio (DCNEM), que por sua vez expressam os princípios gerais da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), proposta pelo ministério da educação em dezembro de 1996 (RICARDO e ZYLBERSZTAJN, 2002).

Um ponto importante enfatizado nos PCNs é a interdisciplinaridade, ou seja, por exemplo, a contextualização da Física com outras disciplinas. Porque para alguns profissionais, é de grande valor a oportunidade de mesclar os conhecimentos das ciências da natureza, em sua maioria não contextualizada com as outras áreas do conhecimento, como as ciências humanas e as linguagens e códigos. Todavia, para muitos destes profissionais a contextualização com estas áreas tornam-se um desafio a mais a ser vencido, pois a interdisciplinaridade requer tempo para leitura, planejamento coletivo e uma formação continuada (RICARDO e ZYLBERSZTAJN, 2002). Assim, tende-se a seguir o recurso didático que traz uma contextualização entre as disciplinas da mesma área, no caso específico ciências da natureza.

## **2.2 EJA, fundamentação legal e pedagógica**

Das mais diversas formas se desenvolvem a Educação de Jovens e Adultos no sistema educacional brasileiro. São cursos presenciais, cursos semipresenciais e cursos à distância. São desenvolvidos por meio de módulos os cursos semipresenciais com

predominância do ensino individualizado. Os módulos cobrem a grade curricular de cada disciplina do ensino fundamental ou do ensino médio (Cury, 2000).

A afirmação do *Estatuto de Modalidade* da Educação de Jovens e Adultos (EJA) se insere nos diferentes referenciais normativos da educação básica, a destacar: Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio (PCNEM), Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 9394/96), Diretrizes Curriculares Nacionais para Educação de Jovens e Adultos (Parecer CNE/CEB 11/2000), Proposta para as Diretrizes Operacionais dos Centros de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) (SEDUC-CE/2010), Resolução CNE/CEB Nº 3/2010, Diretrizes Para Políticas de Educação de Jovens e Adultos no Ceará (SEDUC/2005) e Resolução CEE 438/2012.

Os CEJAs, no Estado do Ceará, têm o sistema semipresencial como a proposta metodológica principal. Sua fundamentação legal está nos artigos 4º e 23 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB nº. 9.394/96). E para o cumprimento da função equalizadora, sua estrutura pedagógica é bem sugestionada nas suas Diretrizes Curriculares Nacionais.

O artigo 4º da LDB esclarece que a oferta de educação escolar para jovens e adultos deve considerar características e modalidades adequadas às necessidades e disponibilidades dos seus sujeitos cognoscentes (capacidade de conhecer e assimilar o saber), garantindo aos que forem trabalhadores condições de acesso e permanência. Os sujeitos discentes da EJA não são simplesmente qualquer estudante com defasagem idade-série. Suas características foram bem descritas por Cury (2000):

Muitos alunos da EJA têm origens em quadros de desfavorecimento social e suas experiências familiares e sociais divergem, por vezes, das expectativas, conhecimentos e aptidões que muitos docentes possuem com relação a estes estudantes. Identificar, conhecer, distinguir e valorizar tal quadro é princípio metodológico a fim de se produzir uma atuação pedagógica capaz de produzir soluções justas, equânimes e eficazes. (BRASIL, Parecer CNE/CEB 11/2000).

O artigo 23 da LDB respalda a organização do ensino de diferentes formas: séries, semestres, ciclos, alternância regular de períodos de estudos ou grupos não seriados, sempre que o interesse do processo da aprendizagem exigir. E ainda o Parecer sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais da EJA assim se reportou ao assunto:

A diversidade da escola média é necessária para contemplar as desigualdades nos pontos de partida de seu alunado, que requerem diferenças de tratamento como forma mais eficaz de garantir a todos um patamar comum nos pontos de chegada. A flexibilidade poderá atender a esta tipificação do tempo mediante módulos, combinação entre ensino presencial e não-presencial. (BRASIL, PARECER CNE/CEB 11/2000).

O modo de ser peculiar próprio da EJA toma sentido a partir do reconhecimento do estatuto de modalidade da educação de jovens e adultos. A peculiaridade própria da EJA passa a ser mais bem definida e analisada como condição para estruturação do seu projeto pedagógico e curricular:

A LDB n.º 9.394/96 prevê que a **educação de jovens e adultos** se destina àqueles que não tiveram acesso (ou não deram continuidade) aos estudos no Ensino Fundamental e Médio, na faixa etária de 7 a 17 anos, e deve ser oferecida em sistemas gratuitos de ensino, **com oportunidades educacionais apropriadas, considerando as características**, interesses, condições de vida e de trabalho do cidadão. (MEC, 2002, p.17)

Nos artigos 37 e 38 da LDB encontramos as atribuições do estado e das instituições quanto a EJA:

Art. 37 A Educação de Jovens e Adultos será destinada àqueles que não tiveram acesso ou continuidade de estudos no Ensino Fundamental e Médio na idade própria.

§ 1º Os sistemas de ensino assegurarão gratuitamente aos jovens e aos adultos, que não puderam efetuar os estudos na idade regular, oportunidades educacionais apropriadas, consideradas as características do alunado, seus interesses, condições de vida e de trabalho, mediante cursos e exames.

§ 2º O Poder Público viabilizará e estimulará o acesso e a permanência do trabalhador na escola, mediante ações integradas e complementares entre si.

§ 3º A Educação de Jovens e Adultos deverá articular-se, preferencialmente, com a educação profissional, na forma do regulamento (parágrafo incluído pela Lei nº 11.741, de 16/7/2008).

Art. 38 Os sistemas de ensino manterão cursos e exames supletivos, que compreenderão a base nacional comum do currículo, habilitando ao prosseguimento de estudos em caráter regular.

§ 1º – Os exames a que se refere este artigo realizar-se-ão:

I – no nível de conclusão do Ensino Fundamental, para maiores de quinze anos;

**II** – no nível de conclusão do Ensino Médio, para os maiores de dezoito anos.

§ 2º – Os conhecimentos e habilidades adquiridos pelos educandos por meios informais serão aferidos e reconhecidos mediante exames.

A resolução federal (3/2010) é ratificada pela resolução 438/2012 do Conselho Estadual de Educação do Ceará que dispõe sobre a Educação de Jovens e Adultos em seu Art. 1º, § 2º, ao considerar que:

§ 2º A aprendizagem e a educação continuada consistem na criação de oportunidades para que as pessoas se tornem aprendizes autônomos e construam conhecimentos como parte de seu dia a dia e ao longo da vida, o que pressupõe predisposição para aprender, ambientes de aprendizagem adequadamente organizados e pessoas qualificadas para auxiliar os sujeitos nesse processo.

Por isso é preciso que se problematize seu projeto didático-pedagógico para além do seu currículo oficial representado pelo conjunto das disciplinas da base nacional comum. E nesse sistema de referência legal posto para EJA, no estado do Ceará, os Centros de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) representam um modelo de escola que tem investido em elaborar uma proposta curricular coerente com os princípios supracitados, resguardando, assim, o que é preconizado nos termos da Lei.

O atendimento individual, a sistemática semipresencial, a organização modular qualificam a proposta metodológica dos CEJAs como constituidora de um projeto educacional democrático e emancipatório. O atendimento individual propicia uma real atenção à heterogeneidade de seus estudantes que possuem diferentes bases de conhecimentos e motivação para a aprendizagem. A flexibilidade do atendimento da sistemática semipresencial potencializa maior frequência à escola com garantia de continuidade do processo de aprendizagem. A organização modular permite que o conteúdo seja flexível, negociado, contextualizado etc. Com isso, mais do que garantir equidade no trato com seus alunos – conforme prescreve a função equalizadora – por meio de uma abordagem que respeita o ritmo de aprendizagem de cada indivíduo, uma vez que não há homogeneização do processo de ensino, garantimos a certificação<sup>2</sup> – exigência da função reparadora – de nossos estudantes com compromisso com um ensino que encontra aporte na diversidade didática.

No sistema de organização modular, ou de material didático por áreas, característicos

---

<sup>2</sup>Em 2017 foram certificados pelos Centros de Educação de Jovens e Adultos do Ceará 9.360 alunos (7.136 do ensino médio e 2.224 do ensino fundamental).

do sistema semipresencial, os desdobramentos das unidades didáticas básicas, comumente presentes na escola seriada (plano de ensino, plano de unidade e plano de aula) assumem outros contornos, por sua vez, mais complexos como características intrínsecas do ensino individualizado. Tardif e Loiola (2001) assim se reportaram a essa característica do ensino:

[...] Os professores não podem deixar de levar em conta as diferenças individuais, pois são os indivíduos que aprendem e não os grupos. Esse componente individual significa que as situações de trabalho não levam à solução de problemas gerais, universais, globais, mas se referem a situações muitas vezes complexas marcadas pela instabilidade, pela unicidade, pela particularidade dos alunos, que são obstáculos inerentes a toda generalização, às receitas e às técnicas definidas de forma definitiva (TARDIF e LOIOLA, 2001).

Quando transpomos esse significado para o contexto escolar impõe-se a responsabilidade de apresentarmos aos alunos conteúdos com significado ao seu desenvolvimento social e intelectual, condizente com as exigências do mundo contemporâneo.

### **2.3 EJA e o conceito de aula**

O trabalho docente não está restrito a regência de sala de aula, no entanto, enquanto unidade didática parece ser o dispositivo metodológico mais característico do trabalho docente. É na verdade muito enfatizada no discurso e na prática pedagógica como se fosse o único ou exclusivo espaço da gestão docente. Todavia, ela (a regência) é consequência de uma exaustiva tarefa de escrutínio, escolha minuciosa, dos demais elementos de ensino, a destacar: a seleção de conteúdos, a definição de objetivos, a escolha das estratégias de ensino e dos instrumentos de avaliação.

O ensino regido por professores sem uma sala de aula, como ocorre nos CEJA, onde estes administram os conteúdos sistematizados do projeto educacional em aulas expositivas, não é bem assimilado ou assumido por muitos dos envolvidos com a sistemática do ensino semipresencial. Independentemente do tipo de estratégia de ensino proposto, não é invalidada a prática pedagógica e não é facultado aos professores à esquiva das suas tarefas principais de planificação curricular: planejar, selecionar conteúdos, definir objetivos, definir os instrumentos de avaliação, aplicar e corrigir avaliações, etc. Todas essas tarefas são inerentes à prática de ensino.

A exposição, na qualidade de recurso metodológico, foi enraizada no contexto

prático. A definição conceitual limitada da regência escolar enquanto aula expositiva encontra em Chagas (2006) uma observação pertinente:

[...] da sua primitiva acepção de lugar-onde-se-ensina a aula veio a significar o ato-de-ensinar e daí, pela constância de metodologia expositiva, tendeu a identificar-se como preleção exclusiva. É justamente para evitar o sentido estrito de aula como sendo apenas preleção que devem ser empregados, também, os termos hora de atividades e hora de trabalho escolar efetivo. (BRASIL, PARECER 261/2006).

Segundo ALVES e ANASTASIOU (2007), instrução individualizada, exposições, pesquisas, debates, **oficinas**, estudo de texto, resolução de estudo dirigido, seminário, dramatização, elaboração de mapa conceitual, visitas temáticas etc., são algumas das muitas estratégias metodológicas que a literatura pedagógica indica como legítimas. Assim, o trabalho docente agregado ao ensino pode ser desenvolvido das mais diferentes formas e tempos. Vale ressaltar que o conjunto dessas atividades integra o cotidiano dos CEJA.

Ressaltada a sua amplitude metodológica, estes Centros, ao priorizarem como estratégia de ensino principal a orientação individualizada e dialogada, assumiram o compromisso de romper com a retórica da metodologia expositiva encerrada em horas-aula estanques. O processo de ensino e aprendizagem ativos, almejados pelo novo paradigma educacional e, em particular, pela pedagogia de adultos ou **Andragogia**, exige do educador a transcendência de metodologias centralizadoras do processo de ensino-aprendizagem e, dos estudantes, a negociação dos seus deveres como condição de alcançarem sua autonomia da aprendizagem. Inclusive a aprendizagem científica, tão falada nas diretrizes e outros instrumentos normativos da educação básica.

Nos CEJA, deparamo-nos com estudantes de diversas faixas etárias e formação escolar, cujos interesses exigiram dos sistemas escolares a implementação de um currículo também diversificado do ponto de vista da estrutura de ensino (ensino semipresencial, matrícula o ano inteiro, atendimento ininterrupto e individualizado) e objetivos de formação. Atualmente, se identifica a riqueza da **proposta curricular** desses estabelecimentos de ensino por meio de suas ações, a destacar: **circulação, ampliação, classificação, aproveitamento e certificação**. Do ponto de vista pragmático, essa situação coloca um grande desafio aos seus professores, na medida em que são estes os profissionais diretamente responsáveis pelo

processo de interpretação, seleção, implementação e avaliação do chamado currículo real<sup>3</sup> a partir do currículo prescritivo/oficial (planos, programas, diretrizes, parâmetros) e do currículo apresentado (livro texto, programas de vídeo, CD-ROM, etc.).

Por fim, não podemos esquecer também que o acesso ao conhecimento escolar tem, portanto, função variada: desenvolver habilidades intelectuais e criar atitudes e comportamentos necessários para a vida em sociedade, assim como, possibilitar ao aluno a aquisição de conhecimentos que favoreçam o acesso a outras modalidades de ensino. Nessa linha, a EJA representa uma possibilidade de efetivar um caminho de desenvolvimento a todas as pessoas, de todas as idades, permitindo que jovens e adultos atualizem seus conhecimentos, mostrem habilidades, troquem experiências e tenham acesso a novas formas de trabalho e cultura.

## **2.4 Panorama geral do ensino e visões sobre o ensino de ciências no ensino médio**

Nos últimos anos, vislumbramos uma maior democratização do ensino em todos os níveis. A democratização do acesso a escola, e a universidade, são necessárias, mas trouxe para escola uma demanda antes não vivenciada, pois salas de aula lotadas com alunos apresentando diversas dificuldades de aprendizagem e comportamento aumentaram os conflitos entre os atores envolvidos, o que colocou as práticas pedagógicas consideradas adequadas em cheque. Sem falar na busca incessante por resultados em um ambiente que se privilegia o preenchimento de diários, elaboração repetida e mal discutida de planos de aula e numa luta constante contra a indisciplina e os conflitos recorrentes.

Dentro deste cenário, aparentemente tenebroso, voltamos a discutir a postura da escola e do professor na administração e na gestão da aula. Também se visualiza uma maior demanda para os CEJAs, talvez uma alternativa ao antigo modelo de escola. Nos CEJAs a preocupação principal é com o atendimento individualizado e realizações de seminários por área e oficinas de disciplinas, previamente programadas. Observa-se assim que o aluno tem a chance de uma atenção maior as suas dificuldades e a vencer aqueles medos adquiridos durante toda vida escolar, e ele próprio planeja sua carga horária letiva e escolhe os dias de atendimento na escola.

Portanto, na escola pública principalmente, não interessa mais uma “educação de resultados”, da forma que foi criticada por Young (Young, 2007), e que tem sido bastante

---

<sup>3</sup> Ver PERRENOUD, Philippe. Avaliação entre duas lógicas: da excelência à regulação das aprendizagens. Porto Alegre: Artmed, 1999.

vivenciada após os anos de 1990 aqui no Ceará e também no Brasil, porque esse tipo de educação tem sido o principal agente de tensão entre demandas políticas e realidades educacionais. Não cabe mais enfatizar apenas a aquisição de metas e a preparação dos alunos voltada para provas e exames. Um ponto já discutido pelo professor P. G. de Paula Leite (Brasil, 1963) na “*International Conference on Physics in General Education: Why Teach Physics?*”, e que vale a pena mencionar é que o ensino de Física na escola secundária (atual ensino médio) é muitas vezes direcionada na preparação de exames de acesso a universidade (vestibulares), muitas das vezes carreiras técnicas. De acordo com ele, os professores no Brasil se preocupavam mais nas descrições dos instrumentos e equações no ensino de Física, do que desenvolver nos estudantes as habilidades para o uso da Física e o entendimento de fenômenos físicos e conceitos, fatos ainda muito presentes nas escolas de ensino médio atuais. Whitehead (1969, p. 64 e 65), diz que o pior de uma educação científica, é aquela em que os professores, sob a influência dos sistemas de “exames”, tendem simplesmente a abarrotar os alunos com os resultados estreitos dessas ciências especiais, ou seja, de um ou dois ramos particulares. E de acordo com Young (2007) há uma idéia equivocada de “transmissão de conhecimento”, onde esta incompreensão é entendida como uma envio unidirecional do conhecimento para o discente, valorizando assim, aquele comportamento de se *ensinar as respostas sem que o aluno elabore as perguntas*.

- Para que servem as escolas? (Young, 2007):

“Que elas capacitam ou podem capacitar jovens a adquirir o conhecimento que, para a maioria deles, não pode ser adquirido em casa ou em sua comunidade, e para adultos, em seus locais de trabalho.”

As práticas vivenciadas pelo aluno, em sua casa, no trabalho e em outros espaços de convívio social, assim como, as relações ideológicas, sociológicas e tecnológicas, carregadas de alguma função social, devem servir às escolhas didáticas, pois, de acordo com os PCNs, a autonomia crítica do educando dar-se sob o aspecto intelectual, político e econômico. Assim, o desejo de uma nova escola por parte dos alunos, conectados a novas tecnologias e com novos conceitos de cunho ético e moral obrigam a muitos professores a repensar sobre sua prática.

Não é difícil perceber que a dificuldade em ensinar, principalmente ciências ou Física, nos níveis fundamental e médio, respectivamente, não foi superada nas escolas brasileiras. Varias conferencias, desde a década de 60 em diante, foram realizadas com o intuito de discutir intensamente os problemas e dificuldades da educação em Física na America Latina.

Na ‘*First Inter-American Conference on Physics Education*’ (Rio de Janeiro, 24 a 29 de 1963) (Sanborn C. B.; Clarke, Norman; Tiomno, Jayme, 1963), saíram recomendações que foram úteis em mostrar as deficiências e dificuldades na área. Algumas destas são claramente apresentadas pelas seguintes resoluções resumidas e pode-se dizer que são ainda parte dos problemas atuais:

1. O ensino de Física em todos os níveis poderá ser baseado “primeiramente em trabalho experimental”, em vez de mero acúmulo de informação.
2. O ensino de Física no colegial (atual nível fundamental) poderá ser adaptado ao nível intelectual das crianças nesta fase.
3. Um forte suporte do governo e organizações internacionais é necessário para desenvolver programas para a produção de ferramentas auxiliares de ensino, particularmente equipamento barato, e filmes na língua nativa do país.

Alunos que sabem formular perguntas de acordo com a lógica e o método científico, por exemplo, estarão mais aptos a dar continuidade a sua aprendizagem sem a presença do professor. Isso porque eles aprenderam a formular hipóteses e construir modelos na tentativa de compreender um evento, um fenômeno ou um pensamento.

Não há ensino sem que haja um motivo para o qual nos leve a aprender. E tudo passa pela necessidade de reaprender a pensar e a sistematizar as idéias na tentativa de criar hipóteses para elaborar as perguntas certas, não apenas aprender respostas prontas.

Se a intenção é prepara o aluno para uma formação técnica ou para uma carreira acadêmica, enfim, também para o mercado de trabalho de uma maneira geral, então devemos de certa forma, assim como no meio acadêmico provocar por meio da interdisciplinaridade uma excitação mutua que deve encaminhar para a unidade do saber, assim como é pensada a ciência para a universidade (GUSDORF, Georges. 1964; JASPERS, Karl. 1946)

De acordo com Cunha (1970) é necessário uma visão de mundo baseada no saber científico, procurando conseguir de cada aluno o máximo rendimento compatível com suas possibilidades, o que aqui, no contexto do ensino médio, significa traçar estratégias inovadoras que apresente a ciência moderna ao ponto de cultivar e estimular, como sugeriu Cunha (1970) para a universidade, as potencialidades criativas dos talentos mais excepcionais, em todos os ramos da cultura. O que impõe que o professor de Física possua habilidades de ensino que favoreçam a elevação cultural dos alunos da forma mais eficaz possível.

Sabemos que a ação do professor de Física em sala de aula, não é diferente das outras áreas, deve se revestir de paixão pela Ciência, mas como ser humano sabe-se também de suas limitações emocionais e financeiras frente à infra-estrutura às vezes precária das escolas.

Como membro mais importante no direcionamento do ensino e aprendizagem, é cobrado dele a mediação consciente entre a interação do aluno com a sociedade, em especial sobre os produtos da ciência e tecnologia. Sem dúvida deve ser tal a sua percepção que conheça o patamar cognitivo do aluno a fim de propiciar uma escalada sustentável na aprendizagem. Acima de tudo, ele deve ser um pleno conhecedor, mesmo que generalista, do campo científico com o qual trabalha, porque só assim estará capacitado para melhor orientar seus alunos na busca do entendimento sobre as questões atuais e às vezes polêmicas das ciências e tecnologias. Bell (1966, p 163) já alertava aquela época sobre a fluidez da pesquisa em ciência e seu impacto após se passarem trinta anos, ou seja, o que nos preocupava décadas atrás com certeza não é mais adequado na atual pesquisa científica e não serve as aplicações tecnológicas mais inovadoras. Assim discutir questões do passado, de modo geral, não serve mais aos jovens alunos do século XXI. Macluhan *et. al.* (1969, p. 91) destaca bem a evolução rápida da ciência e seus impactos associados já a velocidade da informação:

“...O sistema de circuitos elétricos entrelaça os homens uns com os outros. As informações despencam sobre nós instantaneamente. Tão pronto se adquiriu um novo conhecimento, este é rapidamente substituído por informação ainda mais recente. Nosso mundo, eletricamente configurado, forçou-nos a abandonar o hábito de dados classificados para usar o sistema de identificação de padrões. Não podemos mais construir em serie, bloco por bloco, passo a passo, porque **a comunicação instantânea garante que todos os fatores ambientais e de experiência coexistem num estado de ativa interação.** (p. 91)”

Há também uma dificuldade tremenda de sair do particular para vislumbrar idéias gerais, pois não se trabalha temas geradores de interdisciplinaridade que elevam a discussão da ciência a uma categoria que exija conhecimentos de outras disciplinas, por isso, muitas vezes, o experimento potencializa esse tipo de discussão e contextualiza a mesma para temas atuais. Assim estas possibilidades de generalização podem ajudar o estudante a entender e resolver problemas peculiares do mundo contemporâneo. Permite também avaliar, quando possível, conseqüências sociais da imposição da industrialização sobre a sociedade atual. De acordo com Macluhan *et. al.* (p. 36-37):

“Confusões inumeráveis e um profundo sentimento de desespero emergem invariavelmente nos períodos de grandes transições tecnológicas e culturais. A nossa “Idade de Angústia é, em grande parte, o resultado de se tentar cumprir as tarefas de hoje com as ferramentas de ontem.”

De acordo com Bruner (1968): O conhecimento adquirido por alguém, sem suficiente estrutura a que se ligue, é um conhecimento fadado ao esquecimento:

“Organizar os fatos em termos de princípios e idéias, a partir dos quais possam ser inferidos é o único meio conhecido de reduzir a alta proporção de perda de memória humana. (...) A compreensão da estrutura na Física, assim como na Matemática, habilita o aluno, entre outras coisas, a aumentar sua eficiência no trato intuitivo dos problemas. (p. 28).”

É na lógica indutiva e dedutiva, da qual fala Whitehead (1969), que deve se basear também a Física do ensino médio, pois pesar as possibilidades, descartar detalhes irrelevantes, descobrir as regras gerais dos acontecimentos e testar hipóteses por meio de experimentos adequados, fazem parte integrante da lógica indutiva, da descoberta. Todavia, sem a lógica dedutiva, o que foi descoberto pela ciência, em que importa a dedução dos acontecimentos especiais que atendam as supostas leis da natureza, leva-se a concluir que ela, a ciência é inteiramente inútil de acordo com Whitehead (1969). Isso implica que devemos estimular por meio de aulas práticas a melhora da intuição, indução e dedução, características puramente científicas, sem correr o risco de executar experimentos puramente mecanizados sem que estimule essas qualidades próprias da ciência.

Portanto a prática docente que incentiva a experimentação e aguça a indução e dedução por parte dos estudantes é de suma importância no ensino médio. Assim, uma aula ou oficina experimental que viabilize um entendimento mais amplo e esclarecido sobre o tema abordado coloca o aluno em pé de igualdade com outras instituições de ensino e aproxima a escola de ensino médio da universidade. Com certeza uma aproximação vislumbrada pelo **Mestrado Profissional em Ensino de Física – MNPEF/SBF**.

Muitas das vezes na escola regular, e muito mais nas escolas para jovens e adultos fora de faixa, nos deparamos com situações nos quais desejamos cumprir o currículo sem perder nenhuma parte sequer da informação dos conteúdos, mas isso, de acordo com McGrath (1964, p. 40) é na verdade uma espécie de pecado original, pois de forma subconsciente há um sentimento de que se deve “Aprender agora ou nunca!”, o que traduz uma compulsão por repassar todo o conteúdo, amiúde, em um simples curso de Física Básica. Portanto, as oficinas experimentais são propostas pedagógicas extremamente relevantes porque vislumbram aguçar a indução e dedução por meio de modelos pedagógicos interdisciplinares que valorizam a criatividade, criticidade e o trabalho em equipe, favorecendo assim, uma maior apreensão do

conhecimento. Portanto, o ensino não pode se limitar ao ensino livresco, repetição exclusiva e monótona do que outros fizeram e escreveram.

O professor P. G. de Paula Leite (Sanborn C. B.; Clarke, Norman; Tiomno, Jayme, 1963) elencou numa lista, segundo ele, a mais comum incapacidade dos estudantes dos países subdesenvolvidos (aquela época) ao final da escola secundária (atual ensino médio):

1. Falta de habilidade para fazer trabalho experimental, às vezes de natureza muito simples, e uma aversão para fazer qualquer trabalho manual.
2. Dificuldade em relatar as suas observações.
3. Dificuldade de trabalhar por ele mesmo em situações que não foram discutidas em detalhes durante a leitura.
4. Falta de interesse em qualquer assunto que não foi trabalhado na sala de aula, e até mesmo uma grande dificuldade de estudar sozinho com livros-textos que não seguem a mesma abordagem que as suas leituras.
5. Falta de adaptação para trabalho em equipe.

Segundo ele, estas dificuldades são conseqüência dos métodos de ensino adotados na escola e do fato de as crianças não terem contato direto com os desenvolvimentos técnicos em sua experiência diária (Sanborn C. B.; Clarke, Norman; Tiomno, Jayme, 1963). Situação que é bem comum de ser verificada ainda nos dias atuais.

É um erro acumulado ao longo dos últimos anos e que ronda também o presente, pensar que o objetivo último da maioria dos estudantes é obter apenas um diploma de ensino médio por meio dos Centros de Educação de Jovens e Adultos (às vezes isso acontece), estes podem sim galgar um lugar ao Sol junto aos estudantes universitários vindos das escolas regulares.

De acordo com Dewey (1933, p. 68), “... a educação consiste na formação de amplos, receptivos, cuidadosos e perfeitos hábitos de pensamento.” Por isso o fortalecimento de uma educação científica por meio das oficinas experimentais de Física com a aplicação de “kits” bem elaborados de Física que estimule a participação ativa dos estudantes, é de certa maneira uma metodologia que ajuda a construir hábitos de pensamentos adequados a uma educação científica. Portanto, devemos tomar o cuidado de não focar a prática docente na preparação apenas de exames como já relatado anteriormente. Sucupira (1970, p. 50) já alertava em 1970 que se o vestibular (Hoje ENEM) colocasse ênfase na avaliação das potencialidades de aprendizado e crescimento intelectual do “candidato”, pretendendo chegar a uma estimativa de suas possibilidades de desenvolvimento em nível superior, marcaria o primeiro ciclo universitário como uma etapa de desenvolvimento de novas técnicas de aprendizado com aquisição de novos conhecimentos, corrigindo atitudes e hábitos inadequados do ensino

básico e desenvolvendo para o trabalho. Assim, é de suma importância nos dias de hoje (2018 em diante) planejar atividades que serão suportes adequados para uma visão por áreas de conhecimento, no caso específico, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. É importante levar e debater dentro das instituições de ensino médio o estado da arte da ciência e tecnologias atuais, como o desenvolvimento da microeletrônica e das telecomunicações, as aplicações da nanotecnologia, biotecnologia, robótica e o aperfeiçoamento de novos materiais que contribuem com a mudança dos sistemas econômicos internacionais na atualidade. Fazendo novamente uma referência a Whitehead (1969, p. 39-40), é necessário que saiamos da casualidade do aprendizado, pois o que se precisa casualmente pode ser verificado em qualquer manual de referência, mas o que se requer continuamente, quanto a detalhes, ficara na memória como fatos óbvios como o Sol e a luz, e um experimento com caráter interdisciplinar, contextualizado com o dia-a-dia e com as novas tecnologias, aproxima o aprendizado a vivência atual dos estudantes e, de certa maneira, o que era casual pode vir a ser senso comum. Portanto, essa é a discussão que converge para a idéia de que um produto educacional deve ter todos esses atributos não apenas na sua concepção, construção, mas também na sua aplicação na escola pública de ensino médio. Interessante observar o que Bruner (1968, p. 18) afirma sobre o desenvolvimento de atitudes em relação à aprendizagem e a investigação, diz ele:

“Do mesmo modo como um Físico tem certas atitudes a respeito da ordenação última da natureza e a convicção de que a ordem pode ser descoberta, também o jovem aluno de física necessita de alguma versão operacional dessas atitudes, se se pretende que organize sua aprendizagem de tal modo que o que aprende se torne utilizável e significativo em seu pensamento.”

É importante salientar que o ensino de Física Moderna na escola pública, principalmente como atividade letiva experimental, é quase inexistente numa visão geral, e se faz essencial implementá-lo na tentativa de aproximar o ensino da realidade contemporânea, pois já apontava Bruner (1968, p. 22) que a transição da escola primária para superior é dificultada pelo fato das matérias estarem desatualizadas (ou são insatisfatórias) por se arrastarem com extremo atraso em relação aos desenvolvimentos em determinado campo. O que justifica muitas vezes a utilização de experimentos voltados para universidade serem adaptados ao ensino médio na intenção de diminuir o distanciamento da pesquisa científica atual das práticas de ensino da educação básica. Por isso, mais a frente justifica-se o uso de

experimentos de Física Moderna sobre temas ainda bastante atuais, efeito-fotoelétrico, teoria quântica, etc..

Assim, a aprendizagem do aluno deve também ser avaliada pela capacidade de observar padrões, criar hipóteses sobre determinado assunto de interesse, mas não significando que ele seja preparado para ser cientista e sim para uma educação científica que o habilite a pensar criticamente sobre a sociedade, as mudanças que nela ocorrem e qual o seu papel diante disso.

Interessante notar que muitos dos problemas vivenciados no ciclo básico das universidades se assemelham aos encontrados na Educação Básica. Por isso, não falando da interdisciplinaridade, mas da importância de se pensar o mundo físico conceitual, Ortega (1944, p. 60) afirmou:

“O homem que não possui o conceito de física (não a ciência da Física propriamente, mas a idéia vital do mundo que ela criou), a conceituação trazida pela História e pela Biologia, e o esquema especulativo da Filosofia, não é um homem educado, é um bárbaro perfeito.”

Por isso, o conhecimento científico ou a educação científica a qual devemos fundamentar o ensino de Física, deve-se prestar a vivência pessoal dos alunos de alguma maneira, por isso um “Produto Educacional” tem que fazer sentido não apenas no momento de sua utilização, mas também levar os estudantes a posicionar-se criticamente perante os avanços e as implicações das tecnologias na sociedade moderna.

É importante também salientar a relação humanista que deve também ter o ensino de Física com a sociedade. Piaget (1970, p. 62) considerava indispensável uma formação humanista para vida social, assim como o é a ciência para o conhecimento social.

Não se sabe por qual razão, se é de origem acadêmica ou social, mas existe certa segregação entre as áreas de linguagens e códigos e ciências humanas com as ciências da natureza. Há uma dificuldade de uma proposta contextualizada entre essas duas áreas e a Física, por exemplo, que pertence ao bloco de ciências da natureza. Snow (1963) relata uma situação parecida já há muito tempo,

“... Tenho para mim que a vida intelectual de toda a sociedade ocidental esta sendo, cada vez mais dilacerada ente dois grupos polares. Quando digo “vida intelectual” quero incluir também uma grande parte de nossa vida prática, porque eu seria a última pessoa a insinuar que os dois tipos de vida possam, em profundidade, ser distinguidos. (...) Dois grupos polares: num pólo os intelectuais das letras (...) e no outro, os cientistas, e mais representativamente, os cientistas físicos. Entre os dois um fosso de muitas

incompreensões e, algumas vezes, sobretudo entre os jovens, de hostilidade e de aversão, por falta de entendimento. Eles têm, uns dos outros, uma imagem curiosamente distorcida. Snow (1963, p. 11-12)”

Talvez a explicação para esse distanciamento histórico seja decorrente da forma como a Física tenha sido ensinada há muito tempo. Por exemplo, nem sempre uma aula experimental deve ser atribulada de modelos matemáticos complexos que o justifique, ou justifique a conexão do experimento com a teoria. Reforçando este fato McLuhan (1969, p. 120 e 121) descreve uma interessante observação sobre um dos fundadores da moderna Física, Michael Faraday, diz ele:

“Michael Faraday é geralmente lembrado como o famoso experimentador que descobriu a eletricidade induzida. E é muitas vezes reconhecido que o fato de Faraday ignorar matemática contribuiu para sua inspiração, e o compeliu a desenvolver um conceito simples e não matemático enquanto procurava explicação para seus fenômenos elétricos e magnéticos.”

Isso nos leva a concluir que também importam uma boa intuição, independência e originalidade que devem ser trabalhadas nas atividades teóricas e experimentais. Ainda na linha de raciocínio de McLuhan (1969, p. 121), podemos observar que criar situações apropriadas para estimular uma melhor percepção dos fatos observados é tão ou mais importante quanto às aplicações repetitivas de conteúdos e exercícios. Citando J. Robert Oppenheimer, McLuhan (1969, p. 121), destaca ainda:

“... Há crianças brincando na rua que poderiam resolver alguns dos meus mais complexos problemas de Física, porque elas possuem maneiras de percepção sensorial que perdi há muito tempo.”

Em conexão com essa idéia, pode-se citar Piaget (1970, p. 46 e 47) que descreve três estruturas elementares da matemática (algébricas, de ordem e topológicas), onde conclui que estas três estruturas-mãe correspondem bastante as estruturas operatórias fundamentais de pensamento.

É fácil perceber assim, que o ensino de ciência exige de quem abraçou esta causa, uma dedicação plena, continua e perene. Preparo e formação adequada, e amor acima de tudo. Ciência é um dom, um modo próprio de vivenciar o mundo, assim como a arte não esta sujeita a nenhum dogma, sua mais latente presença se faz pela lógica da matemática e filosofia, e a comprovação de hipóteses que relacionam a causa ao efeito. Sobre o significado

dessa afirmação, do quanto é difícil a prática de ensino (inclusive o ensino de ciências), destaca Whitehead (1969, p. 16):

“... A educação é a aquisição da arte de utilizar os conhecimentos. É uma arte muito difícil de transmitir. Sempre que se escreve um manual de verdadeiro valor educacional, pode-se estar quase certo de que algum crítico dirá que será muito difícil ensinar por meio dele. Naturalmente. Se fosse fácil, o livro deveria ser queimado, pois não poderia ser educacional.”

Muitos professores de Física ainda ignoram a necessidade das crianças entenderem conceitos fundamentais e se familiarizar com experimentos.

De acordo com o professor Sanborn C. Brown (USA) (Sanborn C. B.; Clarke, Norman; Tiomno, Jayme, 1963), nós devemos ensinar hoje para as ‘condições de contorno’ do futuro, e apenas, na medida do possível, nos concentrar em impulsionar nossos estudantes à compreensão de um sistema de conceitos básicos e suas conseqüências lógicas podem nos assegurar que ciência toma seu lugar como um elemento fundamental dos nossos valores culturais.

As dificuldades no “dipolo” ensino-aprendizagem tornam-se evidentes principalmente na resolução de problemas que os alunos tendem a enfrentar de modo repetitivo, como simples exercícios rotineiros, em vez de encará-los como tarefas abertas que exigem reflexão e tomadas de decisões. (Caballer e Onorbe, 1997; Pozo e Gomez Crespo, 1994).”

De acordo com Wagensberg (1993), boa parte da ciência de fronteira é baseada, cada vez mais no paradigma da simulação, mais do que no experimento em si, o que supõe uma importante revolução na forma de fazer ciência e concebê-la (Wagensberg, 1993). Isso mostra que podemos driblar os problemas de infra-estrutura e partir, quando necessário, para simulações de experimentos também, pois a exigência de recurso é bem inferior e temos disponíveis muitas ferramentas gratuitas que podem ser facilmente aplicadas em salas de aula do ensino básico.

Vivemos também em uma sociedade de conhecimento múltiplo e descentralizado. De acordo com Ceruti (1991), a evolução do conhecimento científico segue um processo de saberes. Segundo ele, primeiro Copérnico nos faz perder o centro do universo, em seguida Darwin nos faz perder o centro do nosso planeta, pois nos transformou numa espécie ou num produto do acaso na árvore genealógica da matéria orgânica, e finalmente Einstein e a Física contemporânea, nos fez perder nossas coordenadas espaços-temporais mais importantes, colocando-nos na aparente instabilidade do caos e da anti-matéria, nos buracos negros e entre

outros mistérios, que cada dia nos reduz a singularidade ou ao insignificante. Diante de tudo isso faz sentido elucidar o que diz Bruner (1972, 1997): “A prolongada imaturidade da espécie humana permite que nos adaptemos lentamente as demandas culturais”.

Pozo (1996a) afirma, de forma resumida, que poderíamos caracterizar esta cultura de aprendizagem por três traços essenciais: estamos diante da sociedade da informação, do conhecimento múltiplo e do aprendizado contínuo (Pozo, 1996a). Portanto, devemos nos concentrar também em: *ensinar a aprender a aprender*, renovar os conteúdos, já velhos, mas acima de tudo, renovar as metas a serem atingidas por esses conteúdos.

Jimenez Alexandre e Sanmarti (1997) estabelecem cinco metas ou finalidades que parecem claramente possíveis de serem assumidas:

1. A aprendizagem de conceitos e a construção de modelos.
2. O desenvolvimento de habilidades cognitivas e de raciocínio científico.
3. O desenvolvimento de habilidades experimentais e de resolução de problemas.
4. O desenvolvimento de atitudes e valores.
5. A construção de uma imagem da ciência.

Afirmo que as atitudes conscientes e inconscientes do professor, a sua postura, refletem fortemente no aprendizado. “É importante que o aluno valorize a abordagem científica de um problema e que identifique sua diferença com outros discursos sociais não científicos.”

De acordo com Claxton (1984), a motivação é uma mudança nas prioridades de uma pessoa, de suas atitudes perante a aprendizagem, portanto, construir momentos de aprendizagem diversificados, aqueles que estimulem novos processos cognitivos, aumentam a chance de que o aluno perceba a ciência também como uma de suas prioridades para compreensão e intervenção ativa no seu cotidiano.

O que acontece na verdade é que o aluno, a todo o momento procura uma motivação externa que confronte sua motivação mais interna e evidente, buscando sempre o equilíbrio entre elas. No entanto, pressões externas são motivações movidas por premiação, pois ações de governo ou do núcleo familiar buscam resultados, mas suas motivações intrínsecas são mais latentes porque é lá que ele esconde suas preferências, das quais ele mais valoriza. Portanto se a educação científica direciona a aprendizagem para uma motivação intrínseca é porque ela passou a fazer parte das preferências pessoais do aluno.

De acordo com Bacas e Martin-Diaz (1992) há quatro tipos de alunos (modelos motivacionais) que são encontrados nas salas de aula de ciências: “O curioso, o consciencioso, o sociável e o que busca o êxito, ver detalhes em Pozo (2009).”

Uma aceitação de que a motivação é um estado mental, muito mais do que um processo resultante da ação mediadora de sala de aula, podem evidenciar a realização de tarefas que elevem a percepção do problema para uma compreensão do conceito real por trás deste problema, e assim, uma aprendizagem da ciência de forma integrada aos outros variados componentes da aprendizagem da ciência, nos permite aproximar-se da mais pura dimensão do conceito científico.

“Conhecer não é descobrir a realidade, é elaborar *modelos alternativos* para interpretá-la” (Pozo, 2009).

Pozo (2009) relata que o conceito de interação descreve as inter-relações de um sistema físico e exige o conhecimento de cada estado e de como evolui sua mudança nas etapas posteriores. Assim, nessa percepção global, no qual o conhecimento é compreendido como um sistema físico que evolui e suas partes interagem mutuamente é muitas vezes a pedra fundamental, “pedra angular”, que deixou de ser colocada na construção do conhecimento científico em alunos em idade e etapa adequadas a esta execução, pois segundo Pozo (2009), este é um dos mais importantes esquemas conceituais sobre os quais se assenta o conhecimento científico e um dos que traz maiores dificuldades para os alunos na aprendizagem da ciência.

### **3 PRODUTO EDUCACIONAL**

#### **3.1 Construção, adaptações e procedimentos experimentais.**

Agora, faz-se necessário uma descrição detalhada das etapas nas quais foi pensado, idealizado, pesquisado e construído o projeto para obtenção de um produto educacional que atenda as demandas pedagógicas das escolas de ensino médio, em especial os CEJAs, sempre com a perspectiva de uma ação dialógica das práticas de ensino de Física com foco na educação científica. A Figura 1, a seguir, mostra um panorama geral de como foi pensado o projeto para concretização dos produtos educacionais.

Foi por meio de uma busca na internet que foi sentida a necessidade de obter um produto educacional com uma amplitude tão significativa quanto aqueles que já fazem parte do cotidiano do ensino de Física das universidades e institutos Brasil a fora.

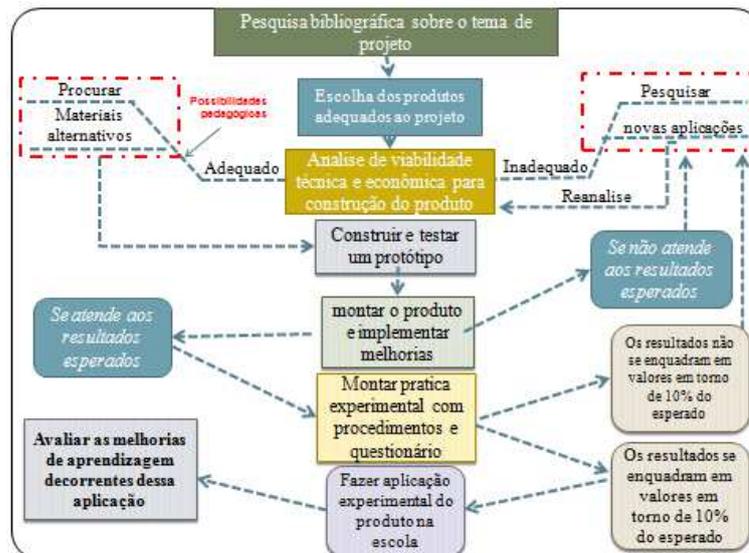


Figura 1 - Panorama geral da concepção a aplicação do produto educacional.

Em cima dessa necessidade buscou-se um referencial bibliográfico sobre o ensino de Física e Ciências em todos os níveis, em especial no ensino médio e também na EJA. Isso porque a aplicação de um produto não irá resolver todos os problemas advindos das escolas de ensino básico no Brasil, mas, por meio da referencialização podemos delimitar uma problemática específica do ensino de Física e traçar alternativas executáveis que contribuam com a melhoria da relação dicotômica ensino-aprendizagem. Por isso foi necessário compreender a origem, os dispositivos legais e como se desenvolve a aula na modalidade EJA nas escolas regulares ou nos CEJAs, também entender a defasagem das escolas em comparação com as universidades relativa ao ensino das ciências, e como a escola não acompanha, mas está sempre atrasada, das inovações tecnológicas que permeiam a atualidade.

Portanto, como o tema central do projeto é a aplicação de experimentos de Física Moderna para o ensino médio, foi necessário realizar pesquisa bibliográfica sobre o ensino de Física para verificar uma relação equilibrada entre uma visão conceitual teórica e outra experimental, pois vivemos na era da informação e deve-se dar maior importância a maneira como deve ser assimilada, processada e até remodelada a informação no contexto histórico-cultural das gerações contemporâneas.

Logo se percebeu que não são comuns, na escola pública de ensino básico, experimentos de Física Moderna, mas além de fazer parte de nosso cotidiano, também são exigidos em exames a nível nacional, como ENCEJA e ENEM. O projeto, portanto, foi pautado em apresentar uma apostila com descrição da construção de kits educacionais e procedimentos experimentais de Física Moderna.

### 3.2 Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico.

O primeiro “kit”, denominado: “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”, foi concebido com a intenção de familiarizar os alunos com a quantização da luz e sua relação com a tecnologia das fotocélulas e as propriedades luminescentes de muitos materiais.

Antes da montagem foram estudados os materiais alternativos mais adequados a construção do kit. Uma lista detalhada destes materiais é mostrada na Tabela 1. De maneira geral é viável a construção do kit, mas alguns materiais o tornaram mais caro, no entanto, a depender da disponibilidade do comércio local, pode – se encontrar materiais com menores dimensões e preço bem acessível.

Até a concepção final deste kit foram testados outros protótipos que se mostraram inviáveis, isso mostra a dificuldade de literatura especializada na confecção de produtos mais bem acabados e de aplicação mais contundente da Física Moderna. Depois de diversas tentativas foi possível chegar a um produto final de boa qualidade e fácil aplicação no ensino médio. Uma visão mais detalhada do kit pode ser observada na Figura 2.



Figura 2 - Parte frontal do kit com porta aberta.

**Tabela 1 - Materiais necessários para o “Kit 1”.**

2 m de cabo paralelo branco	3 tomadas macho cabeça chata	2 soquetes para lâmpadas de LED	1 lâmpada de LED vermelha	1 lâmpada de UV de 16 W
				
3 m de cabo paralelo preto	1 tomada macho cabeça curva	1 suporte p/ soquetes	1 lâmpada de LED azul	1 reator de 16 W
				
Extensão com três tomadas fêmeas de três pinos	1 interruptor triplo com caixa externa	Pedaços de fio de telefone	2 rabichos de lâmpada fluorescente	45 cm de tubo de PVC preto de 40 mm
				
1 vidro de 2mm 50 cm X 40 cm c/ furo central-1”	1 interruptor (segurança UV)	0,50 m de mangueira de nível	2 presilhas e 2 parafusos para lâmpada de UV	1 carretel de linha /adaptador p/ rabichos
				
Jacarés para contato com a placa de zinco	Pino-tomada/ laminas- alumínio/jacaré	Placa de zinco (Zn) de 8cm X 4cm	Pedaço de PET que adapta o vidro a placa-Zn	Madeira - reuso p/ suporte soquete e mala
				

Inicialmente, após a compra de todo o material listado na Tabela 1 foi construído um suporte de madeira para as lâmpadas de LED e a mala que acomodará todos os dispositivos e que facilita o transporte. No entanto, o produto educacional não traz detalhes do modelo e da construção destes suportes, pode-se, se desejar, encomendá-los nas características que são adequadas as suas necessidades, a depender da lâmpada de UV e do suporte, que se encontra com facilidade no mercado e de fácil adaptação as dimensões da caixa.

Já montados o suporte e a mala que receberão os dispositivos, iniciou-se a montagem do circuito que interligou as lâmpadas de LED e UV aos seus respectivos interruptores de acionamento individualizados. O esquema de ligação dos dispositivos pode ser observado em detalhes na Figura 3 seguinte. S1 representa o conjunto com três interruptores, S2 representa a extensão que conecta com as três tomadas interligadas a cada uma das lâmpadas por meio de três tomadas macho individuais, S3 representa uma tomada dupla utilizada apenas como

chave de segurança individual. Os outros dispositivos representados são uma tomada para alimentação de 220 volts (220VCA), um reator para acionamento da lâmpada de ultravioleta, duas lâmpadas de LED (azul e vermelha) e fios condutores que conectam os dispositivos.

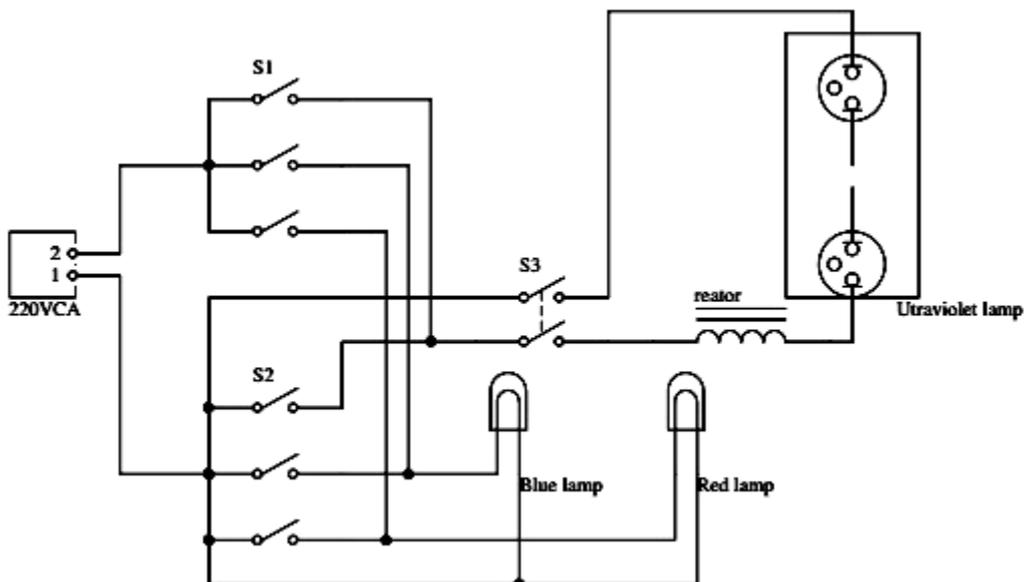


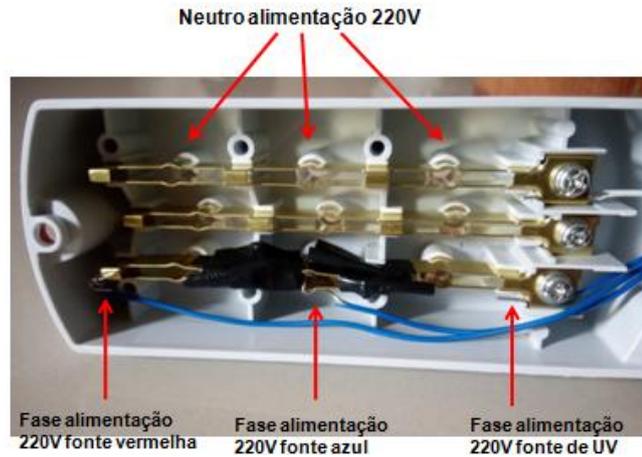
Figura 3 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit1 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).

A Tabela 2 apresenta quatro passos nos quais se percebe a adaptação da extensão para permitir uma ligação individual interruptor-tomada, isso garante que um interruptor só acione uma lâmpada de cada vez.

Tabela 2 - Montagem do circuito elétrico de acionamento das lâmpadas.

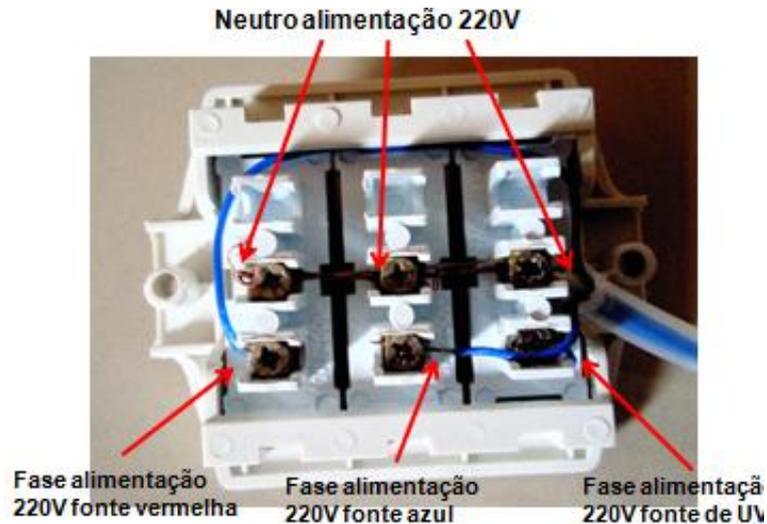
Passo 1: Abre-se as tampas dos dispositivos	Passo 2: Individualizar as ligações (três pares pino-tomado)	Passo 3: Interligar os dispositivos com fio de telefone e tapá-los	Passo 4: Fixas os dispositivos ( o furo na mala permite a conexão externo-interna)

Um maior detalhe da ligação pode ser observado na Figura 4. Nela podemos perceber que a haste metálica precisou ser cortada para que fosse possível acionar uma lâmpada de cada vez.



**Figura 4 – Detalhe do passo dois que mostra as ligações individuais na extensão.**

Os interruptores, no entanto, já permitem uma ligação individual das três lâmpadas. Vide detalhe na Figura 5.



**Figura 5 - Detalhe do passo dois que mostra as ligações no interruptor.**

Com o circuito de acionamento das lâmpadas já montado, foram interligadas as lâmpadas de LED as tomadas macho por meio dos soquetes. Primeiro os dois soquetes foram conectados aos cabos paralelos, que passam pelos furos da parte de trás da caixa-suporte preta, depois as duas tomadas do tipo macho (pino) foram conectadas aos cabos paralelos. Por fim, inseridas as lâmpadas de LED vermelha e azul nos soquetes fez-se a inserção do conjunto dentro da mala. Os passos são apresentados de forma resumida na Tabela 3 seguinte.

**Tabela 3 - Montagem dos adaptadores das lâmpadas de LED para inserção no circuito.**

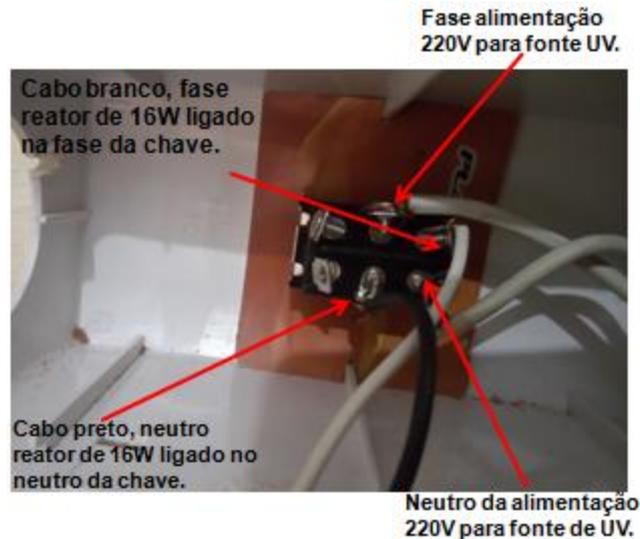
Passo 5: Conectar fio paralelo as tomadas macho	Passo 6: Inserir os fios na caixa e conectá-los aos dois soquetes	Passo 7: Inserir as lâmpadas de LED nos soquetes	Passo 8: Fixa o sistema dentro da mala e conectar na extensão (testar)
			
			

Já os passos 9 a 12, a seguir, descritos na Tabela 4 são relativos ao circuito da lâmpada de UV. Assim, já conectados os cabos paralelos as tomadas de pino (montagem Tabela 2), estes foram ligados ao interruptor denominado “chave de segurança”.

**Tabela 4 - Circuito e conexões da lâmpada UV e inserção no circuito principal.**

Passo 9: Conectar fio paralelo as tomadas macho	Passo 10: Conectar o reator, por meio do fio paralelo, aos rabichos e chave p/ segurança UV	Passo 11: Conectar a chave segurança UV com fio paralelo da tomada macho e fixar	Passo 12: Fixa as presilhas da lâmpada UV e o sistema elétrico dentro da mala
			
			

A tomada macho de cabeça curva recebe os dois circuitos em paralelo (circuito da montagem 2 e desta) e corresponde a alimentação de 220 V. Em seguida, foi feita a conexão dos rabichos de lâmpada fluorescente ao reator de 16W. Para finalizar o circuito, foi interligado o reator a chave de segurança e fixado com parafusos as presilhas que sustentarão a lâmpada de UV. Maiores detalhes desta ligação são observados na Figura 6.



**Figura 6 – Detalhe da chave de segurança da lâmpada de UV, que interliga o reator de 16W ao cabo da alimentação de 220V.**

Agora, nesta etapa, é fixada às presilhas a lâmpada de UV já inserida dentro de um cano preto ou enegrecido com furo central; foi colocado o vidro de 2 mm no chanfro da mala para proteção UV; e inserido, dentro da mala, fixado ao furo central do vidro, o eletroscópio de folhas com placa de zinco – Zn. Na Tabela 5 a lâmpada de UV, passo 13, depois de inserida dentro do cano preto com furo central, foi conectada aos rabichos e estes foram fixados ao cano por meio de carretel de linha dividido e colocado em cada extremidade, o cano então, foi fixado às presilhas. Pra finalizar, foi montado o eletroscópio usando duas folhas de alumínio cortadas, um jacaré e um pino de tomada, o jacaré fixa o conjunto à placa de zinco que já estava previamente presa ao um bocal de uma garrafa PET (Polietileno tereftalato) de 2 litros; Esse conjunto foi fixado ao furo do vidro por meio de um adaptador de esguicho de água branco.

**Tabela 5 - Fixação do eletroscópio, vidro – proteção UV e inserção da lâmpada UV no circuito.**

Passo 13: Inserir a lâmpada de UV dentro do cano revestido de preto	Passo 14: Inserir a lâmpada no circuito fixando-a aos rabichos e depois as presilhas	Passo 15: Inserir no chanfro da mala o vidro	Passo 16: Fixa o eletroscópio de placas junto c/ placa de Zn no vidro

Depois de inseridos todos os dispositivos, o “Kit 1” foi testado, e verificada alguma irregularidade, principalmente com respeito as ligações, foram feitas as correções e ajustes e finalizado o produto conforme descrição da Tabela 6.

**Tabela 6 - Vista anterior e posterior da mala com todos os dispositivos inseridos e testados.**

<p>Passo 17: Finalização da caixa com todos os dispositivos fixados e interligados (vista frontal com caixa aberta e fechada)</p>		
<p>Passo 18: Vista da parte de trás mostrando os interruptores de acionamento das lâmpadas ligados e vista frontal do sistema que mostram as três lâmpadas acionadas</p>		

Depois da conclusão do kit 1, seguiu-se então a concretização de um roteiro experimental que atendesse as condições mínimas de uma proposta pedagógica que familiarizasse o aluno com os principais conceitos da eletricidade estática e conceitos básicos fundamentais da mecânica quântica básica.

### **3.4 Roteiro do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”.**

A proposta experimental desenvolvida para este kit traz uma introdução básica que inclui aspectos históricos – científicos bastante relevantes e apresenta as características mais importantes e fundamentais do fenômeno que devem ser discutidas em pormenor durante a prática experimental (*visualizar o roteiro no Anexo D*).

Os procedimentos experimentais que seguem buscam estimular nos alunos a construção autônoma do conhecimento científico, e se desenrolam na intenção de respeitar as etapas diferenciadas que se encontram os alunos que frequentam os CEJAs. De início são apresentados procedimentos que estimulam a compreensão da distribuição, transferência e equilíbrio das cargas elétricas nos materiais, placa de zinco, eletroscópio, papel e canudo. Passada esta etapa, é dada início a situações que envolvem a interação da radiação das fontes luminosas vermelha, azul e ultravioleta com as cargas elétricas (livres ou ligadas) presentes na placa de zinco. Com ênfase inicial na eletrização da placa de zinco por contato com o canudo eletrizado e seguido da eletrização posterior por indução. Isso tudo voltado para uma proposta investigativa que estimule a criação de hipóteses e a construção ou reformulação dos conhecimentos prévios vivenciados pelos alunos em outras situações de suas vidas.

O roteiro é concluído com um questionário que complementa a ação investigativa proposta, mas também acrescenta novas informações e desafios que estimula a pesquisa para um maior aprofundamento sobre as questões levantadas durante o experimento.

Depois de tudo pronto foram realizados testes com o objetivo de verificar e corrigir falhas experimentais advindos de montagem e aplicação inadequadas do produto. Comprovado que os procedimentos e o equipamento são adequados e atendem aos objetivos esperados após a aplicação experimental, passou-se para a etapa de divulgação e organização da Oficina de Física Moderna Experimental, mas isso só aconteceu com a devida finalização do outro produto, é claro.

### **3.5 Kit experimental para determinação da constante de Planck.**

De forma semelhante se sucedeu as etapas do kit número dois, “Kit experimental para a determinação da constante de Planck”.

No caso específico, foi observada a existência de kits experimentais disponíveis no mercado que já fazem tal procedimento experimental de determinação da constante de Planck, mas vislumbrou-se a possibilidade de construir um kit mais funcional e de fácil execução experimental para os alunos do ensino médio.

Como no kit anterior, foi feito antes um levantamento dos materiais necessários a construção do kit, e logo em seguida sucedeu-se uma busca no mercado de insumos mais baratos, assim como, fez-se um aproveitamento de muitos materiais já disponíveis. O fato é que até a concretização desse kit, como anteriormente, fez-se uma pesquisa sobre os modelos disponíveis no mercado e como seria a concepção de um protótipo que evoluiria para um produto acabado com algumas facilidades a mais, na intenção de reduzir erros experimentais e danos a equipamentos mais sensíveis, como por exemplo, o multímetro digital de precisão que foi adquirido.

Todos os materiais utilizados na construção do kit são apresentados na Tabela 7 abaixo, com exceção das ferramentas usadas na execução da montagem e de insumos de uso geral, como por exemplo: diversos tipos de cola, pregos, tinta, entre outros.

Antes da construção do kit 2 foi necessário desenhar uma esquema elétrico que balizaria a montagem do mesmo em uma prancheta previamente adquirida. O esquema desenhado no circuito apresentado na Figura 7 é formado por um conjunto de LED's, da esquerda para direita, LED0, LED1, LED2, LED3, LED4 e LED5, respectivamente associados, aos LED's ultravioleta, violeta, azul, verde, amarelo e vermelho, todos interligados individualmente a uma chave seletora de seis posições, chave S1. Os números 3 e 4 representam os *borns* vermelho (+) e preto (-), respectivamente, que são usados para medidas de tensão dos LED's por meio do multímetro. S2 representa a chave individual no qual esta ligada o LED de infravermelho, denominado no circuito da Figura 7 por LED6. O dispositivo R1/100R

representa a resistência de  $100\Omega$  que está associada em série com os LED's interligados em paralelo ao seu pólo positivo. Já o dispositivo R2/1K representa uma resistência de  $1k\Omega$  que funciona como um falso curto, permitindo assim que a corrente circule pelos LED's antes que retorne ao pólo negativo da alimentação. Há também no circuito um potenciômetro representado pela nomenclatura R3/10K, ou seja, uma resistência variável de 0 a  $10k\Omega$ . A nomenclatura +6VCC representa a fonte de alimentação que fornece uma tensão transformada de 110 – 220V/AC para 4 – 6V/CC ao kit 2. Por fim, há mais dois *borns*, números 1 e 2, que são interligados por meio de um cabo que funciona como *jump* (com dois *borns*, vermelho e preto nas extremidades) que permite a passagem de corrente e a medida da mesma quando substitui-se o cabo pelo multímetro incluído no circuito entre os *borns* 1 e 2.

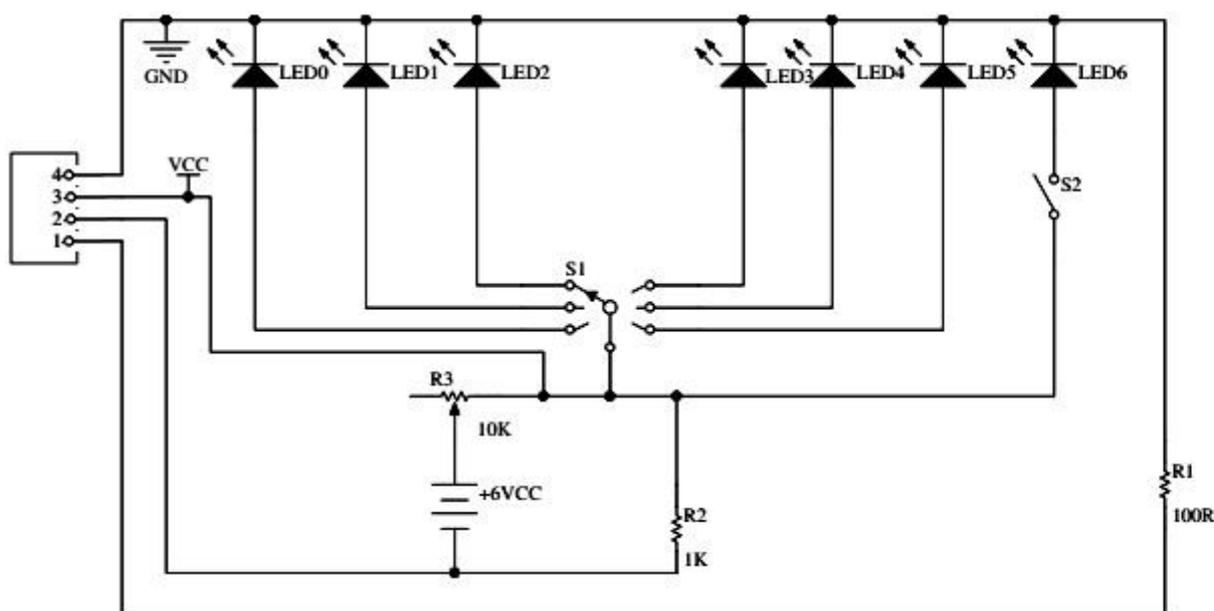
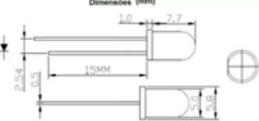
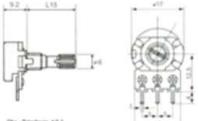


Figura 7 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit2 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).

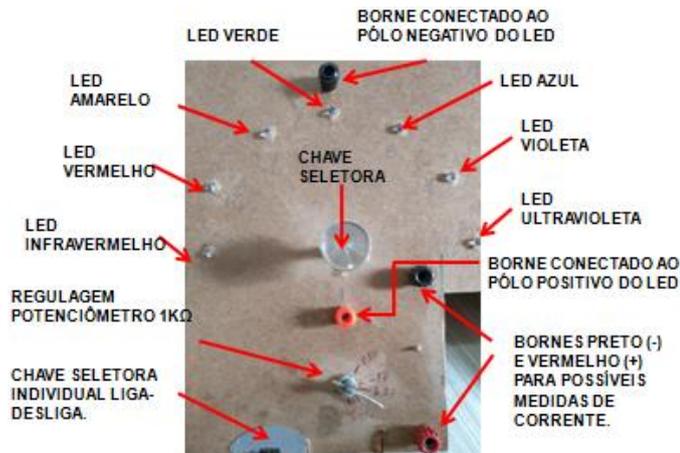
O passo inicial para a construção foi desenhar na prancheta as posições dos LEDs e de outros dispositivos a ser manuseados durante o experimento. Com estas posições bem definidas foram feitos os furos e fixados os dispositivos na prancheta conforme detalhe da Figura 8. Em seguida o circuito foi montado com a adição de outros dispositivos na parte de trás da prancheta, ou seja, foram adicionados ao circuito, interligados por fios de telefone paralelo, as resistências de  $100\Omega$  e de  $1k\Omega$ . Os pólos positivos dos LEDs (vermelho, amarelo, verde, azul, violeta e ultravioleta) foram soldados aos fios de telefone que estavam soldados de forma individualizada a cada uma das seis posições da chave seletora de dois pólos, enquanto os pólos negativos foram soldados ao fio de telefone conectado ao borne preto

(negativo), todavia, o borne vermelho (positivo) foi posicionado entre o potenciômetro de 10kΩ e a chave seletora de dois pólos e seis posições.

**Tabela 7 - Materiais necessários para o “Kit 2”.**

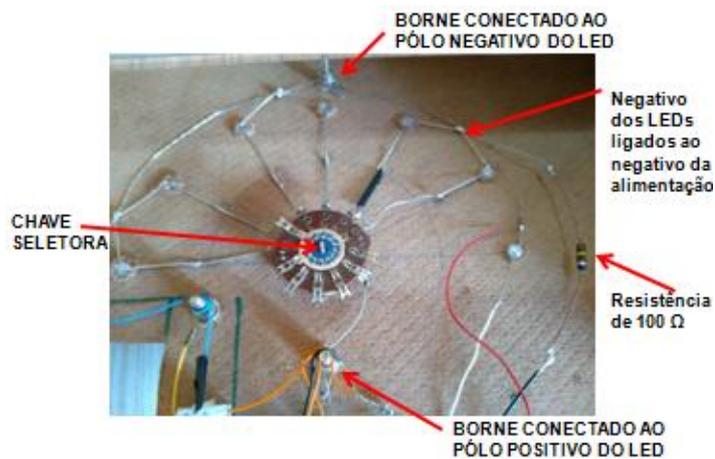
SQ.	DETALHES	IMAGEM	CARACTERÍSTICAS
I.	Um conjunto de LEDs de alto brilho (infravermelho, vermelho, amarelo, verde, azul, violeta e ultravioleta).		
II.	Um potenciômetro de 10 kΩ.		
III.	Bornes elétricos pretos e brancos.		Observação: um par para medida de tensão e outro para medida de corrente quando necessário.
IV.	Um adaptador AC/DC.		Adaptador AC/DC Modelo: HLD3513-036250 Entrada: AC 110-220 V 50/60 Hz Saída: DC 3,6V 250 mA
V.	Uma chave de 2 pólos e 6 posições.		Observação: As seis posições correspondem às fontes vermelha, amarela, verde, azul, violeta e ultravioleta.
VI.	Um resistor de 100Ω e de 1kΩ.		O de 1kΩ é utilizado para criar um falso curto entre os pólos positivo e negativo da alimentação, já o de 100Ω controla a corrente que circula pelos LED's.
VII.	Chave seletora individual liga-desliga.		Essa chave é usada para um acionamento individual do LED de infravermelho (IR).
VIII.	Madeira de prancheta e MDF		Todos os dispositivos foram fixados na prancheta e o MDF foi usado no acabamento que permite o melhor manuseio.
IX.	Cabos de multímetro e fio paralelo de telefone (várias cores).		Os cabos foram usados para alimentação e os fios paralelos para interligar os LEDs as chaves e dispositivos do circuito.

Vale lembrar que dois outros bornes mais próximos entre se (par preto-vermelho) tem a finalidade de medir corrente quando exigido no experimento, já os dois mencionados anteriormente são para medidas de tensão com o uso direto do multímetro enquanto faz-se a seleção da fonte de luz pela chave seletora central e as mudanças de tensão para cada deslocamento do curso do potenciômetro.



**Figura 8 - Detalhe (frontal) da prancheta com os dispositivos já posicionados antes de serem interligados.**

Uma visão mais detalhada da ligação entre os LEDs, os bornes e as chaves pode ser observada na Figura 9, onde podemos observar com cuidado a ligação individualizada de cada LED com a chave seletora de dois pólos e seis posições.



**Figura 9 - Detalhe (anterior) da prancheta com os LEDs interligados a chave seletora e os bornes.**

Na Figura 9 pode-se ainda observar um LED que não está ligado à chave seletora, se trata do LED de infravermelho que foi ligado a uma chave individual liga – desliga que esta conectada diretamente a entrada da alimentação de 6V. Mais detalhes das ligações podem ser visto na Figura 10, onde também é fácil visualizar o resistor de 1kΩ que tem seus terminais ligados a saída do potenciômetro e ao negativo da alimentação de 6V. Na Figura 11 já se vê a base de sustentação de MDF (Medium Density Fiberboard) e o local que receberá a alimentação de 6V.

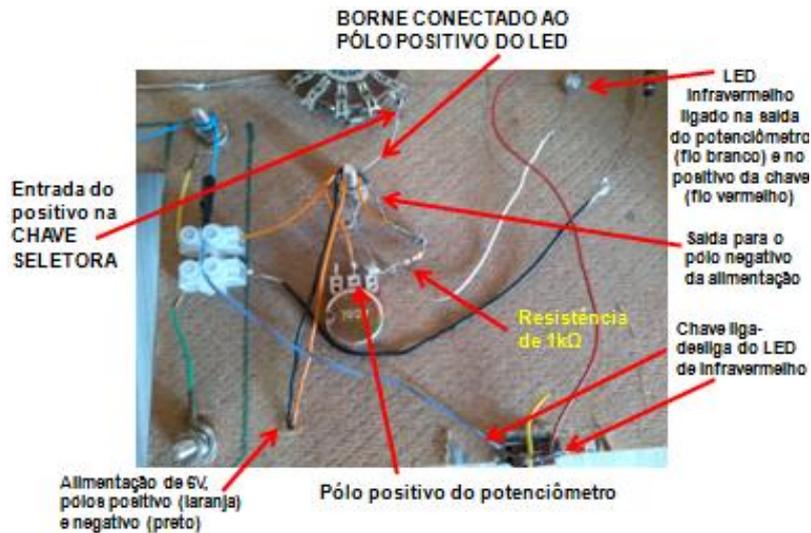


Figura 10 – Detalhe da ligação da alimentação para o potenciômetro, deste para a chave de seis posições e ligação do LED de infravermelho na chave liga-desliga individual.

A base de MDF foi fixada com pregos a prancheta que comporta os dispositivos. Em seguida, no espaço indicado na Figura 11 foi fixado um suporte cúbico de MDF que recebeu uma tomada de dois pinos para receber a alimentação da fonte de 6V ou, quando necessário, um conjunto de baterias, em situações que não se tem energia acessível, conforme detalhe na Figura 12.

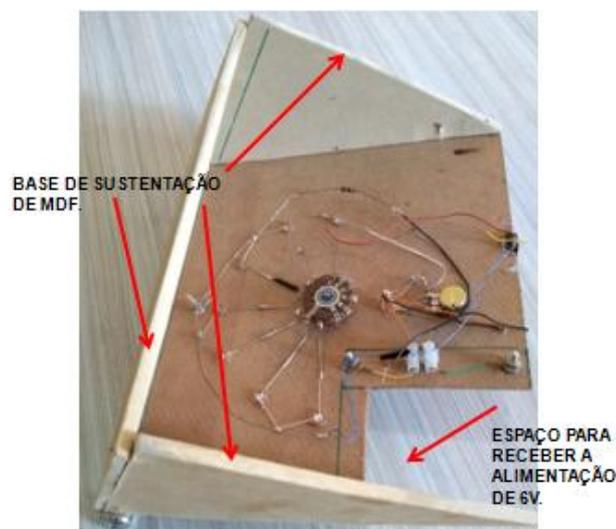


Figura 11 – Vista geral do circuito com a inclusão da base de MDF e espaço para a alimentação de 6V.

Depois de montado o “Kit para a determinação da constante de Planck” o suporte foi lixado e recebeu uma pintura spray de cor prata. Um vista da parte frontal mostrando o kit já pintado pode ser visto na Figura 12.

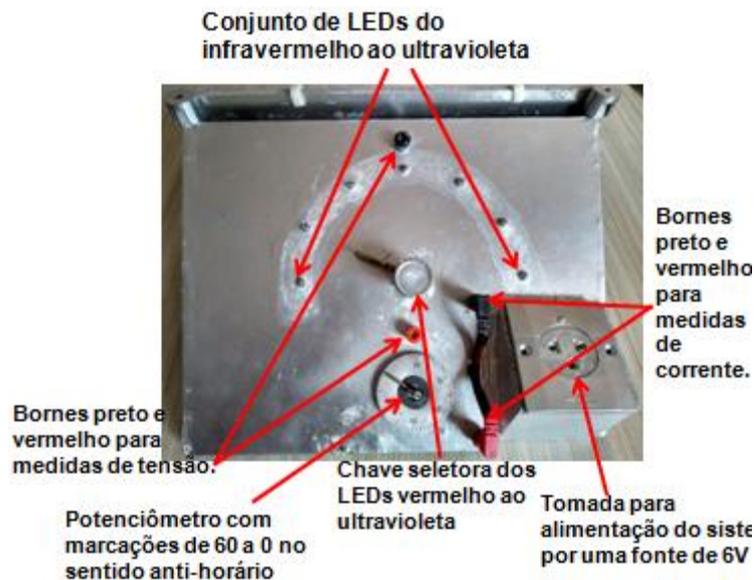


Figura 12 – Visão frontal do conjunto já pintado e pronto para uso.

Um dos momentos importantes na elaboração do kit foi a determinação da frequência central de cada espectro de emissão dos LEDs. Na Figura 13 abaixo é possível visualizar os espectros dos LEDs desde o infravermelho ao ultravioleta. A partir deste espectro foi possível a determinação da frequência central por meio da intensidade máxima. Os comprimentos de onda determinados, do infravermelho ao ultravioleta, respectivamente, são 934 nm, 627 nm, 592 nm, 537 nm, 456 nm, 402 nm, 396 nm. O pico mais à direita do espectro do LED de ultravioleta (que tem uma banda no violeta) corresponde a um comprimento de onda de 406 nm em baixa intensidade, no entanto, neste regime, como o UV é mais intenso, prevalecerá o pico de 396 nm.

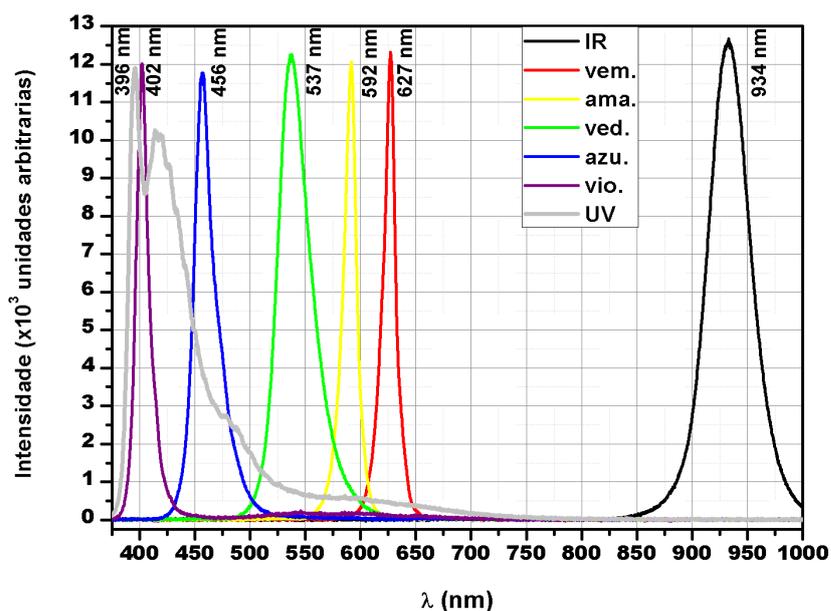


Figura 13 – Gráfico mostrando o pico da frequência central de cada LED, desde o vermelho ao ultravioleta, medidos num espectrômetro (Cortesia LOCEM/UFC).

Também, pela necessidade de melhor orientar o aluno na execução e controle das medidas por meio do acionamento do cursor do potenciômetro, foi necessário uma interpolação entre os valores das marcações do potenciômetro e das tensões medidas no multímetro para evitar uma variação brusca da tensão pelo estudante no momento da execução do experimento. O gráfico da Figura 14 apresenta a interpolação e uma tabela com os valores obtidos por meio da função de interpolação.

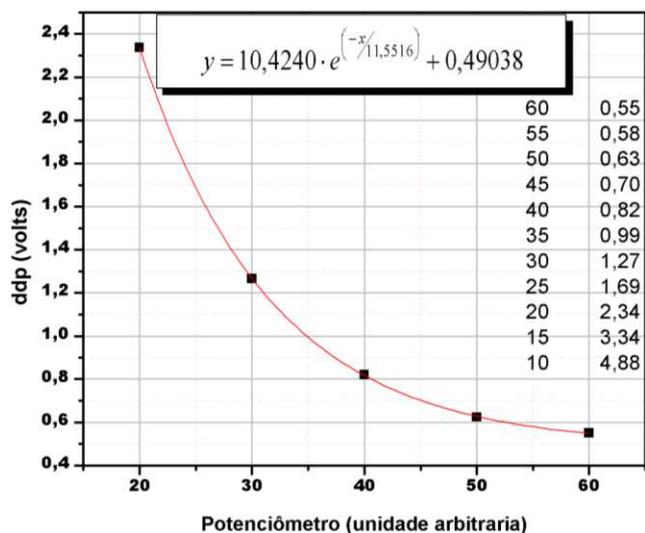


Figura 14 – Relação entre as marcações do potenciômetro e a tensões medidas.

De posse dessas informações foi possível realizar um procedimento experimental como teste. Neste procedimento foi possível obter um resultado muito aproximado para constante de Planck, um resultado com um erro menor que 0,5% do valor da literatura, que é  $4,135667 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ . A Figura 15 mostra este resultado, onde os pontos no gráfico são os valores medidos e a reta foi obtida pelo método de regressão linear a partir dos pontos experimentais. A inclinação da reta, igual a  $4,12166 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ , corresponde a constante de Planck ( $h$ ) obtida experimentalmente.

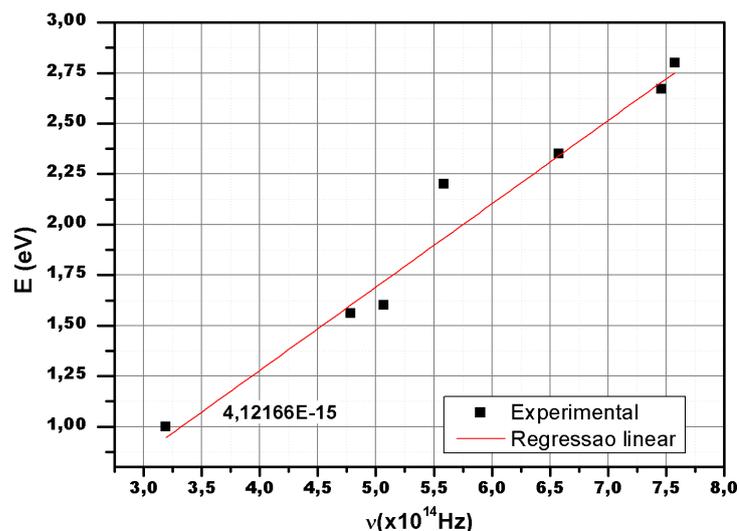


Figura 15 – Gráfico mostrando os pontos experimentais e a reta de regressão linear para determinação da constante de Planck, valor que corresponde a 0,33% do valor da literatura ( $4,135667 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ ).

### 3.6 Roteiro do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”.

Não foi diferente a proposta experimental desenvolvida aqui em comparação ao do kit anterior (de eletricidade estática e efeito fotoelétrico). Novamente foi feita uma introdução básica que inclui aspectos históricos – científicos de grande importância e são apresentadas as características mais fundamentais da quantização da energia, onde se apresenta de forma quase epistemológica a idéia de quantização desde átomo de Demócrito, passando pela quantização da carga elétrica (a descoberta do elétron), depois a quantização da energia associada à radiação térmica e por fim, quase que coroando os momentos iniciais da história da Física Quântica, a quantização da radiação e da luz apresentada por Einstein na explicação do efeito fotoelétrico (*visualizar o roteiro no Anexo II*).

Assim, buscam-se novamente procedimentos experimentais que estimulem a construção autônoma do conhecimento científico, no entanto, por limitações experimentais, o aluno é orientado a seguir mais amíúde e bem mais atento os procedimentos apresentados, pois passam a lidar com medidas e equipamentos de precisão e com maiores possibilidades de danos materiais. Todavia, ainda assim, os alunos participam ativamente da construção do próprio conhecimento, e estes continuam a desenrolar-se na intenção de respeitar as etapas diferenciadas que se encontram os alunos que freqüentam os CEJAs e as escolas regulares. Os procedimentos iniciais desta prática estimulam mais a coordenação motora e a observação atenta e detalhista, enfim, o domínio da técnica de medição e leitura instrumental, talvez associada à prática já vivenciada por alguns alunos em seus ambientes de trabalho. O controle minucioso do potenciômetro e a observação detalhada para perceber o estímulo luminoso engatilhado pela tensão, controlada manualmente pelo estudante, é o momento de maior

exigência técnica. Aqui também é estimulada a percepção intuitiva e possíveis deduções construídas por analogias inerentes ao exercício da observação ativa no experimento. Paralelo a isso a atividade leva o aluno a trabalhar com anotação, organização de dados em tabela (matriz) e a análise dos mesmos na construção de gráfico em sistema cartesiano, atribuições que estimulam a lógica matemática, desde conjuntos, funções até relações de proporcionalidade entre as grandezas medidas e/ou calculadas.

Por último, um questionário complementa a ação investigativa proposta, por meio de questões que fazem analogias e estimulam também a compreensão lógico – dedutiva das relações entre as grandezas envolvidas, assim como, questões que aprofundam o tema por meio do estímulo a pesquisa e o uso do computador para avaliar o grau de precisão dos resultados obtidos por meio do gráfico construído manualmente.

### **3.7 Oficinas de Física como proposta pedagógica da Escola CEJA Profa. Eudes Veras.**

As oficinas de Física foram desenvolvidas com o intuito de propiciar momentos de atividades interdisciplinares no CEJA. Nela, diferente da metodologia de atendimento individual que é a prática mais recorrente nessas instituições, os estudantes desfrutaram de momentos mais descontraídos e vivenciam situações de construção autônoma do conhecimento, acompanhado da tutoria do professor.

Já foram disponibilizadas nestas oficinas, variadas atividades experimentais, entre elas, ondulatória (Tubo de Rubens), Óptica (Fotografando com caixa de fósforos), entre outros. Assim, aproveitando o sucesso destas oficinas, decidiu-se realizar uma “Oficina de Física Moderna Experimental”.

Inicialmente foi feita uma pré – inscrição, com no máximo duas equipes de cinco alunos por turno, correspondendo a um total de 20 alunos. À tarde, às 15 horas, foram inscritos dois alunos e a noite se inscreveram dez. No entanto, no dia da oficina compareceram dez alunos à tarde e nove alunos à noite. Esse comportamento é natural, frente à opção deliberada do aluno que organiza seus horários no CEJA de acordo com sua disponibilidade, pois estas instituições são formadas por turmas de alunos assíncronos, com horários independentes uns dos outros, daí a necessidade de pré – inscrição. A lista de alunos que se inscreveram na oficina pode ser visualizada a seguir na Figura 16.

ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA  
SUPERINTENDÊNCIA DAS ESCOLAS ESTADUAIS DE FORTALEZA-SEFOR  
CENTRO DE EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS PROF.ª EUDES VERAS

OFICINA EXPERIMENTAL DE FÍSICA 2018

Disciplina: Física Professor(a) Djalma  
Data de Realização: 04/07/18 Horário: 15:00

Nº	Inscrição	Nível	Telefone
01	<u>Ana Alexia Pente Anjo</u>		
02	<u>Andressa Maria P. de U. Silva</u>		
03			
04			

ESTADO DO CEARÁ  
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO BÁSICA  
SUPERINTENDÊNCIA DAS ESCOLAS ESTADUAIS DE FORTALEZA-SEFOR  
CENTRO DE EDUCAÇÃO DE JOVENS E ADULTOS PROF.ª EUDES VERAS

OFICINA EXPERIMENTAL DE FÍSICA 2018

Disciplina: Física Professor(a) Djalma  
Data de Realização: 04/07/18 Horário: 19:00

Nº	Inscrição	Nível	Telefone
01	<u>Carlyth Henrique Gomes da Costa</u>		
02	<u>Aracely Aquino Vital</u>		
03	<u>João Edilson Lima Fernandes</u>		
04	<u>Jonas Henrique A. Soares</u>		
05	<u>Jackson Alves Ribeiro</u>		
06	<u>Janice Moura Lopes</u>		
07	<u>Jamall Vieira Alves</u>		
08	<u>Marta Helviana de S. dos S.</u>		
09	<u>Marcos Henrique D. Duarte</u>	?	
10			

Figura 16 – Total de alunos inscritos para a “Oficina de Física Moderna Experimental”.

E a lista com os alunos que realmente compareceram para oficina segue na Figura 17, na verdade alunos que estavam em atendimento no horário sugerido se disponibilizaram espontaneamente para participar da oficina. Portanto, o horário da tarde que tinha apenas dois inscritos passou para dez inscritos, e um ou dois não compareceu à noite, mas outros presentes em atendimento na escola os substituíram.

OFICINAS DE ESTUDO

Disciplina Física Professor Djalma  
Período de Inscrição \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ Realização: 09/07/18  
Nº de vagas: \_\_\_\_\_ Horário: 15:00 às \_\_\_\_\_

Nº	Aluno(a)	Matrícula	Nível	Telefone
01	<u>MARLA DOS ANJOS SOUZA</u>	<u>1450-18</u>	<u>MEPRO</u>	<u>985.6069.20</u>
02	<u>Vanice Soares Souza</u>	<u>17-277-13</u>	<u>MEPRO</u>	
03	<u>Jackson da Silva Fami</u>	<u>23-232-18</u>	<u>MEPRO</u>	
04	<u>Andressa Maria P. de U. de S.</u>	<u>5816-04</u>	<u>MEPRO</u>	<u>987378214</u>
05	<u>Ana Beatriz Ferreira de Sousa</u>	<u>30-248-28</u>	<u>MEPRO</u>	<u>988626684</u>
06	<u>Wagner Edson de Sousa da Costa Silva</u>	<u>21-056-16</u>	<u>MEPRO</u>	<u>987771155</u>
07	<u>Pedro Henrique Fidalgo Nascimento</u>	<u>9672-17</u>	<u>FUND</u>	<u>993</u>
08	<u>Vanice Moura Lopes</u>	<u>9921-18</u>	<u>FUND</u>	
09	<u>Vanice Moura Lopes</u>	<u>9921-18</u>	<u>FUND</u>	
10	<u>Amansuel Gomes Pimenta</u>	<u>7149-1</u>	<u>MEPRO</u>	<u>3890-4543</u>
11				

OFICINAS DE ESTUDO

Disciplina Física Professor Djalma  
Período de Inscrição \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_ Realização: \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_  
Nº de vagas: 10 vagas Horário: 19h às \_\_\_\_\_

Nº	Aluno(a)	Matrícula	Nível	Telefone
01	<u>MARLA DOS ANJOS SOUZA</u>	<u>1450-18</u>	<u>MEPRO</u>	<u>985.6069.20</u>
02	<u>Vanice Soares Souza</u>	<u>17-277-13</u>	<u>MEPRO</u>	
03	<u>Jackson da Silva Fami</u>	<u>23-232-18</u>	<u>MEPRO</u>	
04	<u>Andressa Maria P. de U. de S.</u>	<u>5816-04</u>	<u>MEPRO</u>	<u>987378214</u>
05	<u>Ana Beatriz Ferreira de Sousa</u>	<u>30-248-28</u>	<u>MEPRO</u>	<u>988626684</u>
06	<u>Wagner Edson de Sousa da Costa Silva</u>	<u>21-056-16</u>	<u>MEPRO</u>	<u>987771155</u>
07	<u>Pedro Henrique Fidalgo Nascimento</u>	<u>9672-17</u>	<u>FUND</u>	<u>993</u>
08	<u>Vanice Moura Lopes</u>	<u>9921-18</u>	<u>FUND</u>	
09	<u>Vanice Moura Lopes</u>	<u>9921-18</u>	<u>FUND</u>	
10	<u>Amansuel Gomes Pimenta</u>	<u>7149-1</u>	<u>MEPRO</u>	<u>3890-4543</u>
11				

Figura 17 - Total de alunos participantes da “Oficina de Física Moderna Experimental”.

Na Figura 18 temos uma foto com os participantes da oficina no período noturno. Valeu ressaltar que são estudantes de faixas etárias diversas, desde alunos com ensino fundamental incompleto ao médio completo.

Assim se deu a organização da oficina que evoluiu conforme o roteiro experimental. Onde houve momentos em que foi necessária a intervenção do professor, mas os alunos compreenderam bem a proposta e perceberam a importância de momentos como estes.

Primeiro, em ambos os turnos, foi aplicado o roteiro experimental do “Kit de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”, em seguida é que foi aplicado o roteiro do “Kit de determinação da constante de Planck”. Os roteiros foram distribuídos para todos os participantes, mas a turma foi dividida em duas equipes. De posse dos roteiros a introdução teórica foi lida de uma só vez por toda a turma, momento em que houve a intervenção do professor na intenção de esclarecer alguns aspectos históricos e termos científicos incomuns aos estudantes, tanto de uma prática como da outra.



**Figura 18 – Participantes da “Oficina de Física Moderna Experimental” no período noturno.**

Dando prosseguimento, foi orientado que as equipes seguissem os procedimentos experimentais com bastante atenção. Nesse momento houve situações que foi necessário a execução assistida pelo professor para esclarecer dúvidas que fossem surgindo durante a prática. Situações como essas podem ser observadas na Figura 19.



**Figura 19 – Momento em que são explicados os procedimentos para o aluno operar os equipamentos.**

Muitos dos alunos que participaram das atividades não estavam familiarizados com um multímetro, por exemplo. Assim foi preciso explicar as funções de um multímetro e qual o papel deste instrumento na situação prática. Na Figura 20 pode ser visto o momento da explicação, situação que ocorreu apenas para o segundo kit (Kit para a determinação da constante de Planck).



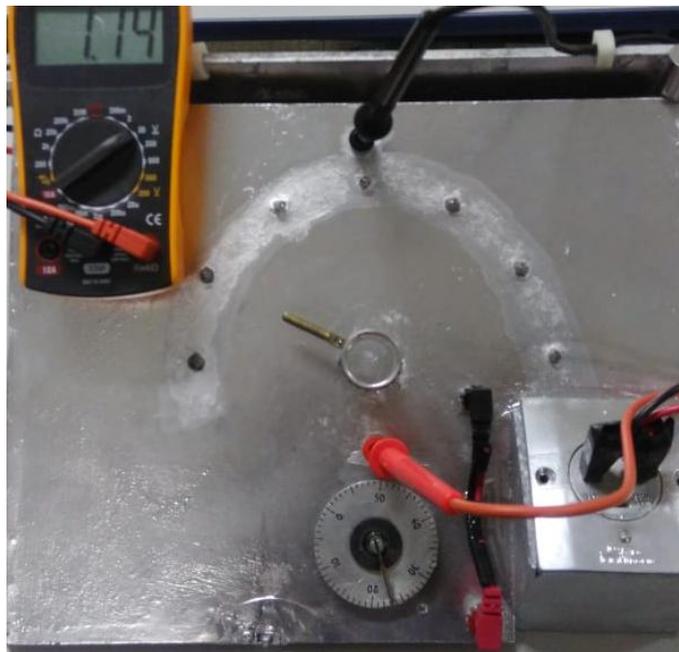
**Figura 20 – Explicando as funções do multímetro.**

No experimento do “Kit para a determinação da constante de Planck” os alunos tiveram também que ser orientados sobre o controle adequado do potenciômetro para evitar danos permanentes aos instrumentos, situação mostrada na Figura 21 em que o professor aplica potência elétrica ao LED de infravermelho (primeiro LED). Os alunos são questionados, a todo o momento, sobre os resultados e execução dos procedimentos na intenção de que essa execução não seja apenas um processo mecânico sem significado algum.



**Figura 21 – Aplicando potência ao LED de infravermelho.**

Um dos questionamentos, por exemplo, foi sobre o fato de aumentarmos a potência fornecida ao LED de infravermelho e o mesmo não emitir luz (visível). Nesse momento foi sugerido o uso do celular, e foi levantado um questionamento do porque agora ser visualizado o brilho do LED de infravermelho. Situações como esta foram oportunizadas a todo o momento durante os dois experimentos. Na Figura 22 pode – se ver a situação em que o LED de infravermelho foi ativado com uma tensão de 1,14 V, mas como não brilha no visível, só pode ser visto com o uso do celular.



**Figura 22 – Gatilho do LED de infravermelho a partir da tensão medida de 1,14 V.**

Depois de cumprida todas as etapas de execução dos procedimentos experimentais os alunos se reuniram para anotar os resultados e responder o questionário da prática. Detalhe desta fase é visto na Figura 23 a seguir.

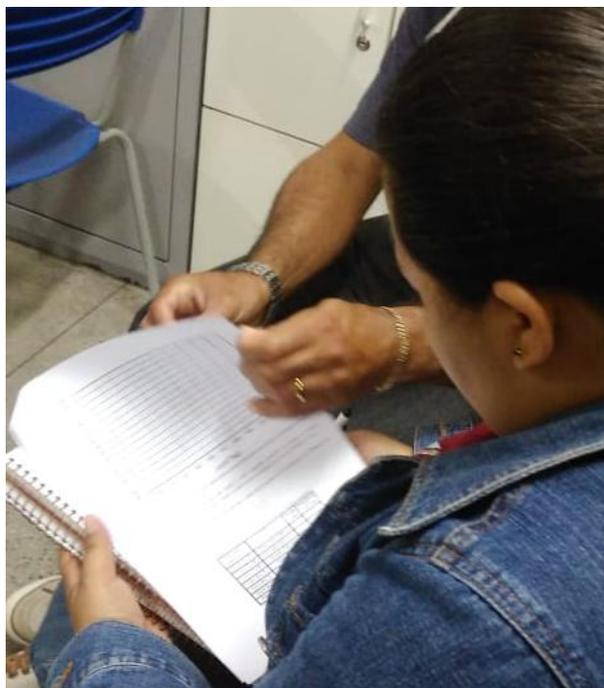


Figura 23 – Alunos anotando procedimentos e respondendo questionário.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 Resultados pedagógicos da “Oficina de Física Moderna Experimental” decorrente da Aplicação dos Produtos Educacionais.

Concluída as etapas experimentais da aplicação dos dois kits, serão mostrados aqui os resultados das práticas sobre o ponto de vista dos alunos. Foram escolhidas algumas questões respondidas nos roteiros por eles. Começando pelo experimento de efeito fotoelétrico, na Tabela 8 temos as respostas das questões referentes ao “*Procedimento Experimental I*”.

Tabela 8 – Respostas dos alunos do “*Procedimento Experimental I*” do kit de efeito fotoelétrico.

2. Aproxime o canudo da extremidade do “jacaré externo” que morde a placa de zinco – Zn. Descreva brevemente o que foi observado por meio dos sentidos, em poucas palavras: <i>Ele tava parado fez um barulho ai se abriu</i>
3. Encoste levemente o canudo sobre a extremidade do “jacaré externo” do sistema. Observe as lâminas de alumínio e descreva de forma breve o que acontece: <i>Houve uma separação da lamina do jacare.</i>

4. Agora repita os procedimentos 1 a 3 e responda: a. Ocorreu alguma mudança visual nas lâminas de alumínio? Caso tenha ocorrido, ela foi intensificada quando repetimos os procedimentos 1 a 3? Sim. Sim o elétron deu mais estalo.
a. Ocorreu alguma mudança visual nas lâminas de alumínio? Caso tenha ocorrido, ela foi intensificada quando repetimos os procedimentos 1 a 3? Sim, na primeira tentativa foi provocado um som bem extenso, na segunda foi mais baixo. Sim, na primeira tentativa o som foi provocado um som bastante bem extenso na segunda foi mais baixo.
b. Você acha que existe um limite para essa alteração? Esse limite tem a ver com os tamanhos das lâminas, dos jacarés e da placa de Zinco? Sim. É lento. O limite equivale quanto a lâminas pode separar. O limite equivale quanto a lâmina pode separar.
c. Fazendo uma analogia com um comportamento parecido que você tenha vivenciado em outro lugar ou objeto, podemos dizer que houve a transferência de algo entre o canudo e o sistema? Explique! Sim. Transferência de energia. Sim: TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA transferência do objeto Transferência do atrito.
5. Encoste o dedo no jacaré externo e observe o que acontece. De alguma maneira é possível afirmar que houve uma transferência de algo entre você e o sistema semelhante ao observado no procedimento 4, ou essa transferência se inverteu? Explique! As lâminas se fecharam. Ele tirou a carga do sistema. As lâminas se fecharam.
7. Sem tirar o canudo de perto da placa, encoste uma haste metálica na placa de Zinco depois a afaste, em seguida afaste o canudo lentamente e observe o que ocorreu. a. Há alguma diferença ou semelhança entre os procedimentos 3 – 4 e 6? Sim. Obtemos cargas positivas. Existe diferença no procedimento. Existe diferença no procedimento.

Interessante como os alunos conseguiram por si só apresentar conclusões a cerca do processo de eletrização por atrito e indução. Eles observaram que no processo de eletrização há uma transferência que se assemelha a uma transferência de energia, também que durante a transferência ocorreram “estalos” que aumentavam quando se repetia o processo, mas que está limitado ao tamanho do sistema de alguma maneira. Não souberam explicar muito bem a diferença entre o processo de eletrização por indução comparada ao processo de eletrização por atrito.

Essa prática teve um papel essencial no estímulo do pensamento indutivo – dedutivo, pois apesar do nível dos alunos, tanto do fundamental quanto do médio, eles conseguiram, até certo ponto, descrever a ciência que está por trás dos processos de eletrização, habilidades essenciais inclusive para a 3ª. Série do ensino médio. Todavia, é notória a correção que deve ser feita de conceitos advindos do senso comum durante a prática ou posterior.

Dando continuidade, observam-se na Tabela 9 as respostas dadas pelos estudantes durante a execução dos procedimentos II e III do experimento de efeito fotoelétrico.

**Tabela 9 - Respostas dos alunos do “Procedimento Experimental II e III” do kit de efeito fotoelétrico.**

10. Acione a luz vermelha por 10 segundos e observe o que acontece. Descreva alguma mudança que tenha observado.	A lâmina fechou um pouco.
	Não houve mudança das lâminas.
13. Acione a luz azul por 10 segundos e observe o que acontece. Descreva novamente suas observações.	A lâmina fica mais lenta para fechar.
	Não houve mudança das lâminas.
16. Acione a luz UV – violeta por 10 segundos e observe o que acontece e anote os resultados.	A lâmina fechou mais rápido.
	As lâminas fecharam rapidamente.
19. Os resultados observados foram iguais aos do Procedimento II? Quais as principais diferenças?	Não, uns foram lento e outro rápido.
20. Você acha que a cor ou o tipo de luz produziu um efeito diferente no eletroscópio? Qual fonte mostrou resultados mais expressivos?	Ultravioleta. Sim.

É fácil observar que os alunos perceberam o efeito da fonte de luz sobre as cargas não ligada ou ligada a placa de Zinco. O ultravioleta foi claramente para eles a fonte de radiação que foi “mais eficiente” em retirar cargas elétricas negativas da placa. Isso demonstra, ao mesmo tempo, que o efeito fotoelétrico não está relacionado à intensidade, mas a frequência da radiação, assim como ele só vale para elétrons livres presentes na placa, mas não vale se esse excesso de cargas for prótons. No experimento posterior, de determinação da constante de Planck, ficará claro que o fato do efeito fotoelétrico está relacionado apenas à frequência e não a intensidade, ou seja, abaixo de uma dada frequência não importa aumentar a potência da radiação incidente, essa energia não será distribuída entre os elétrons a serem arrancados, pois na verdade a frequência é que determina a energia que cada fóton individual deve ter para interagir individualmente com um elétron e arrancá-lo da placa. A Figura 24 apresenta as tabelas com resultados medidos de tensão, que corresponde a energia em eletrovolts ( $eV$ ), também as frequência calculadas a partir dos comprimentos de onda de cada LED específico. Depois de alimentar a “Tabela 1 do procedimento experimental” do roteiro relativo ao “Kit de determinação da constante de Planck” os alunos foram orientados sobre a forma correta de localizar as coordenadas destes pontos no plano cartesiano. Determinadas as coordenadas, sete pontos, correspondentes aos pares de medidas tensão – frequência dos



**Tabela 10 - Respostas dos alunos do questionário do roteiro de determinação da constante de Planck.**

1. O LED é um dispositivo semicondutor que quando energizado emite luz visível. Foi possível perceber que existe uma energia específica para cada cor específica de LED, ou seja, o LED só acenderá se atingir a quantidade de energia adequada para tal?	<i>Sim foi possível perceber que existe uma energia</i> Sim foi possível perceber que existe uma energia.
	<i>Sim o LED só acenderá se atingir a quantidade de energia para tal</i> Sim o LED só acenderá se atender a quantidade de energia para tal.
2. Quando acionamos um LED e o seguinte, observamos que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) diminui, enquanto a energia necessária (tensão) aumenta. Qual a relação de proporcionalidade entre a tensão e o comprimento de onda? No entanto quando aumenta a frequência ( $\nu$ ) aumenta também a tensão, agora qual a relação de proporcionalidade entre estas grandezas?	<del>essa</del> <i>inversamente proporcional</i> Inversamente proporcional.
3. As tensões medidas no experimento nos dão de forma direta as energias em eletrovolts (eV). Olhando os dados da tabela, do gráfico e pelas discussões anteriores, qual frequência, e qual cor de LED, precisa de maior energia para ser dado o gatilho fazendo acender o LED? E qual LED corresponde a menor energia?	<i>Infravermelho precisa de maior energia e o menor ultravioleta</i> Infravermelho precisa de maior energia e a menor ultravioleta.
	<i>Maior ultravioleta, e o menor infravermelho</i> Maior ultravioleta, e o menor infravermelho.
	<i>Ultravioleta e infravermelho</i> Ultravioleta e infravermelho.
4. Observando os procedimentos realizados de 6 a 14, o que faz você acreditar que a energia da radiação luminosa, como observada por Einstein, é quantizada?	<i>Os raios UV</i> Os raios UV.

Depois que os alunos responderam o questionário foi fácil, junto com eles, levá-los a concluir que o efeito fotoelétrico relaciona a energia do fóton que interage com o elétron da placa de Zinco e que é suficiente para arrancá-lo da placa, desde que se utilize a frequência adequada para tal, ou seja, o efeito não depende da intensidade da radiação incidente, mas é função apenas da frequência desta radiação, que está associada a sua cor ou tipo de fonte envolvida.

#### 4.2 Enquete sobre a aplicação do produto e da oficina

Para concluir a análise sobre o ponto de vista pedagógico, foi feito um questionário, tipo enquete, na intenção de verificar a satisfação dos alunos sobre os objetivos alcançados. Vale destacar a intervenção escrita que fizeram espontaneamente dois dos 19 alunos entrevistados e que pode ser visualizada na Tabela 11.

**Tabela 11 – Destaque de uma resposta do questionário realizado ao final da oficina de Física.**

6. Faça uma avaliação geral dos experimentos e da oficina e coloque sugestões de melhoria da metodologia e exposição dos temas abordados.	<i>A oficina foi muito satisfatória poderia acontecer com mais frequência.</i>
6. Faça uma avaliação geral dos experimentos e da oficina e coloque sugestões de melhoria da metodologia e exposição dos temas abordados.	<i>Calente.</i>

Os resultados da enquete sobre as questões pedagógicas e logísticas – operacionais, como também sobre a satisfação dos participantes da oficina podem ser observados a seguir. Primeiro perguntou-se sobre o nível escolar dos participantes. Observa-se, na Figura 25 que o público foi bem diversificado.



Figura 25 – Nível escolar dos participantes da oficina.

Depois se questionou sobre o nível de dificuldade dos experimentos e roteiros.

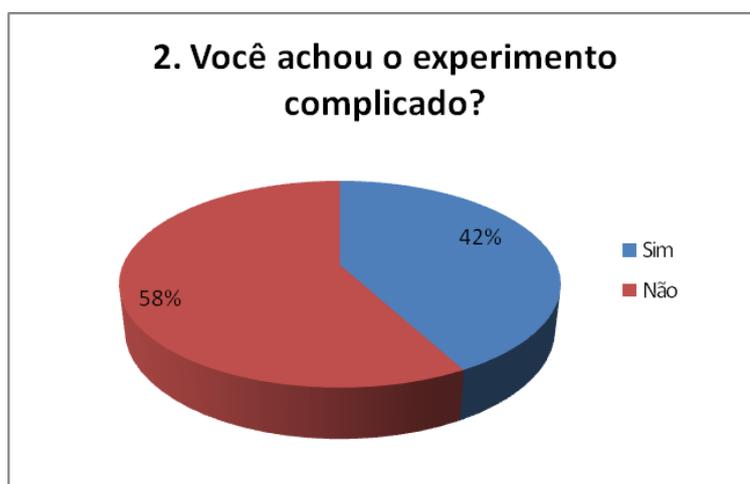
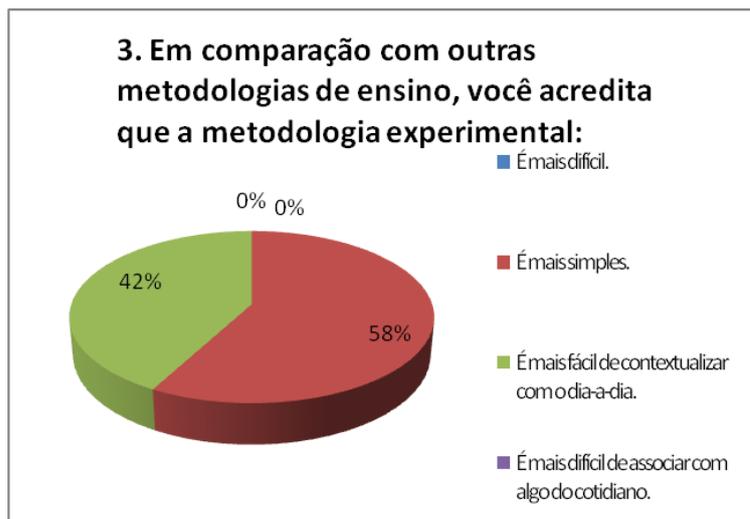


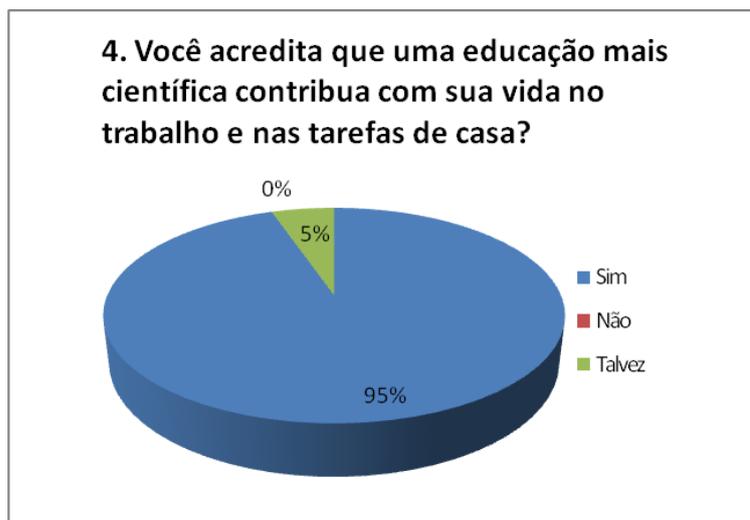
Figura 26 – Nível de dificuldade experimental.

Apesar da participação de quatro grupos bem diversificados, desde o fundamental incompleto ao médio completo, passando por níveis intermediários, quase 60% não achou o experimento de difícil execução e compreensão, como pode ser observado na Figura 26.



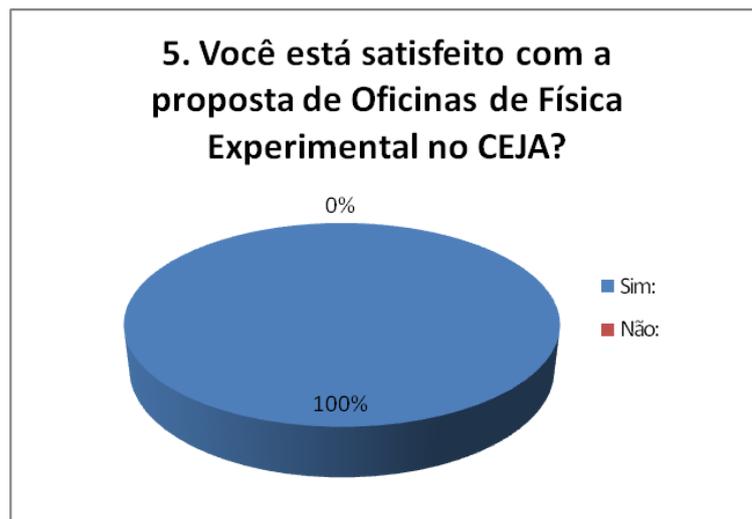
**Figura 27 – Comparação da metodologia experimental em grau de dificuldade com metodologias tradicionais.**

Comparada a metodologias tradicionais, inclusive ao de atendimento individual que é a prática dos CEJAs, a Figura 27 mostra um resultado de que a contextualização e a execução são mais simples que o esperado.



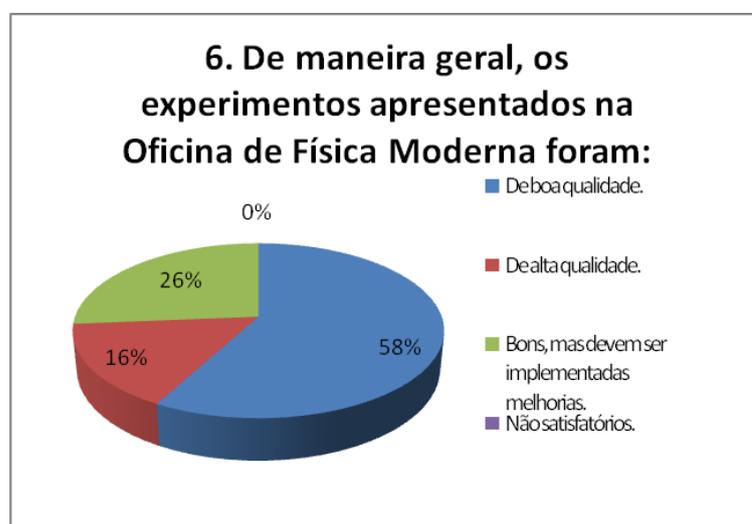
**Figura 28 – Aplicabilidade e contextualização com o dia-a-dia.**

De forma quase unânime os estudantes acreditam que essa prática contribua com uma educação científica, contribuindo de alguma forma com tarefas vivenciadas no trabalho e na vida diária de cada um.



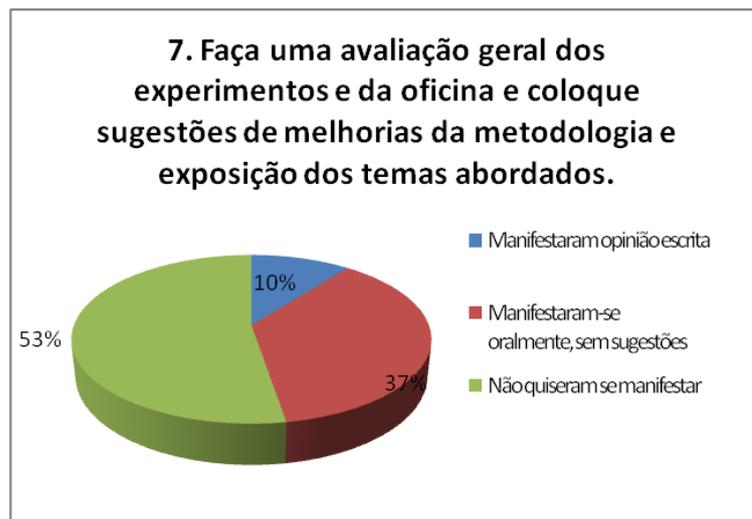
**Figura 29 – Nível de satisfação dos participantes.**

As Figuras 29 e 30, respectivamente, apresentam o grau de satisfação com o resultado da oficina de Física e dos experimentos proporcionados pelos kits educacionais. Foi visível a satisfação dos participantes, eles apontaram como de boa qualidade (58%) e de alta qualidade (16%) os experimentos, o que corresponde a uma satisfação total de 74%, resultado que corrobora com um resultado de 100% de satisfação com a “Oficina de Física Moderna Experimental”.



**Figura 30 – Avaliação da qualidade dos experimentos.**

De maneira geral a oficina foi satisfatória aos participantes. Dois deles se manifestaram de forma escrita, já apresentada na Tabela 11, enquanto outros sete fizeram oralmente manifestações favoráveis de que estavam muito felizes com a oficina e os produtos desenvolvidos para realizar os experimentos de Física Moderna na escola. Este resultado é também apresentado na Figura 31 seguinte.



**Figura 31 – Percentual de participantes que sugeriram manifestando-se escrita ou oralmente.**

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

O trabalho como foi pensado e se propôs inicialmente chegou finalmente na concepção e formato esperados. Como foi apresentado na motivação e nos objetivos específicos, foi feita uma discussão profunda sobre as questões relativas ao ensino de Ciências, em especial aquelas relacionadas ao ensino de Física. Juntou-se a essa discussão os dispositivos regulatórios do ensino básico, em especial o ensino médio e a EJA.

As discussões foram essenciais para se ter um panorama geral do ensino em suas áreas específicas, mais do que isso, fundamentou uma pedagogia voltada para prática experimental como de grande importância para permitir uma contextualização necessária no CEJA Professora Eudes Veras. Contextualização que tenta contornar a deficiência de um material didático fragmentário, ausente de conteúdos, às vezes desconexo. Também, que visa permitir um acesso ao conhecimento acadêmico recorrente nos cursos de Física Básica sobre Física Moderna nas instituições de ensino superior, o que aproxima o ensino médio da universidade de alguma forma.

Os resultados pedagógicos apontam uma postura, mesmo que acanhada, de observação curiosa, intuição e dedução, por partes dos participantes das oficinas no qual foi feita a aplicação do Produto Educacional. Essa característica é nata de uma investigação científica inerente aquele que utiliza um método prescrito que leva a transição da cognição da observação para a indução. Ainda assim, observa-se que se deve aumentar a frequência desta participação nas oficinas com aplicação do Produto Educacional, pois os alunos ainda têm aversão ao trabalho manual escrito, a trabalhar com material diferente do seu material didático, e apresentam ainda dificuldade de trabalhar em equipe. Todavia, a grande maioria

aponta que a metodologia adotada por meio da oficina com aplicação do Produto Educacional é de mais fácil contextualização com o dia-a-dia.

A grande maioria dos participantes da oficina de Física não achou o experimento complicado e que ele é de mais fácil execução e contextualização comparado a outras metodologias, apesar de se ter trabalhado com grupos de alunos bem diversificados, com quase 25% de representatividade, cada um dos quatro grupos.

Foi visível a satisfação dos participantes, eles apontaram como de boa qualidade (58%) e de alta qualidade (16%) os experimentos, o que corresponde a uma satisfação total de 74%, resultado que corrobora com 100% de satisfação com a “Oficina de Física Moderna Experimental. No entanto, um total de 26% declarou a necessidade de se implementar algumas melhorias, não esclareceram quais devam ser, mas acredita-se que sejam relativos a logística, pois houve pouco tempo para realizar a prática e anotar procedimentos e responder questionários.

De maneira geral o produto e a sua aplicação atenderam aos objetivos esperados, vale ressaltar a declaração espontânea dos alunos de que a oficina foi excelente e que deveria ser disponibilizada com maior frequência.

## **6 PERSPECTIVAS FUTURAS**

Foi verificado após a concretização dos produtos que é possível implementar melhorias. Por exemplo, o “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico” pode ser reduzido, pois foi verificado no mercado componentes menores, o que facilitaria a portabilidade, qualidade que permite uma maior mobilidade de sala em sala, situação da maioria das escolas que não tem laboratório de Física.

Quanto ao “Kit para a determinação da constante de Planck” o que pode melhorar como sugestões futuras, é a adição de outros LEDs, possibilitando uma redução maior do erro experimental da determinação da constante de Planck, mas também pode – se adicionar, caso seja encontrado em outros locais Brasil afora, micro – amperímetro e voltímetro digitais que possam ser incluídos diretamente no circuito, e potenciômetros de maior precisão. Outra sugestão seria trabalhar com aplicativos de regressão linear via “Android” ou “IOS” para maior precisão no cálculo da constante de Planck, o que evita erros decorrentes do cálculo por aproximação gráfica manual. No caso deste trabalho não houve viabilidade devido o tempo e a dificuldade dos alunos quanto ao acesso a internet ou a limitação dos seus dispositivos, mas em salas de aula regulares talvez seja uma proposta de mais fácil execução.

A mais importante perspectiva, no entanto, é que este Produto Educacional, a apostilha, venha a se tornar um livreto, um pequeno livro de experimentos de Física Moderna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALARCÃO, Isabel (Org.). et. al. **Formação Reflexiva de Professores: Estratégias de Supervisão**. Porto – Portugal: Porto Editora, 1996.

ALMEIDA, Maria Isabel de; PIMENTA, Selma Garrido. **Estágios supervisionados na formação docente: educação básica e educação de jovens e adultos**. São paulo: Cortez, 2014.

ANASTASIOU, Lea das Graças Camargo; ALVES, Leonir Pessate. **Estratégias de ensinagem**. Fortaleza, IFCE, 2007 (mimeografado).

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Resolução nº 1 de 5 de julho de 2000**. Brasília, 2008. p. 4 Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/cne>> Acesso em: 13 out. 2008.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos. Parecer nº 11/2000**, 10 de maio 2000. Brasília, 2008. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/cne>> Acesso em: 13 out. 2008.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. **Parecer nº 261/2006, 09 de novembro de 2006**. Brasília, 2008. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/cne>> Acesso em: 13 out. 2008.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. **Parecer nº 18/2012, 02 de novembro de 2012**. Brasília, 2012.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9.394/96**. Brasília, 20 de dezembro de 1996.

\_\_\_\_\_. MEC/CEB. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos. Parecer CEB nº 11/2000**. Conselho Nacional de Educação. Brasília: 2000.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **PCN+/Ensino Médio/Ciências da natureza, Matemática e suas Tecnologias. Orientações complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília: 2002.

BELL, Daniel. **The Reforming of General Education**. New York, Columbia University Press. 1966. 320p.

BIZZO, Nelio. **Ciências: Fácil ou Difícil?** 1ª ed. São Paulo: Biruta, 2009.

BRUNER, Jerome S. **O Processo da Educação**. Tr. Lélío Lourenço de Oliveira. São Paulo, Comp. Editora Nacional, 1968. 87p.

CARVALHO, Anna M. Pessoa; PÉREZ, Daniel Gil. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. Tradução de Sandra Valenzuela. 5. Ed. São Paulo: Cortez, 2001.

CEARÁ. Estatuto do Magistério Oficial do Estado. **Lei nº 10.8884/1984, 02 de fevereiro de 1984.**

CONTRERAS, José. **Autonomia de Professores.** Tradução Sandra Trabucco Valenzuela; Revisão técnica e notas à edição brasileira Selma Garrido Pimenta. – 2. ed. – São Paulo: Cortez, 2012.

CUNHA, Nádia Franco de. **A crise da educação escolar e as tarefas da universidade.** Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos. Rio, MEC/INPE, 53 (118): 258-253, abr-jun. 1970.

CURY, Carlos Roberto Jamil. **Legislação educacional no Brasil.** Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

DEWEY, John. **How We Think.** Boston D. C. Heath, 1933.

ESTRELA, Albano; NÓVOA, António. **Avaliação em educação: novas perspectivas.** Portugal: Porto Editora, 1993.

FREIRE, Paulo; **Pedagogia do Oprimido** 18º ed - Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1983.

GIL-PÉREZ, Daniel; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações.** São Paulo: Cortez, 2001.

GUSDORF, Georges. **L'Universite en Question.** Paris, Payot, 1964. 224p.

HADJI, Charles. **Avaliação, regras do jogo: das intenções aos instrumentos.** Portugal: Porto Editora, 1994.

HADDAD, Sérgio e PIERRO, Maria Clara Di. **Escolarização de jovens e adultos.** São Paulo, 2000. 24 p. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/275/27501407.pdf>> Acesso em: 13 out. 2017.

HADDAD, Sérgio. **Propostas curriculares de suplência II (2º segmento do ensino fundamental supletivo): relatório de pesquisa.** São Paulo, 1999. 84 p. Disponível em: <[http://www.acaoeducativa.org.br/portal/components/com\\_booklibrary/ebooks/se g2.pdf](http://www.acaoeducativa.org.br/portal/components/com_booklibrary/ebooks/se g2.pdf)> Acesso em: 13 de out. 2017.

IMBERNÓN, Francisco. **Formação docente e profissional: formar-se para a mudança e a incerteza.** Tradução de Silvana Cobucci Leite. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2010.

JASPERS, Karl. **Die Idee der Universitat.** Berlin, Springer, 1946. (Citado por Gusdorf/ p. 163-164).

KRASILCHIK, Myriam. **Prática de ensino de biologia.** 4ª ed. São Paulo: Editora da Univeridade de São Paulo, 2011.

LESSARD, Claude; TARDIF, Maurice. **O trabalho docente: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas**. Tradução de João Batista Kreuch. 5. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2009.

LIBANEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortaz, 1994. (Coleção magistério. 2º grau. Série formação do professor)

LOIOLA, Laura Jeane; LOIOLA, Francisco A.; TARDIF, Maurice. **O trabalho docente, a didática e o ensino: interações humanas, tecnologias e dilemas**. Fortaleza, UFC, 2001.

LUCKESI, Cipriano Carlos. **Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições**. São Paulo: Cortez, 2003.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Cortez, 2009. (Coleção Docência em Formação. Série Ensino Médio).

MACLUHAN, Marshall, e Quentin Fiore. **O meio são as mensagens**. Tr. Ivan Pedro de Martins. Rio, Distribuidora Record, 1969. 188p.

MCGRANTH, Earl J. **Liberal Education in the Professions**. New York, Institute of Higher Education, Teachers College, Columbia University, 1964. 63p.

ORTEGA Y GASSET, Jose'. **Mission of the University**. Tr. Howard Lee Nostrand. Princeton, Princeton University Press, 1944. 103p.

PACHECO, José Augusto. **Escritos curriculares**. São Paulo: Cortez, 2005.

PERRENOUD, Philippe. **Avaliação entre duas lógicas: da excelência à regulação das aprendizagens**. Tradução de Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1999.

\_\_\_\_\_. *ET al.* **As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação**. Tradução Cláudia Schilling e Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2002.

PIAGET, Jean. **Psicologia e Pedagogia**. Tr. Dirceu Accioly Lindoso e Rosa Maria Ribeiro da Silva. Rio, Forense, 1970. 182p.

PICONEZ, Stela C. Bertholo. **Educação escolar de jovens e adultos**. 4. ed. Campinas, SP: Papyrus, 2002.

PIMENTA, Selma. Garrido; LIMA, Maria Socorro. **Estágio e docência**. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RICARDO, E.C. e Zylbersztajn, Arden. **O Ensino das Ciências no Nível Médio: um estudo de caso sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 351-370, dez. 2002.

ROMÃO, José Eustáquio. **Avaliação Dialógica: desafios e perspectivas.** 2. Ed. São Paulo: Cortez: Instituto Paulo Freire, 1999.

SANBORN C. B.; Clarke, Norman; Tiomno, Jayme. **International Conference on Physics in General Education: Why Teach Physics? Rio de Janeiro – Brasil.** Publicado por The International Union of Pure and Applied Physics by The MIT Press. Julho de 1963.

SACRISTÁN, J. Gimeno. **O currículo: uma reflexão sobre a prática.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

SANTANNA, Flávia Maria et al. **Planejamento de ensino e avaliação.** Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 1986.

SILVA, Tomaz Tadeu da. **Documentos de identidade: uma introdução às teorias do currículo.** Belo Horizonte: Autêntica, 1999.

SPERB, Dalilla. **Problemas gerais de currículo.** 2. ed. Porto Alegre: Globo, 1976.

SNOW, C. P. **The Two Cultures: and a Second Look.** New York, The New American Library, 1963. 92p.

SUCUPIRA, Newton, ET ali. **O Ciclo Básico (1º Ciclo Geral de Estudos).** 2ª. Ed., Rio, Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, 1970. 73p.

WHITEHEAD, Alfred North. **Os Fins da Educação e Outros Ensaios.** Tr. Leônidas Contijo de Carvalho. São Paulo, Comp. Editora Nacional, 1969. 173p.

YOUNG, M. **Para que servem as escolas?** , v. 28, p. 1287-1302, 2007. ISSN 0101-7330. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-73302007000400002&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-73302007000400002&nrm=iso)>.

## **ANEXOS**

## ANEXO I

### Roteiro do “Quite experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”.

#### 1. Introdução teórica:

Foi no artigo de 1905, “*Sobre uma interpretação heurística da geração e da transformação da luz*”, que Einstein enunciou a lei do efeito fotoelétrico, o que lhe valeu o premio Nobel de Física em 1921. Se Planck em seu artigo sobre a radiação do corpo negro revolucionou a quântica, foi Einstein que a formulou com clareza.

Einstein teve a proeza de justificar, a partir da fórmula obtida experimentalmente por Wien em 1896, a afirmação de que a radiação térmica de frequência “ $f$ ” se comportava do ponto de vista da termodinâmica estatística, como se fosse constituída por pontos materiais de energia “ $h.f$ ”, ao que denominou como “*os quanta de luz*”, ou seja, ele considerou que a radiação se comportava como um gás perfeito clássico de partículas materiais que exerciam pressão sobre a superfície de um pistão (no cilindro) por meio do bombardeio deste pelos fótons (quanta de luz). Portanto, a energia da luz, segundo Einstein, seria vinculada pelos quanta. Foi aqui então, que ele considerou que o efeito fotoelétrico corroborava com a hipótese dos quanta de luz.

Heinrich Hertz, em 1887 foi o primeiro a observar esse efeito quando tentava produzir e detectar ondas eletromagnéticas por meio de dois centelhadores (emissor – receptor). Diversas conclusões foram obtidas sobre o efeito fotoelétrico por aqueles que estudavam o tema, mas de forma unânime todos concordavam que: “Quando expomos um metal à radiação eletromagnética de frequência suficientemente elevada, o metal emite partículas de carga negativa”. Após a descoberta de Thompson de que os raios catódicos eram elétrons, Phillip Lenard demonstrou que essas partículas emitidas eram também elétrons porque possuíam uma mesma razão carga – massa dos raios catódicos de Thompson.

Phillip Lenard observou também que, no circuito montado (Figura 1) com uma corrente mínima prefixada, a máxima corrente excedente (captada pelo anodo) era sempre proporcional a intensidade da luz incidente na placa metálica (catodo), mas que a energia dos elétrons emitidos não dependia da radiação incidente no metal, desde que a frequência da radiação não fosse menor que a necessária para a emissão de elétrons pelo metal correspondente, o que contradiz a imagem da natureza ondulatória e continua da luz.

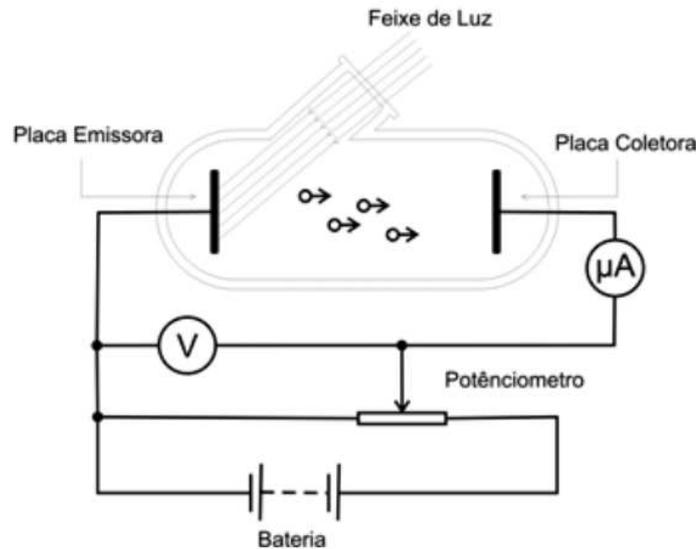


Figura 1 - Aparato usado para observação do efeito fotoelétrico  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172018000300702](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000300702)

Algumas observações são importantes de serem destacadas, ou seja:

- i) A energia dos elétrons emitidos (fotoelétrons) não depende da intensidade de luz incidente.
- ii) Independentemente da intensidade de luz, existe para cada metal uma frequência abaixo do qual não ocorre o efeito fotoelétrico, denominada frequência de corte.
- iii) Não há retardo na emissão de elétrons, desde que a emissão depende apenas da energia necessária para extrair o elétron do metal, a emissão é quase imediata.

Assim o efeito fotoelétrico proposto por Einstein para explicar este comportamento era baseado nas seguintes proposições:

- iv) Um quantum de luz que penetra um metal transmite sua energia “ $hf$ ”, totalmente ou em parte, a um elétron, de acordo com a seguinte lei:  

$$E_{\max} = hf - T$$
- v) A energia cinética máxima  $E_{\max}$  não é função da intensidade da radiação e aumenta de modo linear com a frequência da radiação incidente, independentemente.
- vi) O efeito fotoelétrico não ocorre se a frequência da radiação estiver abaixo do valor “ $f_0 = T/h$ ”, que anula o segundo membro da equação, a chamada frequência de corte.

## 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL I: Eletroscópio de folhas de alumínio.

1. Pegue um pedaço de guardanapo ou papel higiênico e um canudo e esfregue um contra o outro diversas vezes.
2. Aproxime o canudo da extremidade do “jacaré externo” que morde a placa de zinco – Zn. Descreva brevemente o que foi observado por meio dos sentidos, em poucas palavras: \_\_\_\_\_
3. Encoste levemente o canudo sobre a extremidade do “jacaré externo” do sistema. Observe as lâminas de alumínio e descreva de forma breve o que acontece: \_\_\_\_\_

4. Agora repita os procedimentos 1 a 3 e responda:
  - a. Ocorreu alguma mudança visual nas lâminas de alumínio? Caso tenha ocorrido, ela foi intensificada quando repetimos os procedimentos 1 a 3?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- b. Você acha que existe um limite para essa alteração? Esse limite tem a ver com os tamanhos das lâminas, dos jacarés e da placa de Zinco?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

- c. Fazendo uma analogia com um comportamento parecido que você tenha vivenciado em outro lugar ou objeto, podemos dizer que houve a transferência de algo entre o canudo e o sistema? Explique!  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Encoste o dedo no jacaré externo e observe o que acontece. De alguma maneira é possível afirmar que houve uma transferência de algo entre você e o sistema semelhante ao observado no procedimento 4, ou essa transferência se inverteu? Explique!  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

6. Retire o jacaré externo, repita o procedimento 1, e aproxime o canudo da placa de Zinco sem tocá-la.

7. Sem tirar o canudo de perto da placa, encoste uma haste metálica na placa de Zinco depois a afaste, em seguida afaste o canudo lentamente e observe o que ocorreu.

- a. Há alguma diferença ou semelhança entre os procedimentos 3 – 4 e 6?  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL II: Efeito das fontes de luz sobre o sistema eletroscópio carregado por contato.

8. Com a palha de aço “limpe” a superfície da placa de Zinco (não desmonte o sistema). Depois coloque de volta o sistema junto com o jacaré externo.

9. Agora repita os procedimentos 1 a 3.

10. Acione a luz vermelha por 10 segundos e observe o que acontece. Descreva alguma mudança que tenha observado.

---

11. Toque o jacaré externo e observe.

12. Repita os procedimentos 1 a 3 novamente.

13. Acione a luz azul por 10 segundos e observe o que acontece. Descreva novamente suas observações.

---

14. Toque o jacaré externo novamente.

15. Repita, mais uma vez, os procedimentos 1 a 3.

16. Acione a luz UV – violeta por 10 segundos e observe o que acontece e anote os resultados.

---

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL III: Efeito das fontes de luz sobre o sistema eletroscópio carregado por indução.

17. Repita os procedimentos 6 e 7.

18. Repita também, um por um, os procedimentos de 10 a 16.

19. Os resultados observados foram iguais aos do Procedimento II? Quais as principais diferenças?

---

---

20. Você acha que a cor ou o tipo de luz produziu um efeito diferente no eletroscópio? Qual fonte mostrou resultados mais expressivos?

---

---

5. QUESTIONÁRIO

1. A matéria é composta basicamente por prótons, neutros e elétrons, que já se subdividem em outras partículas. Elétrons têm carga negativa e prótons têm carga positiva. Portanto, em que situação é possível afirmar que um corpo está negativamente ou positivamente carregado se considerarmos o equilíbrio entre estas cargas no material?

- 
- 
- 
2. Você acredita que o processo observado no procedimento 4 é na verdade um processo de transferência de cargas elétricas? Essa transferência acontece do canudo para a placa de zinco ou no sentido contrário?

- 
- 
- 
3. Ao comparar os procedimentos 4 – 5 com o 6 – 7, que tipo de carga elétrica poderá ter se acumulado, em cada caso, respectivamente, na placa de Zinco?

- 
- 
- 
4. Quando você aciona cada uma das três lâmpadas, consegue perceber que elas refletem sua radiação na placa de Zinco? Esse comportamento, de alguma maneira, é semelhante ao evento de chutar uma bola contra a parede e ela retornar ao jogador? Imagine que a luz é formada por “bolas” tão pequenas que não tocam umas as outras, e tão rápida que não fazem curvas como as bolas que chutamos, mas só “viajam” em linha reta. É possível afirmar que essas partículas (“bolas de luz”) colidem com as cargas elétricas presentes na placa de Zinco? Se concordar, explique como elas arrancam as cargas elétricas da placa.

- 
- 
- 
5. É possível afirmar que as “partículas de luz” exercem uma pressão que se assemelha a pressão do vapor d’água numa válvula de uma panela de pressão?

- 
- 
- 
6. A luz, assim como a radiação UV (ultravioleta), entre outras radiações, são ondas eletromagnéticas formadas por campos elétricos e magnéticos variáveis e mutuamente perpendiculares que viajam a velocidade de 300.000 km/s no vácuo. No entanto, vimos nos Procedimentos II e III, que a interação das fontes com a placa de Zinco foi semelhante à colisão entre partículas, isso é possível? Pesquise sobre este comportamento anômalo da luz!

- 
- 
- 
7. Nos procedimentos 4 e 5, considerando que a carga que se acumula na placa de Zinco é negativa, responda porque a incidência da radiação UV sobre a placa de Zinco produziu uma aproximação mais rápida das lâminas de alumínio? Explique este fato considerando que a energia de uma radiação está diretamente relacionada à frequência da mesma, quanto maior a frequência maior a energia.

---

---

---

---

8. Nos procedimentos 6 e 7, considerando que o excesso de carga é positivo, porque não foi possível, com nenhuma das fontes ligadas, uma aproximação significativa das lâminas de alumínio? Observe a figura e fundamente sua resposta.

---

---

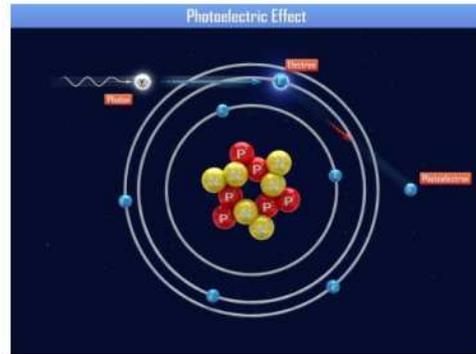
---

---

---

---

---



9. Einstein denominou as “partículas de luz” por “quantum”. Cada quantum (ou fóton) de luz tem uma energia definida por “ $h \cdot f$ ”, onde  $h$  é a constante de Planck e “ $f$ ” é a frequência da radiação incidente na placa. Com base nesta hipótese pode-se afirmar que um feixe de luz fraco significa menos número de fótons ou fótons de menor energia?

---

---

---

10. Se a luz é composta por fótons, então podemos afirmar que os fótons de luz vermelha são diferentes dos fótons de luz azul e UV? Existe alguma relação entre a cor da luz com a frequência?

---

---

---

11. Se as luzes de cores vermelhas e azuis, respectivamente, não conseguem arrancar elétrons livres da placa de Zinco, e a fonte de UV arranca o que dizer da energia da fonte UV em comparação com as fontes vermelha e azul?

---

---

---

12. Se os elétrons na placa de Zinco são arrancados por causa da colisão dos fótons de luz com estes, podemos afirmar que eles transferem quantidade de movimento aos elétrons?

---

---

---

13. Sabendo que o produto da energia de um fóton, em eletrovolts ( $eV$ ) por seu comprimento de onda em angstrom ( $\text{Å}$ ) é igual a  $12.397 eV\text{Å}$ , determine o comprimento de onda do vermelho, energia igual a  $2 eV$ , e do azul com energia igual a  $3 eV$ , usando a relação a seguir:  $\lambda(em \text{ Å}) = \frac{12.397}{E}$ , onde  $E$  é o valor da energia em eletrovolts.

---

---

---

14. “Se a luz associada a um comportamento ondulatório tem também um comportamento de partículas, podemos afirmar que as partículas de matéria têm comportamento também ondulatório”?

---

---

---

## ANEXO II

### Roteiro do “Quite experimental de determinação da constante de Planck”.

#### 1. *Introdução teórica:*

A quantização da carga elétrica, da luz, da energia e da matéria em geral segue um roteiro histórico - científico com inúmeras semelhanças e tem sido palco de diversas discussões científicas desde a Grécia Antiga. Essa quantização iniciou com o modelo de uma partícula indivisível de matéria e remonta o tempo de Demócrito (aprox. 450 a. C.), essa partícula foi denominada de *átomo* na era moderna. Foi a partir de 1900, no entanto, que essas discussões voltaram a ganhar corpo, pois com a possibilidade da determinação experimental da constante dos gases perfeitos “*R*”, a determinação de “*k*” (constante de Boltzmann) levaria a determinação de “*N*” (o número de Avogadro). Isso comprovaria a *hipótese de Avogadro* (1811), depois comprovada pela interpretação correta das reações químicas e da Teoria Cinética dos Gases. Esta comprovação estabeleceu que a matéria é quantizada. A cartada posterior veio da “*Lei de Faraday da Eletrólise*”, indicando que tanto quanto a matéria, a carga elétrica parecia também ser quantizada, mas sua comprovação só veio com o famoso “*Experimento de J. J. Thomson*”, técnica precursora dos antigos aparelhos de televisão, no qual determinou que os *corpúsculos* que formavam os raios catódicos (depois denominado de elétrons por Lorentz) era uma pequena fração do átomo de hidrogênio, como previsto. Múltiplos dessa fração foram observados experimentalmente no famoso experimento de Milikan (1909), que estimou um valor para carga elementar como sendo de aproximadamente  $1,6 \times 10^{-19}$  Coulombs. Todavia, o grande marco na Teoria Quântica ocorreu quando os cientistas tentaram entender a radiação térmica, situação no qual a quantidade de radiação absorvida por unidade de tempo é exatamente igual à quantidade de radiação emitida por unidade de tempo por um corpo, denominado de “Corpo Negro”. E nesse cenário é que Max Planck (1900) obtém uma fórmula empírica que se ajusta perfeitamente, em altas frequências (lei de Wien), as curvas de distribuição de radiação de um corpo negro a uma dada temperatura que não depende da composição do corpo, onde a partir de medidas experimentais pode-se obter o valor de “*h (constante de Planck)*”. Ele considerou que a parede de uma pequena cavidade que representava o corpo negro era formada por molas que oscilavam elétrons presos as extremidades, mas que a *energia de oscilação* ( $\varepsilon$ ) desses elétrons não poderia ser contínua, mas sim variar em saltos, conforme a equação:

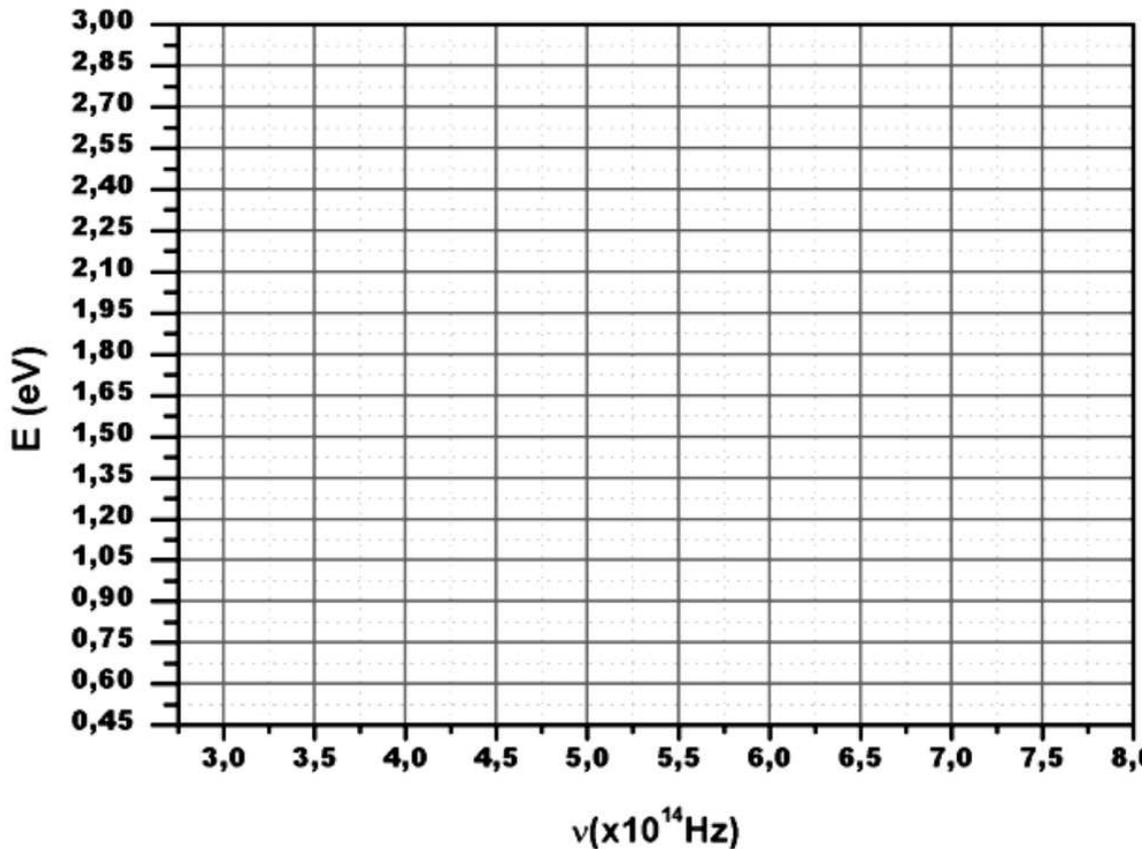
$$\Delta E = n\varepsilon = h \cdot \nu, \quad n = 0,1,2,3,\dots$$

Onde foi feita a consideração de  $\varepsilon$  é proporcional frequência da radiação “ $\nu$ ” absorvida ou emitida pela cavidade.

Assim para coroar a Teoria Quântica, em 1905, Einstein usou essas idéias para explicar o efeito fotoelétrico, demonstrando que a quantização não era apenas uma propriedade misteriosa das cargas oscilantes nas paredes das cavidades e da radiação dos corpos negros, mas se tratava também de uma característica fundamental da energia luminosa, o que lhe rendeu o Premio Nobel de Física em 1921.

#### 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1. Coloque a chave seletora no segundo LED à esquerda e o marcador do potenciômetro na marca zero.
2. Conecte os terminais da fonte de 6V a alimentação do equipamento.
3. Ajuste o multímetro para o valor de 20V. 
4. Insira os terminais do multímetro , preto no borne preto e vermelho no borne vermelho  da placa de LED.
5. Conecte a fonte  na tomada.
6. Ligue a chave do LED de infravermelho  (primeiro LED à esquerda) que fica na parte inferior esquerda do equipamento. Isso é feito deslocando a chave para direita.
7. Gire o cursor do potenciômetro até a marcação 25 e observe o LED de infravermelho. Caso não consiga visualizar nada diferente, observe com a câmera do celular. Se visualizar algum brilho, por menor que seja, anote a tensão medida no multímetro, caso contrário vá lentamente se aproximando da marcação 20 enquanto observa o LED de infravermelho. Assim que ele começar a brilhar pare de girar o potenciômetro e anote a tensão medida no multímetro na tabela 8.
8. Retorne o cursor do potenciômetro para a marcação 60 (marcação zero).
9. Com a chave seletora no segundo LED, LED vermelho, aumente lentamente a tensão girando o curso do potenciômetro até a marcação de 30, ou um pouco depois. Caso não consiga visualizar algum brilho, continue até que o veja começar a brilhar. Anote a tensão medida no potenciômetro na tabela 8.
10. Vire a chave seletora no sentido anti-horário até o próximo LED, LED amarelo. Agora avance com o cursor do potenciômetro de onde parou, mas lentamente, até que veja o LED começar a acender. Anote a tensão na tabela 8.
11. Selecione o próximo LED, LED verde. Novamente, de onde parou avance com o cursor do potenciômetro até que ele comece a acender. Isso pode ocorrer próximo a marcação 35, verifique. Tão logo ele comece a acender anote a tensão na tabela 8.
12. Vire a chave seletora para o LED seguinte, o LED azul. Novamente avance lentamente com o cursor do potenciômetro de onde parou, até que veja o LED começar a acender (próximo a marcação 20). Anote a tensão na tabela 8.
13. Selecione o LED de cor violeta e avence lentamente com o cursor do potenciômetro de onde parou até que veja o LED começar a acender (após a marcação 20). Anote a tensão na tabela 8.



14. Vire a chave seletora para o próximo LED, o LED ultravioleta. Mais uma vez avance com o cursor do potenciômetro de forma lenta até que veja o LED começar a acender. Anote a tensão na tabela 8.
15. Preencha a tabela 8 anotando todas as tensões medidas desde infravermelho ao ultravioleta. Calcule para cada LED suas respectivas freqüências (em Hertz), usando a relação a seguir:

$$\nu = \left( \frac{3000}{\lambda_{nm}} \right) \cdot 10^{14},$$

Onde os valores de comprimento de onda ( $\lambda$ ) são usados diretamente da tabela 8 sem nenhuma transformação, assim a equação nos fornece a freqüência ( $\nu$ ) em Hertz (Hz). A divisão obtida da relação entre parêntese deve ser colocada diretamente na tabela 8, pois nesta tabela a freqüência já está multiplicada por  $10^{14}$  Hz.

16. Com os valores anotados das duas últimas colunas marque as freqüências no eixo - X e as tensões no eixo - Y.
17. Trace paralelas aos eixos X e Y que passe pelos pontos marcados nos eixos, o cruzamento destas retas são pontos no plano cartesiano.
18. Com uma régua trace uma reta que passe o mais próximo possível de todos os pontos determinados no plano cartesiano. Anote os dois pontos extremos da reta no formato  $(x_1; y_1) = ( \quad ; \quad )$  e  $(x_2; y_2) = ( \quad ; \quad )$ .
19. Agora determine a inclinação, que nos dá o valor aproximado de  $h$  (constante de Planck), de acordo com a relação:

$$h \cong \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \cdot 10^{-14}.$$

Tabela 1 – Tabela para preenchimento da tensões medidas.

Marcação (potenciômetro)	LED ( $\lambda$ )	Tensão (Volts)	Frequência $\nu(10^{14} \text{ Hz})$
Entre 15 e 20	Infravermelho (933 nm)		
Entre 27 e 30	Vermelho (627 nm)		
Entre 27 e 30	Amarelo (592 nm)		
Entre 20 e 25	Verde (537 nm)		
Entre 20 e 23	Azul (456 nm)		
Entre 18 e 20	Violeta (402 nm)		
Entre 16 e 18	Ultravioleta (396 nm)		

### 3. QUESTIONÁRIO

1. O LED é um dispositivo semicondutor que quando energizado emite luz visível. Foi possível perceber que existe uma energia específica para cada cor específica de LED, ou seja, o LED só acenderá se atingir a quantidade de energia adequada para tal?

---



---



---

2. Quando acionamos um LED e o seguinte, observamos que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) diminui, enquanto a energia necessária (tensão) aumenta. Qual a relação de proporcionalidade entre a tensão e o comprimento de onda? No entanto quando aumenta a frequência ( $\nu$ ) aumenta também a tensão, agora qual a relação de proporcionalidade entre estas grandezas?

---



---



---

3. As tensões medidas no experimento nos dão de forma direta as energias em eletrovolts (eV). Olhando os dados da tabela, do gráfico e pelas discussões anteriores, qual frequência, e qual cor de LED, precisa de maior energia para ser dado o gatilho fazendo acender o LED? E qual LED corresponde a menor energia?

---



---



---

4. Observando os procedimentos realizados de 6 a 14, o que faz você acreditar que a energia da radiação luminosa, como observada por Einstein, é quantizada?

---



---

- 
- 
5. A colisão entre duas bolas de sinuca pode ocorrer de várias formas, mas sempre a bola principal transfere quantidade de movimento e energia para bola seguinte. A velocidade da bola seguinte, por exemplo, pode ser prevista se soubermos a da bola principal, ou seja, uma bola troca energia com a outra. Baseado nesta observação podemos dizer que, assim como as bolas de sinuca a luz se comporta como um corpúsculo que precisa de uma energia necessária para que seja emitido do LED?

- 
- 
6. A luz, assim como a radiação UV (ultravioleta), entre outras radiações, são ondas eletromagnéticas formadas por campos elétricos e magnéticos variáveis e mutuamente perpendiculares que viajam a velocidade de 300.000 km/s no vácuo. Sabendo disso, verifique que valor é encontrado quando multiplicamos a frequência pelo comprimento de onda, para o infravermelho, o verde e o ultravioleta. Anote esses resultados.

7. Einstein denominou as “partículas de luz” por “quantum”. Cada quantum (ou fóton) de luz tem uma energia definida por “ $h.f$ ”, onde  $h$  é a constante de Planck e “ $f$ ” é a frequência da radiação incidente na placa. Com base nesta hipótese pode-se afirmar que um feixe de luz fraco significa menos número de fótons ou fótons de menor energia?

- 
- 
8. Sabendo que o produto da energia de um fóton, em eletrovolts ( $eV$ ) por seu comprimento de onda em angstrom ( $\text{Å}$ ) é igual a  $12.397 eV\text{Å}$ , usando os valores de tensão da tabela 8, determine o comprimento de onda do vermelho e do azul, usando a relação a seguir:  $\lambda(em \text{ Å}) = \frac{12.397}{E}$ , onde  $E$  é o valor da energia em eletrovolts.
- 
- 
-

9. “Se a luz associada a um comportamento ondulatório tem também um comportamento de partículas, podemos afirmar que as partículas de matéria têm comportamento também ondulatório”?

---

---

---

---

10. Os procedimentos 16 a 19 são usados para determinar manualmente a constante de Planck. Agora repita os procedimentos 16 a 19, mas alimentando os dados numa tabela do Excel. Construa o gráfico a partir da tabela, use o layout de pontos dispersos (dispersão). Depois adicione uma função linear de ajuste e habilite a caixa que mostra a equação. Compare este resultado com o anterior, ele foi melhor, mais preciso?

---

---

---



ANEXO III

**DJALMA GOMES DE SOUSA**

**PRODUTO EDUCACIONAL:  
KITS DE FÍSICA MODERNA PARA APLICAÇÃO EXPERIMENTAL  
NO ENSINO MÉDIO – PRÁTICAS DE EFEITO FOTOELÉTRICO E  
CONSTANTE DE PLANCK**



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

DJALMA GOMES DE SOUSA

**PRODUTO EDUCACIONAL:  
KITS DE FÍSICA MODERNA PARA APLICAÇÃO EXPERIMENTAL  
NO ENSINO MÉDIO – PRÁTICAS DE EFEITO FOTOELÉTRICO E  
CONSTANTE DE PLANCK**

Produto Educacional anexo à  
Dissertação submetida ao Programa de  
Pós-Graduação do Mestrado Nacional  
Profissional em Ensino de Física, da  
Universidade Federal do Ceará



**MNPEF** Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física

Ficha catalográfica apenas ilustrativa

---

Sousa, Djalma Gomes de.

PRODUTO EDUCACIONAL : KITS DE FÍSICA MODERNA PARA APLICAÇÃO EXPERIMENTAL NO ENSINO MÉDIO – PRÁTICAS DE EFEITO FOTOELÉTRICO E CONSTANTE DE PLANCK / Djalma Gomes de Sousa. – 2018.

41 f. : il. color.



– Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Fortaleza, 2018.

Orientação: Prof. Dr. Nildo Loiola Dias.

1. Ensino de Física. 2. Física Moderna. 3. Produto Educacional.. I. Título.

---

Aos meus filhos Ângelo e Laís e a minha  
linda e dedicada esposa, Regiane Maria.  
Aos amigos do MNPEF/2016.

DEDICO.

*“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas.”*

(Carl Sagan).

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Panorama geral da concepção a aplicação do produto educacional.	103
Figura 2 - Parte frontal do kit com porta aberta.	104
Figura 3 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit1 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).	105
Figura 4 – Detalhe do passo dois que mostra as ligações individuais na extensão.	106
Figura 5 - Detalhe do passo dois que mostra as ligações no interruptor.	106
Figura 6 – Detalhe da chave de segurança da lâmpada de UV, que interliga o reator de 16W ao cabo da alimentação de 220V.	108
Figura 7 - Aparato usado para observação do efeito fotoelétrico ( <a href="http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1806-11172018000300702">http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S1806-11172018000300702</a> )	110
Figura 8 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit2 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).	116
Figura 9 - Detalhe (frontal) da prancheta com os dispositivos já posicionados antes de serem interligados.	117
Figura 10 - Detalhe (anterior) da prancheta com os LEDs interligados a chave seletora e os bornes.	117
Figura 11 - Detalhe da ligação da alimentação para o potenciômetro, deste para a chave de seis posições e ligação do LED de infravermelho na chave liga-desliga individual.	119
Figura 12 - Vista geral do circuito com a inclusão da base de MDF e espaço para a alimentação de 6V.	119
Figura 13 - Visão frontal do conjunto já pintado e pronto para uso.	120
Figura 14 - Gráfico mostrando o pico da frequência central (comprimento de onda) de cada LED, desde o infravermelho ao ultravioleta, medidos num espectrômetro (Cortesia LOCEM/UFC).	120
Figura 15 - Relação entre as marcações do potenciômetro e a tensões medidas.	121
Figura 16 - Gráfico mostrando os pontos experimentais e a reta de regressão linear para determinação da constante de Planck, valor que corresponde a 0,33% do valor da literatura ( $4,135667 \times 10^{-15}$ eV.s).	121

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Materiais necessários para o “Kit 1” .....	104
Tabela 2 - Montagem do circuito elétrico de acionamento das lâmpadas. ....	106
Tabela 3 - Montagem dos adaptadores das lâmpadas de LED para inserção no circuito.....	107
Tabela 4 - Circuito e conexões da lâmpada UV e inserção no circuito principal. ....	107
Tabela 5 - Fixação do eletroscópio, vidro – proteção UV e inserção da lâmpada UV no circuito. ....	108
Tabela 6 - Vista anterior e posterior da mala com todos os dispositivos inseridos e testados.....	109
Tabela 7 - Materiais necessários para o “Kit 2”.....	118
Tabela 8 – Tabela para preenchimento da tensões medidas.....	125

## LISTA DE ACRÔNIMOS

UFC	Universidade Federal do Ceará
MCFA	Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas
UECE	Universidade Estadual do Ceará
LOCEM	Laboratório de Telecomunicações e Ciência e Engenharia de Materiais
SEDUC	Secretaria da Educação do Estado do Ceará
CEJA	Centro de Educação de Jovens e Adultos
MNPEF	Mestrado Profissional em Ensino de Física
ENCEJA	Exame Nacional para Certificação de Competências de Jovens e Adultos
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB 9394/96)
LED	Diodo Emissor de Luz ( <i>Light Emitting Diode</i> )
UV	Ultravioleta
PVC	Policloreto de vinila
PET	Polietileno tereftalato
MDF	Placa de fibra de madeira de média densidade ( <i>Medium Density Fiberboard</i> )

## LISTA DE SÍMBOLOS

$Zn$	Elemento químico Zinco
$V$	Unidade de Tensão – Volt
$W$	Unidade de Potência – Watt
$m$	Unidade de comprimento – metro
$cm$	Unidade de comprimento – centímetro
$mm$	Unidade de comprimento – milímetro
$nm$	Unidade de comprimento – nanômetro
$\Omega$	Unidade de resistência – Ohm
$k\Omega$	Unidade de resistência – Quilo ohm
$\lambda$	Comprimento de onda
$e$	Número de Neper ou de Euler (2,718 281...)
$E, E_{max}$	Energia, Energia máxima
$T$	Função trabalho de um metal
$\nu, f$	Frequência da radiação
$f_0$	Frequência de corte
$eV$	Unidade de energia: eletrovolt
$s$	Unidade de tempo: segundo
$h$	Constante de Planck
AC/DC	Corrente alternada/ Corrente contínua (CA/CC) ( <i>alternating current/ direct current</i> )
Hz	Unidade de frequência
A, mA	Unidade de corrente: Ampère e miliampère
%	Porcentagem ou percentual
$R$	Constante dos gases perfeitos ( $R = N.k = 8,31447 \text{ J/mol.K} = 1,98722 \text{ cal/mol.K} = 8,20578 \times 10^{-2} \text{ L.atm/mol.K}$ )
$k$	Constante de Boltzmann: $k = 1,380650 \times 10^{-23} \text{ J/K}$
$N$	Número de Avogadro: $N = 6,022142 \times 10^{23} \text{ partículas/mol}$
$C$	Unidade de carga elétrica: Coulomb
$\Delta E$	Variação de energia num oscilador
$\varepsilon$	Energia de oscilação dos elétrons numa cavidade
$n$	Numero de modos: ( $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ )

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>94</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>95</b>
<b>LISTA DE ACRÔNIMOS.....</b>	<b>96</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS.....</b>	<b>97</b>
<b>SUMÁRIO.....</b>	<b>98</b>
<b>1 SOBRE O AUTOR .....</b>	<b>99</b>
DJALMA GOMES DE SOUSA (SOUSA, D. G.) .....	99
A IMPORTÂNCIA DO MESTRADO PROFISSIONAL MNPEF/SBF .....	99
<b>2 APRESENTAÇÃO.....</b>	<b>100</b>
<b>3 PREFÁCIO.....</b>	<b>101</b>
<b>4 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>102</b>
<b>5 KIT EDUCACIONAL .....</b>	<b>103</b>
5.1 Montagem do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”.....	103
5.1.1 Metodologia experimental do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico” .....	109
5.1.2 Roteiro do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”. .....	109
5.3 Montagem do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”. .....	115
5.3.1 Metodologia experimental do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”.....	122
5.3.2 Roteiro do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”. .....	123
<b>6 RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>128</b>
<b>7 PERSPECTIVAS .....</b>	<b>128</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>129</b>

## **1 SOBRE O AUTOR**

### **DJALMA GOMES DE SOUSA (SOUSA, D. G.)**

Possui graduação em Física pela Universidade Federal do Ceará (2004), mestrado em Ciências Físicas Aplicadas pela Universidade Estadual do Ceará (2007) e doutorado em Engenharia de Teleinformática pela Universidade Federal do Ceará (2014). Tem experiência na área de Física, com ênfase em Ciências Físicas Aplicadas ao Desenvolvimento do Semi – árido, atuando principalmente nos seguintes temas: Previsão de Tempo e Clima, Previsão Hidrometeorológica, Estudo de viabilidade técnica para implantação de sistemas alternativos de energia. Atualmente desenvolve pesquisa na linha Dispositivos e Sistemas de Microondas e Antenas da área de concentração Eletromagnetismo Aplicado vinculado ao Laboratório de Telecomunicações e Ciência e Engenharia de Materiais - LOCEM. Também tem se empenhado em produzir material didático para ensino de Física.

### **A IMPORTÂNCIA DO MESTRADO PROFISSIONAL MNPEF/SBF**

Como o autor é professor do ensino médio na rede estadual de ensino do estado do Ceará vinculado a SEDUC, viu a necessidade de realizar um trabalho na intenção de adequar práticas experimentais da universidade na atualidade aos alunos do ensino médio, mas também aqueles que freqüentam os Centros de Educação de Jovens e Adultos (CEJAs). E nesse sentido o Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) oportunizou uma capacitação adequada no campo do ensino para a efetivação deste Produto Educacional.

## 2 APRESENTAÇÃO

O Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física –MNPEF, é um mestrado coordenado nacionalmente pela Sociedade Brasileira de Física – SBF e tem como objetivo principal a capacitação de professores em nível de mestrado quanto ao domínio de técnicas atuais de ensino para aplicação em sala de aula. Dentre essas técnicas se destaca a experimentação.

Apesar do reconhecimento generalizado de que a experimentação é fundamental para o aprendizado de física, ainda há uma deficiência muito grande nas nossas escolas de laboratórios de ensino de física e de equipamentos que possam ser utilizados para demonstração pelos professores em sala de aula; essa deficiência é ainda maior quando se trata de física moderna. Além das escolas não possuírem equipamentos de física moderna para experimentação/demonstração, os poucos equipamentos disponíveis no mercado são de custo muito elevado.

Neste trabalho, o professor Djalma Gomes de Sousa apresenta duas contribuições para a melhoria do ensino de física moderna: um kit constituído de uma maleta para a demonstração do efeito fotoelétrico e um segundo kit para a determinação da constante de Planck utilizando leds. Cada kit é descrito detalhadamente no seu produto educacional, permitindo a qualquer professor e até mesmo aos alunos a sua reprodução. Além da demonstração do efeito fotoelétrico, o primeiro kit permite demonstrar diversos fenômenos de eletrostática. Seu produto educacional também apresenta um guia de como os kits podem ser utilizados em sala de aula.

Portanto, o trabalho do professor Djalma, vem contribuir para preencher uma lacuna no ensino experimental de física moderna, permitindo a um público bastante amplo (estudantes e docentes do ensino médio e de cursos de física: licenciatura e bacharelado) construir seu próprio material experimental a um custo relativamente baixo.

Dr. Nildo Loiola Dias  
Prof. Titular do Departamento de Física da Universidade Federal do Ceará

### 3 PREFÁCIO

Esta proposta de trabalho não tem a intenção de apresentar o estado da arte em ensino de Física Moderna, mas dá ênfase no ensino experimental, que no Brasil e no Mundo já se discute quanto as questões metodológicas atuais voltadas para prática de sala de aula, como também, sugerir a implementação e elaboração de novas metodologias para ensino de Física Moderna no ensino médio, que visem uma participação mais atuante dos estudantes, desde a concepção compartilhada até a obtenção dos resultados. Ela visa também avaliar a implicações, problemas e desafios que aparecerão quanto aos procedimentos que serão norteadores das práticas pedagógicas experimentais na área de Física Moderna. Espera-se assim contribuir com uma melhor compreensão e apropriação, por parte dos professores e alunos, dos conceitos envolvidos nos experimentos de Física Moderna, porque ainda não chegamos efetivamente aos anos pós 1900, que marcaram e marcam fortemente o advento desta área da Física, e que negamos a todo instante em nossas aulas na escola de ensino médio, principalmente na escola pública. Será, portanto, de suma importância, o uso de determinado experimento para avaliar a eficácia da metodologia proposta e suas reais implicações para melhoria do ensino de Física no ensino médio, em especial na área de Física Moderna, foco deste Produto Educacional. Assim, espera-se que este produto contribua com uma maior divulgação da Física Contemporânea e com a formação de estudantes que não mais serão meros expectadores dos produtos da Ciência.

## 4 INTRODUÇÃO

Foi com a intenção de diminuir a distanciamento dos conteúdos abordados nos cursos de Física Básica das instituições de ensino superior que foi vislumbrado traçar uma metodologia de trabalho experimental para o ensino médio. Também tentando atender aos dispositivos e leis que regulam o ensino de Física na Educação Básica. Isso porque muito se fala na atualidade sobre uma proposta pedagógica para a Ciência, em especial a Física, claro, que eleve o patamar do ensino para uma educação mais científica.

Portanto, este produto visa, por meio dos procedimentos experimentais e questionários, levar o estudante ao estado cognitivo no qual se faça maior uso da observação, intuição e dedução dos fatos científicos envolvidos em cada experimento. No entanto, em determinadas situações houve a necessidade de esmiuçar os procedimentos por questões de habilidade técnica ainda insuficiente dos alunos e para preservar os dispositivos que oneraram um pouco o kit.

Assim, como a proposta central do produto é a aplicação de experimentos de Física Moderna para o ensino médio, foi necessário realizar pesquisa bibliográfica sobre o ensino de Física para verificar uma relação equilibrada entre uma visão conceitual teórica e outra experimental, pois vivemos na era da informação e deve-se dar maior importância a maneira como deve ser assimilada, processada e até remodelada a informação no contexto histórico-cultural das gerações contemporâneas.

Logo se percebeu que não são comuns, na escola pública de ensino básico, experimentos de Física Moderna, mas além de fazer parte de nosso cotidiano, também são exigidos em exames a nível nacional, como ENCEJA e ENEM.

Assim, na intenção de ajudar os professores de Física do ensino médio, e os de Ciência do ensino fundamental na aplicação de atividades experimentais de Física moderna na Educação Básica, serão apresentados a seguir, a montagem e os roteiros experimentais de dois kits, um de Efeito Fotoelétrico e outro de Determinação de constante de Planck. Primeiro será apresentada a montagem em detalhes de cada kit individualmente e posteriormente a apresentação do modelo de relatório a ser utilizado na prática experimental.

Espera-se, portanto, que este produto venha colaborar com ensino de Física na sua mais pura essência, a investigação científica, todavia, que ele seja um suporte didático tanto para professores como para alunos, inclusive aqueles que desejem uma iniciação na Física Moderna, mas que encontra dificuldades devido a pouca existência de material bibliográfico com procedimentos voltados para experimentos de Física Moderna.

## 5 KIT EDUCACIONAL

Antes de tratar dos kits individualmente é importante ressaltar a etapas desde a concepção até construção dos kits que fazem parte deste Produto Educacional. Um panorama geral destas etapas é mais bem compreendido na Figura 1, a seguir.

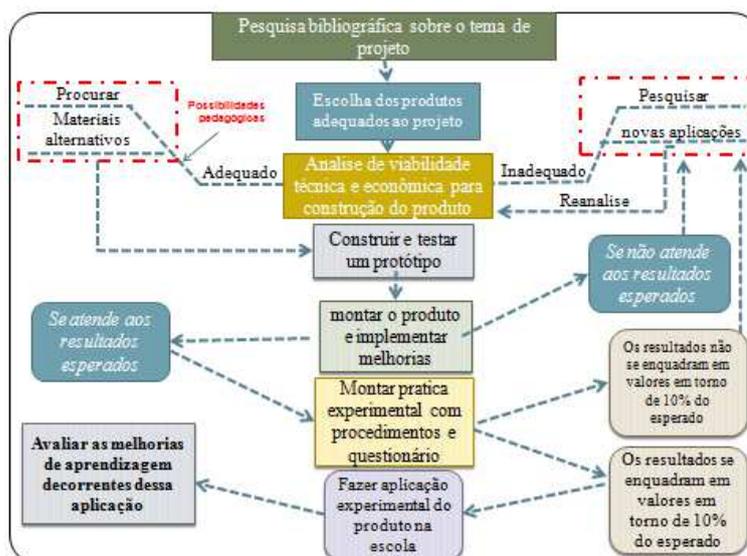


Figura 1 - Panorama geral da concepção a aplicação do produto educacional.

Foi por meio de uma busca na internet que foi sentida a necessidade de obter um produto educacional com uma amplitude tão significativa quanto aqueles que já fazem parte do cotidiano do ensino de Física das universidades e institutos Brasil a fora.

### 5.1 Montagem do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”.

O primeiro “kit”, denominado: “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”, foi concebido com a intenção de familiarizar os alunos com a quantização da luz e sua relação com a tecnologia das fotocélulas e as propriedades luminescentes de muitos materiais.

Antes da montagem foram estudados os materiais alternativos mais adequados a construção do kit. Uma lista detalhada destes materiais é mostrada na Tabela 1.

Depois de diversas tentativas foi possível chegar a um produto final de boa qualidade e fácil aplicação no ensino médio. Uma visão mais detalhada do kit pode ser observada na Figura 2.

Tabela 1 - Materiais necessários para o “Kit 1”.

2 m de cabo paralelo branco	3 tomadas macho cabeça chata	2 soquetes para lâmpadas de LED	1 lâmpada de LED vermelha	1 lâmpada de UV de 16 W
				
3 m de cabo paralelo preto	1 tomada macho cabeça curva	1 suporte p/ soquetes	1 lâmpada de LED azul	1 reator de 16 W
				
Extensão com três tomadas fêmeas de três pinos	1 interruptor tripo com caixa externa	Pedaços de fio de telefone	2 rabichos de lâmpada fluorescente	45 cm de tubo de PVC preto de 40 mm
				
1 vidro de 2mm 50 cm X 40 cm c/ furo central-1””	1 interruptor (segurança UV)	0,50 m de mangueira de nível	2 presilhas e 2 parafusos para lâmpada de UV	1 carretel de linha /adaptador p/ rabichos
				
Jacarés para contato com a placa de zinco	Pino-tomada/ laminas- alumínio/jacaré	Placa de zinco (Zn) de 8cm X 4cm	Pedaço de PET que adapta o vidro a placa-Zn	Madeira - reuso p/ suporte soquete e mala
				



Figura 2 - Parte frontal do kit com porta aberta.

Montagem 1: Inicialmente, após a compra de todo o material listado na Tabela 1 devemos construir o suporte de madeira para as lâmpadas de LED e a mala que acomodará todos os dispositivos e que facilita o transporte. No entanto, este trabalho não traz detalhes do modelo e da construção destes produtos, pode-se, se desejar, encomendá-los nas características que são adequadas as suas necessidades, a depender da lâmpada de UV e do suporte, que se encontra com facilidade no mercado e de fácil adaptação as dimensões da caixa.

O esquema de ligação dos dispositivos pode ser observado em detalhes na Figura 3 seguinte. S1 representa o conjunto com três interruptores, S2 representa a extensão que conecta com as três tomadas interligadas a cada uma das lâmpadas por meio de três tomadas macho individuais, S3 representa uma tomada dupla utilizada apenas como chave de segurança individual. Os outros dispositivos representados são uma tomada para alimentação de 220 volts (220VCA), um reator para acionamento da lâmpada de ultravioleta, duas lâmpadas de LED (azul e vermelha) e fios condutores que conectam os dispositivos.

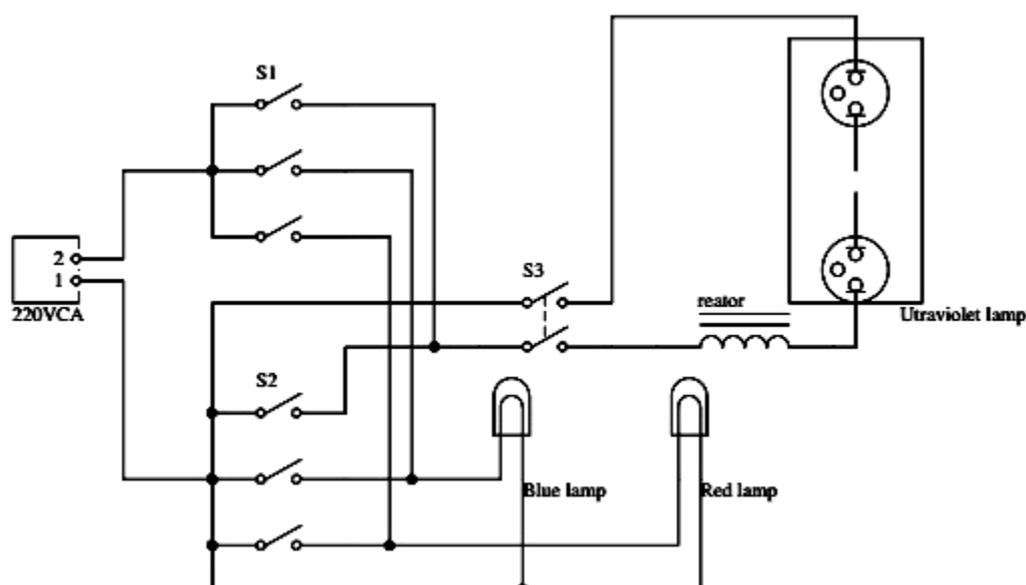


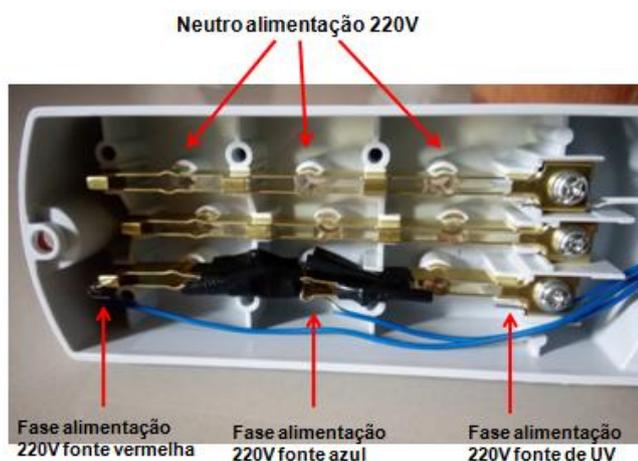
Figura 3 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit1 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).

Montagem 2: Já montados o suporte e a mala que receberão os dispositivos, inicia-se a montagem do circuito que interligará as lâmpadas de LED e UV aos seus respectivos interruptores de acionamento individualizados. A Tabela 2 apresenta quatro passos nos quais se percebe a adaptação da extensão para permitir uma ligação individual interruptor-tomada, isso garante que um interruptor só acione uma lâmpada de cada vez.

**Tabela 2 - Montagem do circuito elétrico de acionamento das lâmpadas.**

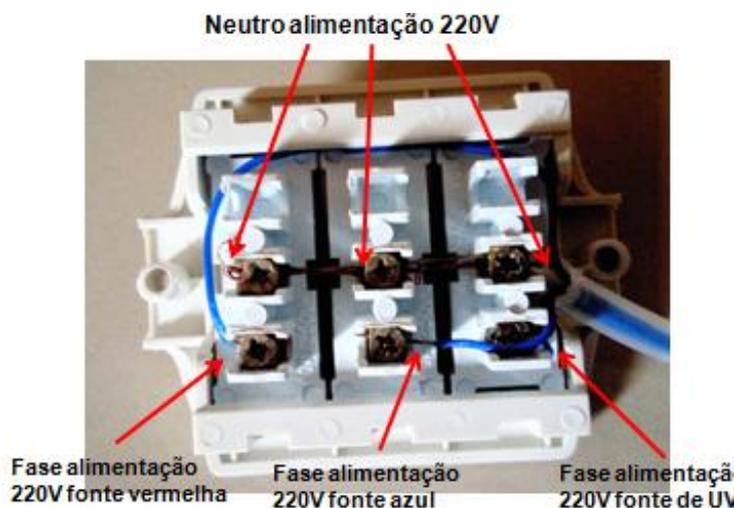
Passo 1: Abre-se as tampas dos dispositivos	Passo 2: Individualizar as ligações (três pares pino-tomado)	Passo 3: Interligar os dispositivos com fio de telefone e tapá-los	Passo 4: Fixas os dispositivos ( o furo na mala permite a conexão externo-interna)

Um maior detalhe da ligação pode ser observado na Figura 4. Nela podemos perceber que a haste metálica precisou ser cortada para que fosse possível acionar uma lâmpada de cada vez.



**Figura 4 – Detalhe do passo dois que mostra as ligações individuais na extensão.**

Os interruptores, no entanto, já permitem uma ligação individual das três lâmpadas. Vide detalhe na Figura 5.



**Figura 5 - Detalhe do passo dois que mostra as ligações no interruptor.**

Montagem 3: Com o circuito de acionamento das lâmpadas já montado, agora devem ser interligadas as lâmpadas de LED as tomadas macho por meio dos soquetes. Primeiro os dois soquetes são conectados aos cabos paralelos, que passam pelos furos da parte de trás da caixa-suporte preta, depois as duas tomadas do tipo macho (pino) são conectadas aos cabos paralelos. Por fim são inseridas as lâmpadas de LED vermelha e azul no soquete e faz-se a inserção do conjunto dentro da mala. Os passos são apresentados de forma resumida na Tabela 3 seguinte.

**Tabela 3 - Montagem dos adaptadores das lâmpadas de LED para inserção no circuito.**

Passo 5: Conectar fio paralelo as tomadas macho	Passo 6: Inserir os fios na caixa e conectá-los aos dois soquetes	Passo 7: Inserir as lâmpadas de LED nos soquetes	Passo 8: Fixa o sistema dentro da mala e conectar na extensão (testar)
			
			

Montagem 4: Os passos 9 a 12 a seguir descritos na Tabela 4 são relativos ao circuito da lâmpada de UV. Assim, já conectados os cabos paralelos as tomadas de pino, estes devem ser ligados ao interruptor denominado “chave de segurança”. A tomada macho de cabeça curva recebe os dois circuitos em paralelo (circuito da montagem 2 e desta) e corresponde a alimentação de 220 V. Em seguida, se faz a conexão dos rabichos de lâmpada fluorescente ao reator de 16W. Para finalizar o circuito interliga-se o reator a chave de segurança e fixa com parafusos as presilhas que sustentarão a lâmpada de UV. Maiores detalhes desta ligação são observados na Figura 6.

**Tabela 4 - Circuito e conexões da lâmpada UV e inserção no circuito principal.**

Passo 9: Conectar fio paralelo as tomadas macho	Passo 10: Conectar o reator, por meio do fio paralelo, aos rabichos e chave p/ segurança UV	Passo 11: Conectar a chave segurança UV com fio paralelo da tomada macho e fixar	Passo 12: Fixa as presilhas da lâmpada UV e o sistema elétrico dentro da mala
			
			



**Figura 6 – Detalhe da chave de segurança da lâmpada de UV, que interliga o reator de 16W ao cabo da alimentação de 220V.**

Montagem 5: Nesta etapa será fixada às presilhas, a lâmpada de UV já inserida dentro de um cano preto ou enegrecido com furo central; será colocado o vidro de 2mm no chanfro da mala para proteção UV; e inserido, dentro da mala, fixado ao furo central do vidro, o eletroscópio de folhas com placa de zinco – Zn. Na Tabela 5 a lâmpada de UV, passo 13, foi inserida dentro do cano preto com furo central e os rabichos foram fixados ao cano por meio de carretel de linha dividido e colocado em cada extremidade, a lâmpada já conectada aos rabichos foi então fixada às presilhas. Pra finalizar, foi montado o eletroscópio usando duas folhas de alumínio cortadas, um jacaré e um pino de tomada, o jacaré fixa o conjunto à placa de zinco que já estava previamente presa ao um bocal de uma garrafa PET de 2 litros; Esse conjunto foi fixado ao furo do vidro por meio de um adaptador de esguicho de água branco.

**Tabela 5 - Fixação do eletroscópio, vidro – proteção UV e inserção da lâmpada UV no circuito.**

Passo 13: Inserir a lâmpada de UV dentro do cano revestido de preto	Passo 14: Inserir a lâmpada no circuito fixando-a aos rabichos e depois as presilhas	Passo 15: Inserir no chanfro da mala o vidro	Passo 16: Fixa o eletroscópio de placas junto c/ placa de Zn no vidro

Montagem 6: Depois de inseridos todos os dispositivos, o “Kit 1” dever ser testado, e se verificada alguma irregularidade, principalmente com respeito as ligações, devem ser feitas as correções e ajustes e finalizado o produto.

**Tabela 6 - Vista anterior e posterior da mala com todos os dispositivos inseridos e testados.**

Passo 17: Finalização da caixa com todos os dispositivos fixados e interligados (vista frontal com caixa aberta e fechada)		
Passo 18: Vista da parte de trás mostrando os interruptores de acionamento das lâmpadas ligados e vista frontal do sistema que mostram as três lâmpadas acionadas		

### 5.1.1 Metodologia experimental do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”.

A proposta experimental desenvolvida para este kit traz uma introdução básica que inclui aspectos históricos – científicos bastante relevantes e apresenta as características mais importantes e fundamentais do fenômeno que devem ser discutidas em pormenor durante a prática experimental.

Os procedimentos experimentais que se seguem buscam estimular nos alunos a construção autônoma do conhecimento científico, e se desenrolam na intenção de respeitar as etapas diferenciadas que se encontram os alunos que freqüentam os CEJAs ou a escola regular. De início são apresentados procedimentos que estimulam a compreensão da distribuição, transferência e equilíbrio das cargas elétricas nos materiais, placa de zinco, eletroscópio, papel e canudo. Passada esta etapa, é dada início a situações que envolvem a interação da radiação das fontes luminosas vermelha, azul e ultravioleta com as cargas elétricas (livres ou ligadas) presentes na placa de zinco. Com ênfase inicial na eletrização da placa de zinco por contato com o canudo eletrizado e seguido da eletrização posterior por indução. Isso tudo voltado para uma proposta investigativa que estimule a criação de hipóteses e a construção ou reformulação dos conhecimentos prévios vivenciados pelos alunos em outras situações de suas vidas.

O roteiro é concluído com um questionário que complementa a ação investigativa proposta, mais também acrescenta novas informações e desafios que estimula a pesquisa para um maior aprofundamento sobre as questões levantadas durante o experimento.

### 5.1.2 Roteiro do “Kit experimental de eletricidade estática e efeito fotoelétrico”.

#### 1. Introdução teórica:

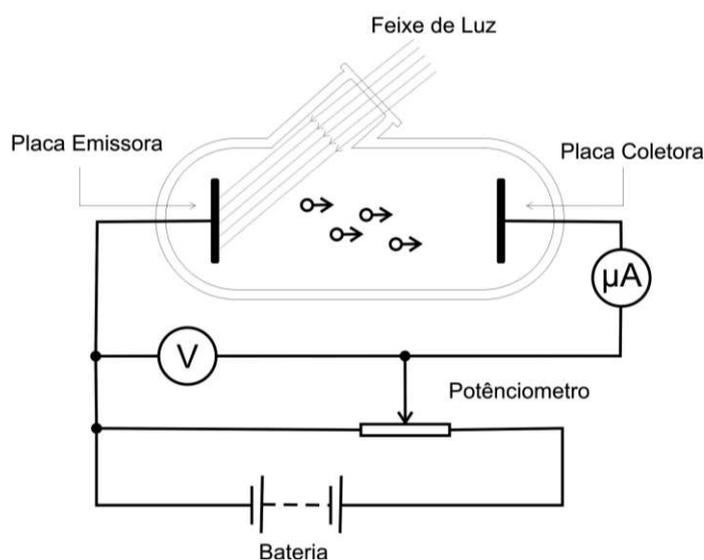
Foi no artigo de 1905, “*Sobre uma interpretação heurística da geração e da transformação da luz*”, que Einstein enunciou a lei do efeito fotoelétrico, o que lhe valeu o

premio *Nobel de Física em 1921*. Se Planck em seu artigo sobre a radiação do corpo negro revolucionou a quântica, foi Einstein que a formulou com clareza.

Einstein teve a proeza de justificar, a partir da fórmula obtida experimentalmente por Wien em 1896, a afirmação de que a radiação térmica de frequência “ $f$ ” se comportava do ponto de vista da termodinâmica estatística, como se fosse constituída por pontos materiais de energia “ $h.f$ ”, ao que denominou como “*os quanta de luz*”, ou seja, ele considerou que a radiação se comportava como um gás perfeito clássico de partículas materiais que exerciam pressão sobre a superfície de um pistão (no cilindro) por meio do bombardeio deste pelos fótons (quanta de luz). Portanto, a energia da luz, segundo Einstein, seria vinculada pelos quanta. Foi aqui então, que ele considerou que o efeito fotoelétrico corroborava com a hipótese dos quanta de luz.

Heinrich Hertz, em 1887 foi o primeiro a observar esse efeito quando tentava produzir e detectar ondas eletromagnéticas por meio de dois centelhadores (emissor – receptor). Diversas conclusões foram obtidas sobre o efeito fotoelétrico por aqueles que estudavam o tema, mas de forma unânime todos concordavam que: “*Quando expomos um metal à radiação eletromagnética de frequência suficientemente elevada, o metal emite partículas de carga negativa*”. Após a descoberta de Thompson de que os raios catódicos eram elétrons, Phillip Lenard demonstrou que essas partículas emitidas eram também elétrons porque possuíam uma mesma razão carga – massa dos raios catódicos de Thompson.

Phillip Lenard observou também que, no circuito montado (Figura 3) com uma corrente mínima prefixada, a máxima corrente excedente (captada pelo anodo) era sempre proporcional a intensidade da luz incidente na placa metálica (catodo), mas que a energia dos elétrons emitidos não dependia da radiação incidente no metal, desde que a frequência da radiação não fosse menor que a necessária para a emissão de elétrons pelo metal correspondente, o que contradiz a imagem da natureza ondulatória e continua da luz.



**Figura 7 - Aparato usado para observação do efeito fotoelétrico**  
([http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1806-11172018000300702](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000300702))

Algumas observações são importantes de serem destacadas, ou seja:

- i) A energia dos elétrons emitidos (fotoelétrons) não depende da intensidade de luz incidente.
- ii) Independentemente da intensidade de luz, existe para cada metal uma frequência abaixo do qual não ocorre o efeito fotoelétrico, denominada frequência de corte.
- iii) Não há retardo na emissão de elétrons, desde que a emissão depende apenas da energia necessária para extrair o elétron do metal, a emissão é quase imediata.

Assim o efeito fotoelétrico proposto por Einstein para explicar este comportamento era baseado nas seguintes proposições:

- iv) Um quantum de luz que penetra um metal transmite sua energia “ $h.f$ ”, totalmente ou em parte, a um elétron, de acordo com a seguinte lei:  $E_{\max} = hf - T$
- v) A energia cinética máxima  $E_{\max}$  não é função da intensidade da radiação e aumenta de modo linear com a frequência da radiação incidente, independentemente.
- vi) O efeito fotoelétrico não ocorre se a frequência da radiação estiver abaixo do valor “ $f_0 = T/h$ ”, que anula o segundo membro da equação, a chamada frequência de corte.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL I: Eletroscópio de folhas de alumínio.

1. Pegue um pedaço de guardanapo ou papel higiênico e um canudo e esfregue um contra o outro diversas vezes.
2. Aproxime o canudo da extremidade do “jacaré externo” que morde a placa de zinco – Zn. Descreva brevemente o que foi observado por meio dos sentidos, em poucas palavras: \_\_\_\_\_
3. Encoste levemente o canudo sobre a extremidade do “jacaré externo” do sistema. Observe as lâminas de alumínio e descreva de forma breve o que acontece: \_\_\_\_\_
4. Agora repita os procedimentos 1 a 3 e responda:
  - a) Ocorreu alguma mudança visual nas lâminas de alumínio? Caso tenha ocorrido, ela foi intensificada quando repetimos os procedimentos 1 a 3?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
  - b) Você acha que existe um limite para essa alteração? Esse limite tem a ver com os tamanhos das lâminas, dos jacarés e da placa de Zinco?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
  - c) Fazendo uma analogia com um comportamento parecido que você tenha vivenciado em outro lugar ou objeto, podemos dizer que houve a transferência de algo entre o canudo e o sistema? Explique!  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
5. Encoste o dedo no jacaré externo e observe o que acontece. De alguma maneira é possível afirmar que houve uma transferência de algo entre você e o sistema semelhante ao observado no procedimento 4, ou essa transferência se inverteu? Explique!  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
6. Retire o jacaré externo, repita o procedimento 1, e aproxime o canudo da placa de Zinco sem tocá-la.
7. Sem tirar o canudo de perto da placa, encoste uma haste metálica na placa de Zinco depois a afaste, em seguida afaste o canudo lentamente e observe o que ocorreu.

- a) Há alguma diferença ou semelhança entre os procedimentos 3 – 4 e 6?

---



---

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL II: Efeito das fontes de luz sobre o sistema eletroscópio carregado por contato.

- a) Com a palha de aço “limpe” a superfície da placa de Zinco (não desmonte o sistema). Depois coloque de volta o sistema junto com o jacaré externo.  
 b) Agora repita os procedimentos 1 a 3.  
 c) Acione a luz vermelha por 10 segundos e observe o que acontece. Descreva alguma mudança que tenha observado.

- 
- d) Toque o jacaré externo e observe.  
 e) Repita os procedimentos 1 a 3 novamente.  
 f) Acione a luz azul por 10 segundos e observe o que acontece. Descreva novamente suas observações.

- 
- g) Toque o jacaré externo novamente.  
 h) Repita, mais uma vez, os procedimentos 1 a 3.  
 i) Acione a luz UV – violeta por 10 segundos e observe o que acontece e anote os resultados.

4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL III: Efeito das fontes de luz sobre o sistema eletroscópio carregado por indução.

- a) Repita os procedimentos 6 e 7.  
 b) Repita também, um por um, os procedimentos de 10 a 16.  
 c) Os resultados observados foram iguais aos do Procedimento II? Quais as principais diferenças?

---

- d) Você acha que a cor ou o tipo de luz produziu um efeito diferente no eletroscópio? Qual fonte mostrou resultados mais expressivos?

---



---

5. QUESTIONÁRIO

1. A matéria é composta basicamente por prótons, neutros e elétrons, que já se subdividem em outras partículas. Elétrons têm carga negativa e prótons têm carga positiva. Portanto, em que situação é possível afirmar que um corpo está negativamente ou positivamente carregado se considerarmos o equilíbrio entre estas cargas no material?

- 
- 
- 
2. Você acredita que o processo observado no procedimento 4 é na verdade um processo de transferência de cargas elétricas? Essa transferência acontece do canudo para a placa de zinco ou no sentido contrário?

- 
- 
3. Ao comparar os procedimentos 4 – 5 com o 6 – 7, que tipo de carga elétrica poderá ter se acumulado, em cada caso, respectivamente, na placa de Zinco?

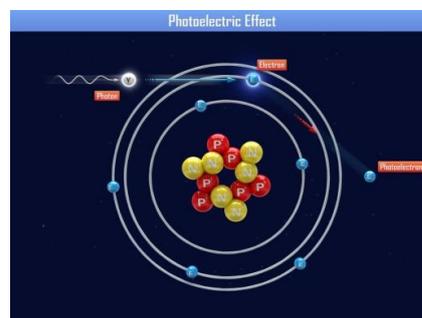
- 
- 
4. Quando você aciona cada uma das três lâmpadas, consegue perceber que elas refletem sua radiação na placa de Zinco? Esse comportamento, de alguma maneira, é semelhante ao evento de chutar uma bola contra a parede e ela retornar ao jogador? Imagine que a luz é formada por “bolas” tão pequenas que não tocam umas as outras, e tão rápida que não fazem curvas como as bolas que chutamos, mas só “viajam” em linha reta. É possível afirmar que essas partículas (“bolas de luz”) colidem com as cargas elétricas presentes na placa de Zinco? Se concordar, explique como elas arrancam as cargas elétricas da placa.

- 
- 
5. É possível afirmar que as “partículas de luz” exercem uma pressão que se assemelha a pressão do vapor d’água numa válvula de uma panela de pressão?

- 
- 
6. A luz, assim como a radiação UV (ultravioleta), entre outras radiações, são ondas eletromagnéticas formadas por campos elétricos e magnéticos variáveis e mutuamente perpendiculares que viajam a velocidade de 300.000 km/s no vácuo. No entanto, vimos nos Procedimentos II e III, que a interação das fontes com a placa de Zinco foi semelhante à colisão entre partículas, isso é possível? Pesquise sobre este comportamento anômalo da luz!

- 
- 
7. Nos procedimentos 4 e 5, considerando que a carga que se acumula na placa de Zinco é negativa, responda porque a incidência da radiação UV sobre a placa de Zinco produziu uma aproximação mais rápida das lâminas de alumínio? Explique este fato considerando que a energia de uma radiação está diretamente relacionada à frequência da mesma, quanto maior a frequência maior a energia.
- 
-

- 
- 
8. Nos procedimentos 6 e 7, considerando que o excesso de carga é positivo, porque não foi possível, com nenhuma das fontes ligadas, uma aproximação significativa das lâminas de alumínio? Observe a figura e fundamente sua resposta.



- 
- 
- 
- 
9. Einstein denominou as “partículas de luz” por “quantum”. Cada quantum (ou fóton) de luz tem uma energia definida por “ $h.f$ ”, onde  $h$  é a constante de Planck e “ $f$ ” é a frequência da radiação incidente na placa. Com base nesta hipótese pode-se afirmar que um feixe de luz fraco significa menos número de fótons ou fótons de menor energia?

- 
- 
- 
10. Se a luz é composta por fótons, então podemos afirmar que os fótons de luz vermelha são diferentes dos fótons de luz azul e UV? Existe alguma relação entre a cor da luz com a frequência?

- 
- 
- 
11. Se as luzes de cores vermelhas e azuis, respectivamente, não conseguem arrancar elétrons livres da placa de Zinco, e a fonte de UV arranca o que dizer da energia da fonte UV em comparação com as fontes vermelha e azul?

- 
- 
- 
12. Se os elétrons na placa de Zinco são arrancados por causa da colisão dos fótons de luz com estes, podemos afirmar que eles transferem quantidade de movimento aos elétrons?

- 
- 
- 
13. Sabendo que o produto da energia de um fóton, em eletrovolts ( $eV$ ) por seu comprimento de onda em angstrom ( $\text{\AA}$ ) é igual a  $12.397 eV.\text{\AA}$ , determine o comprimento de onda do vermelho, energia igual a  $2 eV$ , e do azul com energia

igual a 3 eV, usando a relação a seguir:  $\lambda(\text{em } \text{\AA}) = \frac{12.397}{E}$ , onde  $E$  é o valor da energia em eletrovolts.

---



---



---

14. “Se a luz associada a um comportamento ondulatório tem também um comportamento de partículas, podemos afirmar que as partículas de matéria têm comportamento também ondulatório”?

---



---



---

### 5.3 Montagem do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”.

De forma semelhante se sucedeu as etapas do kit número dois, “Kit para determinação da constante de Planck”.

No caso específico, foi observada a existência de kits experimentais disponíveis no mercado que já fazem tal procedimento experimental de determinação da constante de Planck, mas vislumbrou-se a possibilidade de construir um kit mais funcional e de fácil execução experimental para os alunos do ensino médio.

Como no kit anterior, deve ser feito antes um levantamento dos materiais necessários a construção do kit, e logo em seguida uma busca no mercado de insumos mais baratos, assim como, um aproveitamento de muitos materiais já disponíveis para serem reutilizados.

Todos os materiais necessários para construção do kit são apresentados na Tabela 7 abaixo, com exceção das ferramentas usadas na execução da montagem e de insumos de uso geral, como por exemplo: diversos tipos de cola, pregos, tinta, entre outros.

Antes da construção do kit 2 faz – se necessário desenhar uma esquema elétrico que balizará a montagem do mesmo em uma prancheta previamente adquirida. O esquema desenhado no circuito apresentado na Figura 8 é formado por um conjunto de LED’s, da esquerda para direita, LED0, LED1, LED2, LED3, LED4 e LED5, respectivamente associados, aos LED’s ultravioleta, violeta, azul, verde, amarelo e vermelho, todos interligados individualmente a uma chave seletora de seis posições, chave S1. Os números 3 e 4 representam os *borns* vermelho (+) e preto (–), respectivamente, que são usados para medidas de tensão dos LED’s por meio do multímetro. S2 representa a chave individual no qual esta ligada o LED de infravermelho, denominado no circuito da Figura 8 por LED6. O

dispositivo R1/100R representa a resistência de  $100\Omega$  que está associada em série com os LED's interligados em paralelo ao seu pólo positivo. Já o dispositivo R2/1K representa uma resistência de  $1k\Omega$  que funciona como um falso curto, permitindo assim que a corrente circule pelos LED's antes que retorne ao pólo negativo da alimentação. Há também no circuito um potenciômetro representado pela nomenclatura R3/10K, ou seja, uma resistência variável de 0 a  $10k\Omega$ . A nomenclatura +6VCC representa a fonte de alimentação que fornece uma tensão transformada de 110 – 220V/AC para 4 – 6V/AC ao kit 2. Por fim, há mais dois *borns*, números 1 e 2, que são interligados por meio de um cabo que funciona como *jump* (com dois *borns*, vermelho e preto nas extremidades) que permite a passagem de corrente e a medida da mesma quando substitui-se o cabo pelo multímetro incluído no circuito entre os *borns* 1 e 2.

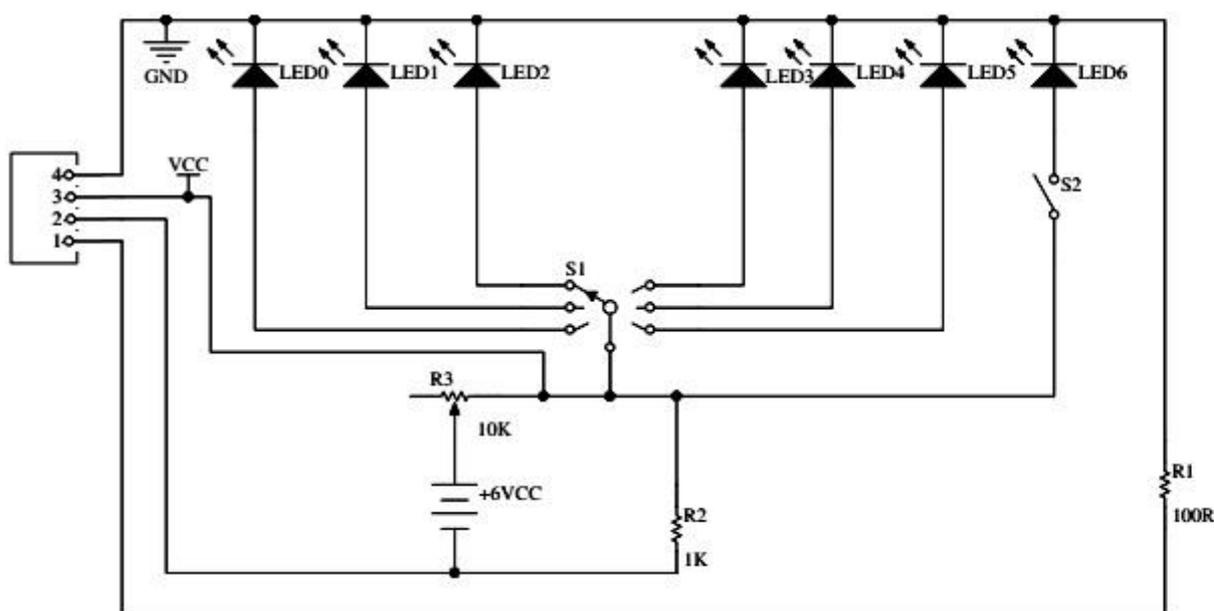


Figura 8 – Circuito mostrando o esquema elétrico das ligações dos dispositivos presentes no kit2 (Cortesia LAB Eletrônica e eletromagnetismo/ Física/UFC).

Inicialmente, devem-se desenhar na prancheta as posições dos LEDs e de outros dispositivos a serem manuseados durante o experimento. Com estas posições bem definidas faz – se os furos e fixa – se os dispositivos na prancheta conforme detalhe da Figura 9. Em seguida, faz – se a montagem do circuito com a adição de outros dispositivos na parte de trás da prancheta, ou seja, adiciona – se ao circuito, soldados a fios de telefone paralelo, as resistências de  $100\Omega$  e de  $1k\Omega$ . Os pólos positivos dos LEDs (vermelho, amarelo, verde, azul, violeta e ultravioleta) são soldados aos fios de telefone que estavam soldados de forma individualizada a cada uma das seis posições da chave seletora de dois pólos, enquanto os pólos negativos são soldados ao fio de telefone conectado ao borne preto (negativo), todavia,

o borne vermelho (positivo) é posicionado entre o potenciômetro de 10k $\Omega$  e a chave seletora de dois pólos e seis posições.

Vale lembrar que dois outros bornes mais próximos entre se (par preto-vermelho) tem a finalidade de medir corrente quando exigido no experimento, já os dois mencionados anteriormente são para medidas de tensão com o uso direto do multímetro enquanto faz-se a seleção da fonte de luz pela chave seletora central e as mudanças de tensão para cada deslocamento do curso do potenciômetro.

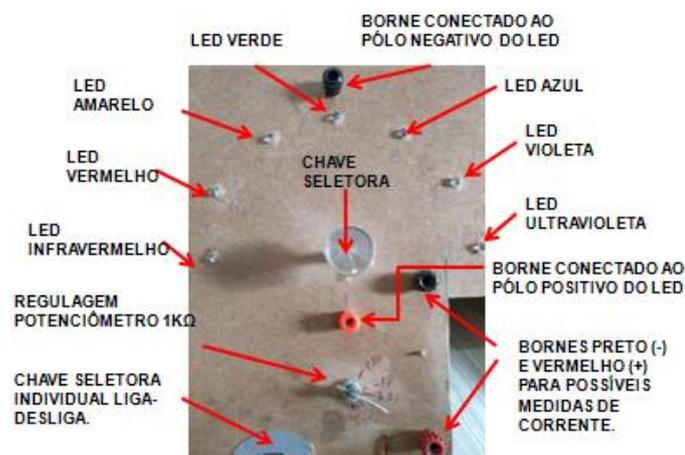


Figura 9 - Detalhe (frontal) da prancheta com os dispositivos já posicionados antes de serem interligados.

Uma visão mais detalhada da ligação entre os LEDs, os *bornes* e as chaves pode ser observada na Figura 10, onde podemos observar com cuidado como deve ser feita a ligação individualizada de cada LED com a chave seletora de dois pólos e seis posições.

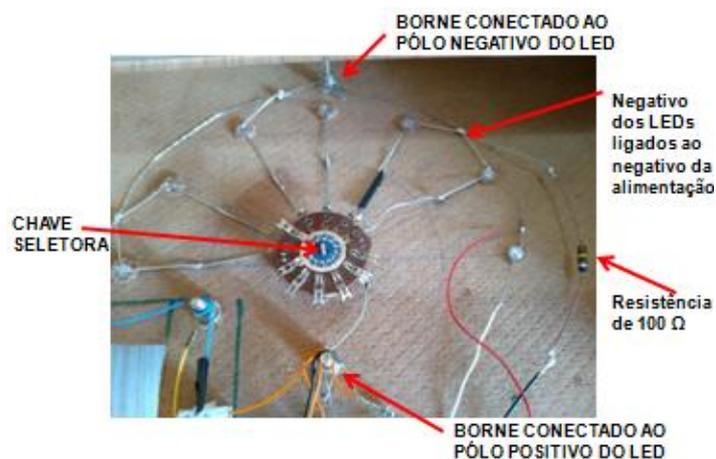
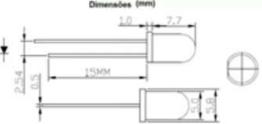
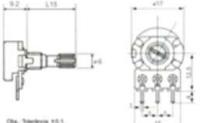


Figura 10 - Detalhe (anterior) da prancheta com os LEDs interligados a chave seletora e os bornes.

Tabela 7 - Materiais necessários para o “Kit 2”.

SQ.	DETALHES	IMAGEM	CARACTERÍSTICAS
I.	Um conjunto de LEDs de alto brilho (infravermelho, vermelho, amarelo, verde, azul, violeta e ultravioleta).		
II.	Um potenciômetro de 10 k $\Omega$ .		 Obs. Tamanho 20.1.
III.	Bornes elétricos pretos e brancos.		Observação: um par para medida de tensão e outro para medida de corrente quando necessário.
IV.	Um adaptador AC/DC.		Adaptador AC/DC Modelo: HLD3513-036250 Entrada: AC 110-220 V 50/60 Hz Saída: DC 3,6V 250 mA
V.	Uma chave de 2 pólos e 6 posições.		Observação: As seis posições correspondem às fontes vermelha, amarela, verde, azul, violeta e ultravioleta.
VI.	Um resistor de 100 $\Omega$ e de 1k $\Omega$ .		O de 1k $\Omega$ é utilizado para criar um falso curto entre os pólos positivo e negativo da alimentação, já o de 100 $\Omega$ controla a corrente que circula pelos LED's.
VII.	Chave seletora individual liga-desliga.		Essa chave é usada para um acionamento individual do LED de infravermelho (IR).
VIII.	Madeira de prancheta e MDF		Todos os dispositivos foram fixados na prancheta e o MDF foi usado no acabamento que permite o melhor manuseio.
IX.	Cabos de multímetro e fio paralelo de telefone (várias cores).		Os cabos foram usados para alimentação e os fios paralelos para interligar os LEDs as chaves e dispositivos do circuito.

Na Figura 10 pode-se ainda observar um LED que não está ligado à chave seletora, se trata do LED de infravermelho que deve ser ligado a uma chave individual liga – desliga conectada diretamente a entrada da alimentação de 6V. Mais detalhes das ligações podem ser visto na Figura 11, onde também é fácil visualizar o resistor de 1k $\Omega$  que deve ter seus terminais ligados a saída do potenciômetro e ao negativo da alimentação de 6V. Na Figura 12 já se vê a base de sustentação de MDF (Medium Density Fiberboard) e o local que deverá receber a alimentação de 6V.

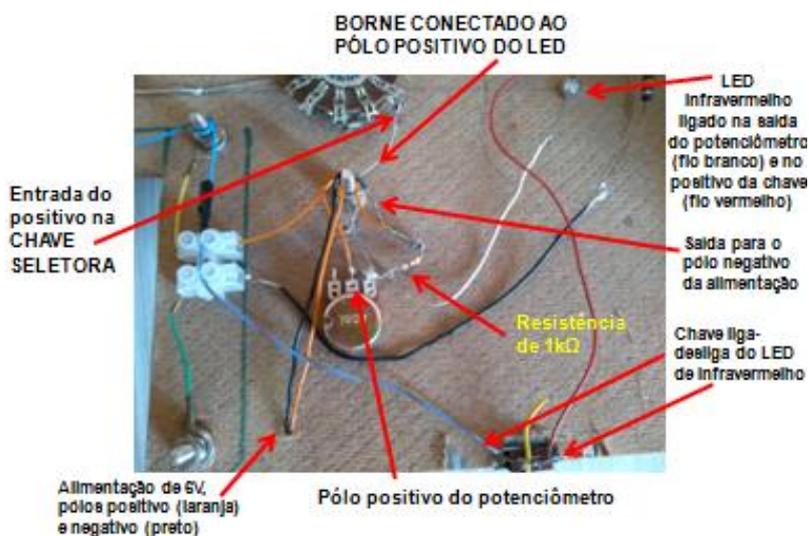


Figura 11 - Detalhe da ligação da alimentação para o potenciômetro, deste para a chave de seis posições e ligação do LED de infravermelho na chave liga-desliga individual.

A base de MDF deve ser fixada com pregos a prancheta que comporta os dispositivos. Em seguida, no espaço indicado na Figura 12 deve ser fixado um suporte cúbico de MDF que recebe uma tomada de dois pinos para receber a alimentação da fonte de 6V ou, quando necessário, um conjunto de baterias, em situações que não se tem energia acessível, conforme detalhe na Figura 13.

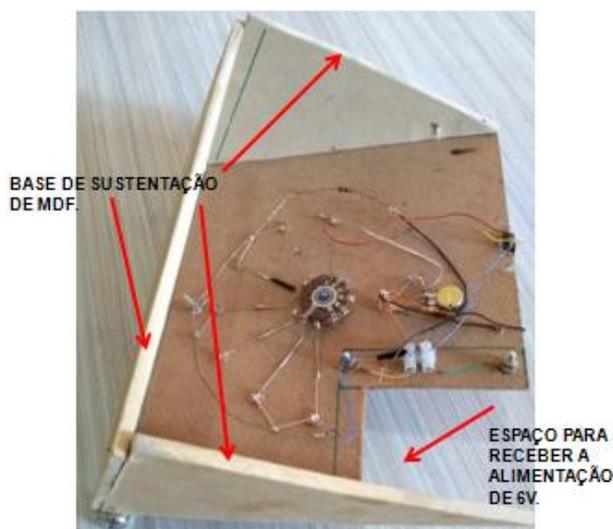


Figura 12 - Vista geral do circuito com a inclusão da base de MDF e espaço para a alimentação de 6V.

Depois de montado o “Kit de medida de constante de Planck” o suporte deve ser lixado e receber uma pintura. Um vista da parte frontal mostrando o kit pintado pode ser visto na Figura 13.

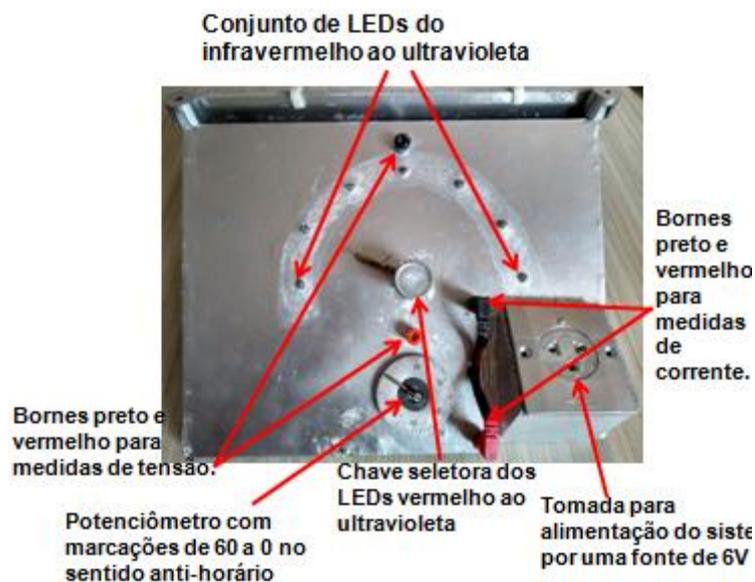


Figura 13 - Visão frontal do conjunto já pintado e pronto para uso.

Um dos momentos importantes na elaboração do kit é a determinação da frequência central de cada espectro de emissão dos LEDs. Na Figura 14 abaixo é possível visualizar os espectros dos LEDs desde o infravermelho ao ultravioleta. A partir deste espectro é possível a determinação da frequência central por meio da intensidade máxima. Os comprimentos de onda determinados, do infravermelho ao ultravioleta, respectivamente, são 934 nm, 627 nm, 592 nm, 537 nm, 456 nm, 402 nm, 396 nm.

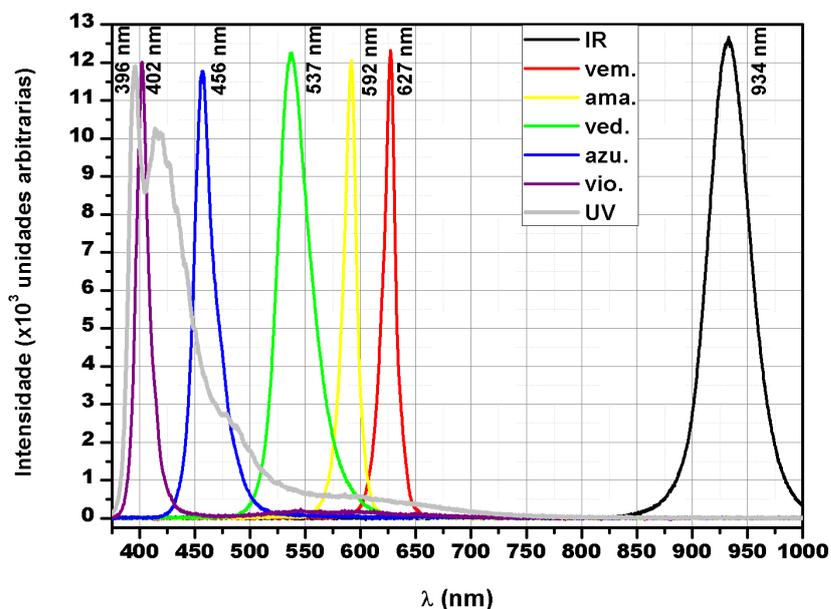


Figura 14 - Gráfico mostrando o pico da frequência central (comprimento de onda) de cada LED, desde o infravermelho ao ultravioleta, medidos num espectrômetro (Cortesia LOCEM/UFC).

Também, pela necessidade de melhor orientar o aluno na execução e controle das medidas por meio do acionamento do cursor do potenciômetro, é necessário uma interpolação entre os valores das marcações do potenciômetro e das tensões medidas no multímetro para

evitar uma variação brusca da tensão pelo estudante no momento da execução do experimento. O gráfico da Figura 15 apresenta um interpolação já executada e uma Tabela com os valores obtidos por meio da função de interpolação.

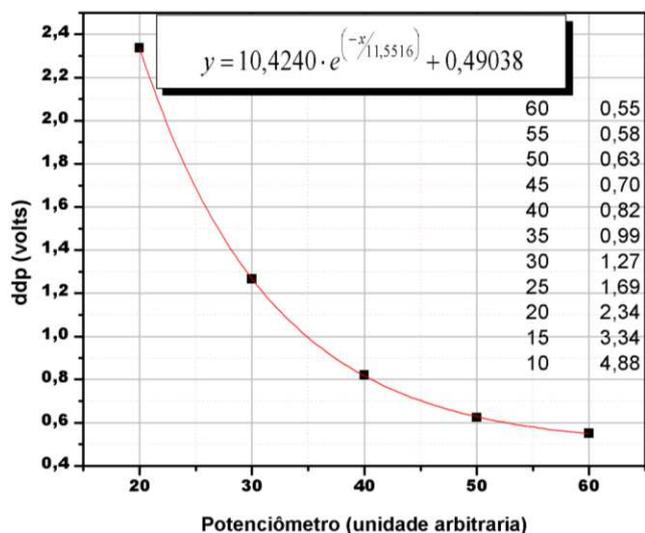


Figura 15 - Relação entre as marcações do potenciômetro e a tensões medidas.

De posse dessas informações é possível realizar um procedimento experimental previamente como teste. Com esse procedimento é possível obter um resultado muito aproximado para constante de Planck, um resultado com um erro menor que 0,5% do valor da literatura, que é  $4,135667 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ . A Figura 16 mostra este resultado, onde os pontos no gráfico são os valores medidos e a reta foi obtida pelo método de regressão linear a partir dos pontos experimentais. A inclinação da reta, igual a  $4,12166 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ , corresponde a constante de Planck ( $h$ ) obtida experimentalmente.

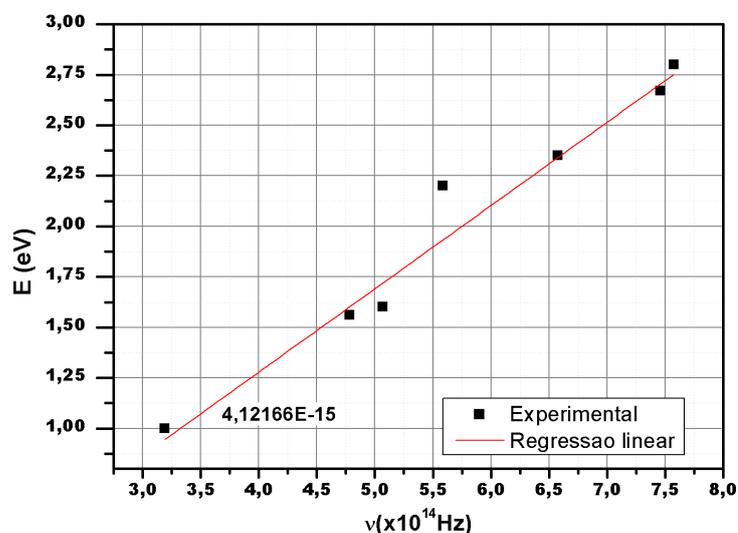


Figura 16 - Gráfico mostrando os pontos experimentais e a reta de regressão linear para determinação da constante de Planck, valor que corresponde a 0,33% do valor da literatura ( $4,135667 \times 10^{-15} \text{ eV.s}$ ).

### 5.3.1 Metodologia experimental do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”.

Não foi diferente a proposta experimental desenvolvida aqui em comparação ao do kit anterior (de eletricidade estática e efeito fotoelétrico). Novamente foi feita uma introdução básica que inclui aspectos históricos – científicos de grande importância e são apresentadas as características mais fundamentais da quantização da energia, onde se apresenta de forma quase epistemológica a idéia de quantização desde átomo de Demócrito, passando pela quantização da carga elétrica (a descoberta do elétron), depois a quantização da energia associada à radiação térmica e por fim, quase que coroando os momentos iniciais da história da Física Quântica, a quantização da radiação e da luz apresentada por Einstein na explicação do efeito fotoelétrico.

Assim, buscam-se novamente procedimentos experimentais que estimulem a construção autônoma do conhecimento científico, no entanto, por limitações experimentais, o aluno é orientado a seguir mais amíúde e bem mais atento os procedimentos apresentados, pois passam a lidar com medidas e equipamentos de precisão e com maiores possibilidades de danos materiais. Todavia, ainda assim, os alunos participam ativamente da construção do próprio conhecimento, e estes continuam a desenrolar-se na intenção de respeitar as etapas diferenciadas que se encontram os alunos que freqüentam os CEJAs e as escolas regulares. Os procedimentos iniciais desta prática estimulam mais a coordenação motora e a observação atenta e detalhista, enfim, o domínio da técnica de medição e leitura instrumental, talvez associada à prática já vivenciada por alguns alunos em seus ambientes de trabalho. O controle minucioso do potenciômetro e a observação detalhada para perceber o estímulo luminoso engatilhado pela tensão, controlada manualmente pelo estudante, é o momento de maior exigência técnica. Aqui também é estimulada a percepção intuitiva e possíveis deduções construídas por analogias inerentes ao exercício da observação ativa no experimento. Paralelo a isso a atividade leva o aluno a trabalhar com anotação, organização de dados em tabela (matriz) e a análise dos mesmos na construção de gráfico em sistema cartesiano, atribuições que estimulam a lógica matemática, desde conjuntos, funções até relações de proporcionalidade entre as grandezas medidas e/ou calculadas.

Por último, um questionário complementa a ação investigativa proposta, por meio de questões que fazem analogias e estimulam também a compreensão lógico – dedutiva das relações entre as grandezas envolvidas, assim como, questões que aprofundam o tema por meio do estímulo a pesquisa e o uso do computador para avaliar o grau de precisão dos resultados obtidos por meio do gráfico construído manualmente.

### 5.3.2 Roteiro do “Kit experimental de determinação da constante de Planck”.

#### 1. *Introdução teórica:*

A quantização da carga elétrica, da luz, da energia e da matéria em geral segue um roteiro histórico - científico com inúmeras semelhanças e tem sido palco de diversas discussões científicas desde a Grécia Antiga. Essa quantização iniciou com o modelo de uma partícula indivisível de matéria e remonta o tempo de Demócrito (aprox. 450 a. C.), essa partícula foi denominada de *átomo* na era moderna. Foi a partir de 1900, no entanto, que essas discussões voltaram a ganhar corpo, pois com a possibilidade da determinação experimental da constante dos gases perfeitos “*R*”, a determinação de “*k*” (constante de Boltzmann) levaria a determinação de “*N*” (o número de Avogadro). Isso comprovaria a *hipótese de Avogadro* (1811), depois comprovada pela interpretação correta das reações químicas e da Teoria Cinética dos Gases. Esta comprovação estabeleceu que a matéria é quantizada. A cartada posterior veio da “*Lei de Faraday da Eletrólise*”, indicando que tanto quanto a matéria, a carga elétrica parecia também ser quantizada, mas sua comprovação só veio com o famoso “*Experimento de J. J. Thomson*”, técnica precursora dos antigos aparelhos de televisão, no qual determinou que os *corpúsculos* que formavam os raios catódicos (depois denominado de elétrons por Lorentz) era uma pequena fração do átomo de hidrogênio, como previsto. Múltiplos dessa fração foram observados experimentalmente no famoso experimento de Milikan (1909), que estimou um valor para carga elementar como sendo de aproximadamente  $1,6 \times 10^{-19}$  Coulombs. Todavia, o grande marco na Teoria Quântica ocorreu quando os cientistas tentaram entender a radiação térmica, situação no qual a quantidade de radiação absorvida por unidade de tempo é exatamente igual à quantidade de radiação emitida por unidade de tempo por um corpo, denominado de “Corpo Negro”. E nesse cenário é que Max Planck (1900) obtém uma fórmula empírica que se ajusta perfeitamente, em altas frequências (lei de Wien), as curvas de distribuição de radiação de um corpo negro a uma dada temperatura que não depende da composição do corpo, onde a partir de medidas experimentais pode-se obter o valor de “*h (constante de Planck)*”. Ele considerou que a parede de uma pequena cavidade que representava o corpo negro era formada por molas que oscilavam elétrons presos as extremidades, mas que a *energia de oscilação* ( $\varepsilon$ ) desses elétrons não poderia ser contínua, mas sim variar em saltos, conforme a equação:

$$\Delta E = n\varepsilon = h \cdot \nu, \quad n = 0,1,2,3,\dots$$

Onde foi feita a consideração de  $\varepsilon$  é proporcional frequência da radiação “ $\nu$ ” absorvida ou emitida pela cavidade.

Assim para coroar a Teoria Quântica, em 1905, Einstein usou essas idéias para explicar o efeito fotoelétrico, demonstrando que a quantização não era apenas uma propriedade misteriosa das cargas oscilantes nas paredes das cavidades e da radiação dos corpos negros, mas se tratava também de uma característica fundamental da energia luminosa, o que lhe rendeu o Premio Nobel de Física em 1921.

#### 2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL:

1. Coloque a chave seletora no segundo LED à esquerda e o marcador do potenciômetro na marca zero.
2. Conecte os terminais da fonte de 6V a alimentação do equipamento.

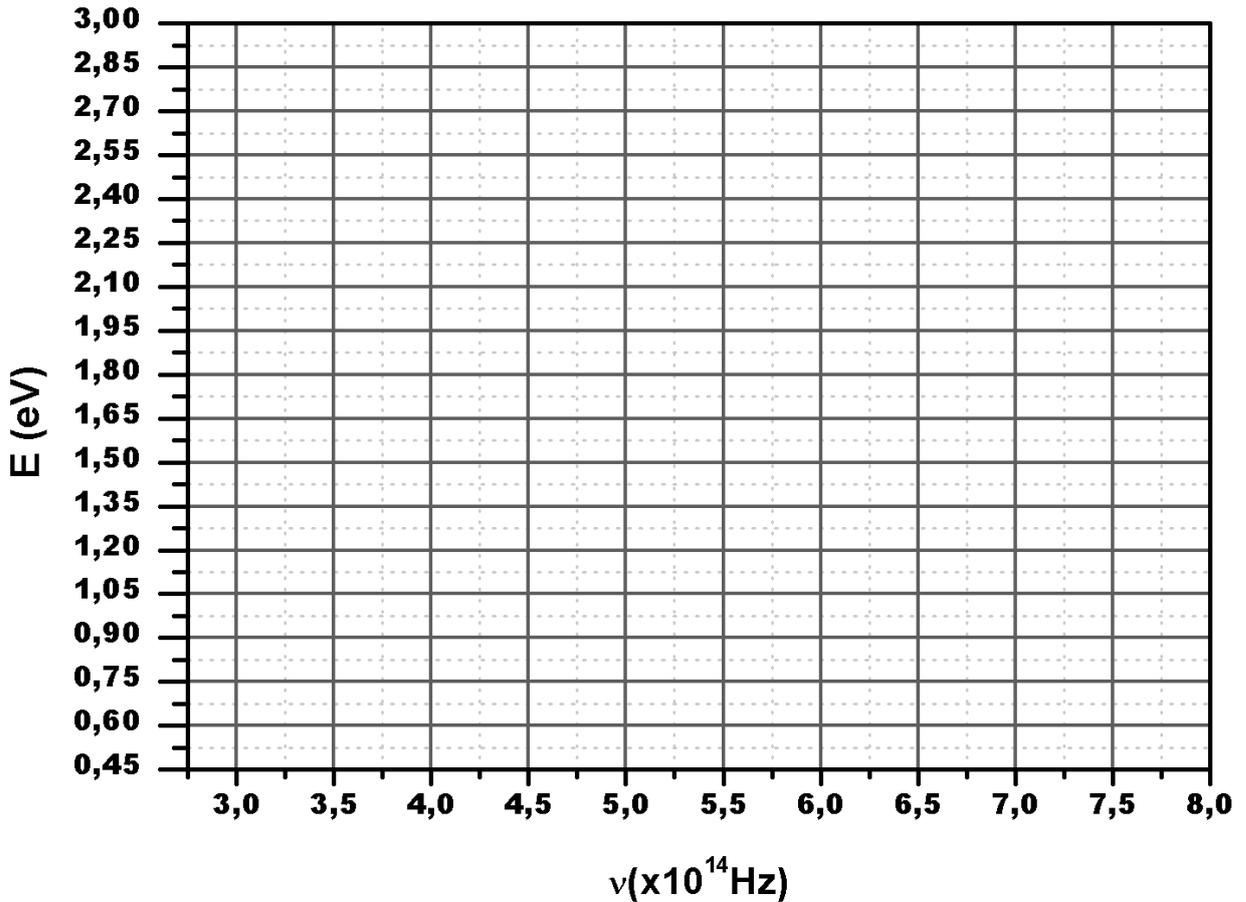
3. Ajuste o multímetro para o valor de 20V.



4. Insira os terminais do multímetro  , preto no borne preto e vermelho no borne vermelho  da placa de LED.
5. Conecte a fonte  na tomada.
6. Ligue a chave do LED de infravermelho  (primeiro LED à esquerda) que fica na parte inferior esquerda do equipamento. Isso é feito deslocando a chave para direita.
7. Gire o cursor do potenciômetro até a marcação 25 e observe o LED de infravermelho. Caso não consiga visualizar nada diferente, observe com a câmera do celular. Se visualizar algum brilho, por menor que seja, anote a tensão medida no multímetro, caso contrário vá lentamente se aproximando da marcação 20 enquanto observa o LED de infravermelho. Assim que ele começar a brilhar pare de girar o potenciômetro e anote a tensão medida no multímetro na Tabela 8.
8. Retorne o cursor do potenciômetro para a marcação 60 (marcação zero).
9. Com a chave seletora no segundo LED, LED vermelho, aumente lentamente a tensão girando o curso do potenciômetro até a marcação de 30, ou um pouco depois. Caso não consiga visualizar algum brilho, continue até que o veja começar a brilhar. Anote a tensão medida no potenciômetro na Tabela 8.
10. Vire a chave seletora no sentido anti-horário até o próximo LED, LED amarelo. Agora avance com o cursor do potenciômetro de onde parou, mas lentamente, até que veja o LED começar a acender. Anote a tensão na Tabela 8.
11. Selecione o próximo LED, LED verde. Novamente, de onde parou avance com o cursor do potenciômetro até que ele comece a acender. Isso pode ocorrer próximo a marcação 35, verifique. Tão logo ele comece a acender anote a tensão na Tabela 8.
12. Vire a chave seletora para o LED seguinte, o LED azul. Novamente avance lentamente com o cursor do potenciômetro de onde parou, até que veja o LED começar a acender (próximo a marcação 20). Anote a tensão na Tabela 8.
13. Selecione o LED de cor violeta e avance lentamente com o cursor do potenciômetro de onde parou até que veja o LED começar a acender (após a marcação 20). Anote a tensão na Tabela 8.
14. Vire a chave seletora para o próximo LED, o LED ultravioleta. Mais uma vez avance com o cursor do potenciômetro de forma lenta até que veja o LED começar a acender. Anote a tensão na Tabela 8.
15. Preencha a Tabela 8 anotando todas as tensões medidas desde infravermelho ao ultravioleta. Calcule para cada LED suas respectivas frequências (em Hertz), usando a relação a seguir:

$$\nu = \left( \frac{3000}{\lambda_{nm}} \right) \cdot 10^{14},$$

Onde os valores de comprimento de onda ( $\lambda$ ) são usados diretamente da Tabela 8 sem nenhuma transformação, assim a equação nos fornece a frequência ( $\nu$ ) em Hertz (Hz).



- A divisão obtida da relação entre parêntese deve ser colocada diretamente na Tabela 8, pois nesta tabela a frequência já esta multiplicada por  $10^{14}$  Hz.
16. Com os valores anotados das duas últimas colunas marque as frequências no eixo – X e as tensões no eixo – Y.
  17. Trace paralelas aos eixos X e Y que passe pelos pontos marcados nos eixos, o cruzamento destas retas são pontos no plano cartesiano.
  18. Com uma régua trace uma reta que passe o mais próximo possível de todos os pontos determinados no plano cartesiano. Anote os dois pontos extremos da reta no formato  $(x_1; y_1) = ( \quad ; \quad )$  e  $(x_2; y_2) = ( \quad ; \quad )$ .
  19. Agora determine a inclinação, que nos dá o valor aproximado de  $h$  (*constante de Planck*), de acordo com a relação:

$$h \cong \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \cdot 10^{-14}.$$

**Tabela 8 – Tabela para preenchimento da tensões medidas.**

Marcação (potenciômetro)	LED ( $\lambda$ )	Tensão (Volts)	Frequência $\nu(10^{14}$ Hz)
Entre 15 e 20	Infravermelho (934 nm)		
Entre 27 e 30	Vermelho (627 nm)		
Entre 27 e 30	Amarelo (592 nm)		
Entre 20 e 25	Verde (537 nm)		
Entre 20 e 23	Azul (456 nm)		

Entre 18 e 20	Violeta (402 nm)		
Entre 16 e 18	Ultravioleta (396 nm)		

### 3. QUESTIONÁRIO

1. O LED é um dispositivo semicondutor que quando energizado emite luz visível. Foi possível perceber que existe uma energia específica para cada cor específica de LED, ou seja, o LED só acenderá se atingir a quantidade de energia adequada para tal?

---



---

2. Quando acionamos um LED e o seguinte, observamos que o comprimento de onda ( $\lambda$ ) diminui, enquanto a energia necessária (tensão) aumenta. Qual a relação de proporcionalidade entre a tensão e o comprimento de onda? No entanto quando aumenta a frequência ( $\nu$ ) aumenta também a tensão, agora qual a relação de proporcionalidade entre estas grandezas?

---



---

3. As tensões medidas no experimento nos dão de forma direta as energias em eletrovolts (eV). Olhando os dados da tabela, do gráfico e pelas discussões anteriores, qual frequência, e qual cor de LED, precisa de maior energia para ser dado o gatilho fazendo acender o LED? E qual LED corresponde a menor energia?

---



---

4. Observando os procedimentos realizados de 6 a 14, o que faz você acreditar que a energia da radiação luminosa, como observada por Einstein, é quantizada?

---



---

5. A colisão entre duas bolas de sinuca pode ocorrer de várias formas, mas sempre a bola principal transfere quantidade de movimento e energia para bola seguinte. A velocidade da bola seguinte, por exemplo, pode ser prevista se soubermos a da bola principal, ou seja, uma bola troca energia com a outra. Baseado nesta observação podemos dizer que, assim como as bolas de sinuca a luz se comporta como um corpúsculo que precisa de uma energia necessária para que seja emitido do LED?

---



---



---

6. A luz, assim como a radiação UV (ultravioleta), entre outras radiações, são ondas eletromagnéticas formadas por campos elétricos e magnéticos variáveis e mutuamente perpendiculares que viajam a velocidade de 300.000 km/s no vácuo. Sabendo disso, verifique que valor é encontrado quando multiplicamos a frequência pelo comprimento de onda, para o infravermelho, o verde e o ultravioleta. Anote esses resultados.

7. Einstein denominou as “partículas de luz” por “quantum”. Cada quantum (ou fóton) de luz tem uma energia definida por “ $h.f$ ”, onde  $h$  é a constante de Planck e “ $f$ ” é a frequência da radiação incidente na placa. Com base nesta hipótese pode-se afirmar que um feixe de luz fraco significa menos número de fótons ou fótons de menor energia?

---



---



---

8. Sabendo que o produto da energia de um fóton, em eletrovolts ( $eV$ ) por seu comprimento de onda em angstrom ( $\text{Å}$ ) é igual a  $12.397 eV \cdot \text{Å}$ , usando os valores de tensão da Tabela 8, determine o comprimento de onda do vermelho e do azul, usando a relação a seguir:  $\lambda(em \text{ Å}) = \frac{12.397}{E}$ , onde  $E$  é o valor da energia em eletrovolts.

---



---



---

9. “Se a luz associada a um comportamento ondulatório tem também um comportamento de partículas, podemos afirmar que as partículas de matéria têm comportamento também ondulatório”?

---



---



---

10. Os procedimentos 16 a 19 são usados para determinar manualmente a constante de Planck. Agora repita os procedimentos 16 a 19, mas alimentando os dados numa tabela do Excel. Construa o gráfico a partir da Tabela, use o layout de pontos dispersos (dispersão). Depois adicione uma função linear de ajuste e habilite a caixa que mostra a equação. Compare este resultado com o anterior, ele foi melhor, mais preciso?

---



---



---

## 6 RECOMENDAÇÕES

Este produto pode ser aplicado como complemento pedagógico às aulas expositivas das escolas regulares ou em oficinas de Física ou Ciências dos CEJAs ou EJAs das escolas de ensino médio e fundamental, respectivamente.

Essa aplicação pode ser feita pelo professor, caso não consiga montar vários kits, ou ser aplicado a algumas equipes de alunos sobre a tutoria do professor. Todavia, sempre mantendo uma postura investigativa que estimule a formulação de hipóteses e construção de modelos para interpretar os fatos observáveis.

Os roteiros experimentais podem servir as atividades de avaliação que busquem outros aspectos além da simples avaliação somática das provas e testes muito aplicados no cotidiano das escolas. Assim, permiti – se e estimula – se a realização de trabalho manual e outras habilidades inerentes ao exercício da experimentação.

Também é possível realizar atividades por projetos, ou seja, fazer com que os alunos também participem da concepção, estudo, pesquisa e construção dos kits de Física. Essa proposta é mais complexa e deve ser aplicada a um bimestre em específico, no caso das escolas regulares, ou durante um semestre, em paralelo ao conteúdo, no caso dos CEJAs. Entretanto, se possível, deve – se montar um cronograma bem elaborado para permitir uma boa frequência das aplicações práticas em sintonia com os conteúdos mais pertinentes a contextualização.

De posse destas recomendações será possível realizar um trabalho didático pedagógico de boa qualidade com resultados excepcionais frente à adoção apenas da proposta expositiva, pois agrega – se assim uma maior motivação e curiosidade na metodologia executada.

## 7 PERSPECTIVAS

Espera – se que melhorias na construção do kit possam ser atualizadas. O que na realidade deseja – se é que uma publicação deste material em edições seguintes venha a contribuir ainda mais com o ensino de Física Moderna.

Sempre existe a possibilidade de um produto ficar melhor ou passarem por atualizações que aperfeiçoem os procedimentos experimentais para sua aplicação, por meio de novas metodologias ou instruções mais específicas que facilitem a sua apresentação mais explicativa, colaborando assim com uma maior autonomia do usuário professor/aluno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Maria Isabel de; PIMENTA, Selma Garrido. **Estágios supervisionados na formação docente: educação básica e educação de jovens e adultos**. São paulo: Cortez, 2014.

BRASIL. Senado Federal. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional: nº 9.394/96**. Brasília, 20 de dezembro de 1996.

BIZZO, Nelio. **Ciências: Fácil ou Difícil?** 1ª ed. São Paulo: Biruta, 2009.

CARVALHO, Anna M. Pessoa; PÉREZ, Daniel Gil. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. Tradução de Sandra Valenzuela. 5. Ed. São Paulo: Cortez, 2001.

CAVALCANTE, Marisa A., Cristiane R. C. Tavoraro. **Física Moderna Experimental**. – 2. Ed. – Barueri/SP: Manole, 2007.

CEARÁ. Estatuto do Magistério Oficial do Estado. **Lei nº 10.8884/1984, 02 de fevereiro de 1984**.

FREIRE, Paulo; **Pedagogia do Oprimido** 18º ed - Rio de Janeiro : Paz e Terra, 1983.

HADDAD, Sérgio e PIERRO, Maria Clara Di. **Escolarização de jovens e adultos**. São Paulo, 2000. 24 p. Disponível em: <<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/275/27501407.pdf>> Acesso em: 13 out. 2017.

MARANDINO, Martha; SELLES, Sandra Escovedo; FERREIRA, Marcia Serra. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaço educativos**. São Paulo: Cortez, 2009. (Coleção Docência em Formação. Série Ensino Médio).

RICARDO, E.C. e Zylbersztajn, Arden. **O Ensino das Ciências no Nível Médio: um estudo de caso sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 351-370, dez. 2002.

ROMÃO, José Eustáquio. **Avaliação Dialógica: desafios e perspectivas**. 2. Ed. São Paulo: Cortez: Instituto Paulo Freire, 1999.

SANBORN C. B.; Clarke, Norman; Tiomno, Jayme. **International Conference on Physics in General Education: Why Teach Physics? Rio de Janeiro – Brasil**. Publicado por The International Union of Pure and Applied Physics by The MIT Press. Julho de 1963.

SANTANNA, Flávia Maria et al. **Planejamento de ensino e avaliação**. Porto Alegre: Editora Sagra Luzzatto, 1986.

TIPLER, Paul A., Ralph A. Llewellyn. **Física Moderna**; Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. – 6. Ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2014.