

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**EVANDRO LUIZ DE QUEIROZ**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA  
MECÂNICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO: ESPECTROSCOPIA COM  
LÂMPADAS**

**PONTA GROSSA  
2019**

**EVANDRO LUIZ DE QUEIROZ**

**UMA PROPOSTA DE ENSINO DOS CONCEITOS FUNDAMENTAIS DA  
MECÂNICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO: ESPECTROSCOPIA COM  
LÂMPADAS**

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

Orientador: Prof. Dr. Antônio Sergio Magalhães de Castro  
Coorientador: Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

**PONTA GROSSA  
2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Q3 Queiroz, Evandro Luiz de  
Uma proposta de ensino dos conceitos fundamentais da mecânica quântica no ensino médio: espectroscopia com lâmpadas / Evandro Luiz de Queiroz. Ponta Grossa, 2019.  
138 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Antônio Sergio Magalhães de Castro.

Coorientador: Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva.

1. Física - ensino. 2. Física Moderna. 3. Mecânica quântica. 4. Espectroscopia - gases. I. Castro, Antônio Sergio Magalhães de. II. Silva, Jeremias Borges da. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. IV.T.

CDD: 530



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaranas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

## TERMO

### TERMO DE APROVAÇÃO

**EVANDRO LUIZ DE QUEIROZ**

"Uma proposta de ensino dos conceitos fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio:  
Espectroscopia com lâmpadas"

**Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Ensino Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:**

Dr. Antonio Sérgio Magalhães de Castro - (UEPG) – Presidente

Dr. Silvio Luiz Rutz da Silva - (UEPG)

Dr. Michel Corei Batista - (UTFPR)

**Ponta Grossa, agosto de 2019.**



Documento assinado eletronicamente por Silvio Luiz Rutz da Silva, Coordenador(a) do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Profissional, em 27/08/2019, às 10:47, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Antonio Sergio Magalhaes de Castro, Professor(a), em 22/11/2019, às 14:55, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Adriana Aparecida Telles, Secretário(a), em 17/12/2020, às 11:15, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.uepg.br/autenticidade> informando o código verificador 0055572 e o código CRC 560AD9D3.

Dedico esta dissertação ao meu filho Thales Luiz, ao meu pai Luiz Gonzaga, a minha mãe Soeli Vidal, e a todos que de me ajudaram e incentivaram.

Agradeço ao Pai Oxalá por me dar persistência, ao meu Pai Xangô por me dar sabedoria, a minha Mãe Iemanjá por me dar paciência, a toda minha família, meu pai e minha mãe, que sempre me apoiaram, a mãe do meu filho que me incentivou a todo momento, pois sem ela eu não teria iniciado este mestrado, à UEPG pela oportunidade dada, aos professores, aos colegas do mestrado, aos meus orientadores e à CAPES.

Faça o teu melhor, nas condições que você tem, enquanto não tem condições melhores para fazer melhor ainda.

(Mario Sergio Cortella)

## RESUMO

Esta dissertação de mestrado descreve uma proposta de Ensino para a introdução de conceitos de Mecânica Quântica por meio do uso da espectroscopia no Ensino Médio, com o uso de lâmpadas comerciais e uma discussão sobre o uso indevido de conceitos de Mecânica Quântica pela pseudociência. Apoiado nos conceitos da aprendizagem significativa de Ausubel e na sugestão prática de Willingham, as aulas foram ministradas por meio de exposição de conteúdos, experimentos e incentivo à discussão dos conceitos fundamentais da Mecânica Quântica, tendo como objetivo a inserção do estudante do Ensino Médio em uma visão ampla e crítica do que é a Ciência na sua concepção e dos processos envolvidos na sua construção. O trabalho foi implementado em duas turmas do terceiro ano do Ensino Médio em uma instituição pública na cidade de Curitiba-PR, no ano de 2017, e em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio, em uma instituição pública da cidade de Colombo-PR. As turmas eram compostas de 30 estudantes, em média, e as atividades foram realizadas em 6 aulas nos seguintes períodos: do início de novembro à início de dezembro de 2017 e início de abril à início de maio de 2018. Após a implementação, percebeu-se a viabilidade do uso da espectroscopia para introdução do Ensino de Física Moderna no Ensino Médio, a importância da discussão e debate sobre o uso inadequado de conceitos Físicos pela pseudociência e a necessidade de se efetivar, nas práticas de sala de aula, os conceitos de Física Moderna e Contemporânea a fim de formar os estudantes com um pensamento mais crítico e autônomo.

Palavras-chave: Ensino de Física, Física Moderna, Mecânica Quântica, Espectroscopia de Gases.

## **ABSTRACT**

This dissertation describes a proposal for the introduction of quantum mechanics concepts using spectroscopy in high school, the use of commercial lamps and a discussion about the misuse of quantum mechanics concepts by pseudoscience. Supported by Ausubel's concepts of meaningful learning and Willingham's practical suggestion, the classes were taught through content exposition, experiment and encouragement to the discussion of the fundamental concepts of Quantum Mechanics aiming at the insertion of the High School student in a vision. wide and critical of what science is in its conception and processes involved in its construction. The work was implemented in two classes of the third high school in a public institution in the city of Curitiba-PR in 2017 and in a class of the third-year high school in a public institution in the city of Colombo-PR. The classes consisted of an average of thirty students and the activities were held in six classes from early November to early December 2017 and beginning of April to early May 2018. After implementation, the use of spectroscopy was feasible. For the introduction of Modern Physics Teaching in High School, the importance of discussion and debate about the inappropriate use of Physical concepts by pseudoscience, and the need to make effective in the classroom practices the concepts of Modern and Contemporary Physics in order to form students with more critical and autonomous thinking.

Keywords: Teaching Physics, Modern Physics, Quantum Mechanics, Gas Spectroscopy.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Frente do Colégio Estadual Cruzeiro do Sul.....	45
Figura 2 - Pátio interno do Colégio Estadual Cruzeiro do Sul.....	46
Figura 3 - Laboratório de Ciência do Colégio João Ribeiro de Camargo.....	46
Figura 4 - Frente do Colégio João Ribeiro de Camargo.....	49
Figura 5 - Sala de audiovisual Colégio João Ribeiro de Camargo.....	49

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Planejamento das aulas e os objetivos de cada etapa.....	29
Quadro 2 - Respostas dos estudantes da turma A 2017 sobre a lâmpada halógena.....	56
Quadro 3 - Respostas dos estudantes da turma B 2017 sobre a lâmpada halogena.....	56
Quadro 4 - Resposta dos estudantes da turma B 2017 sobre várias lâmpadas..	57
Quadro 5 - Respostas da turma B 2017 sobre o uso da rede de difração.....	60
Quadro 6 - Respostas da turma A 2017 sobre o uso da rede de difração.....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Média dos conceitos da análise do espectro de emissão das lâmpadas em relação a cada turma.....	54
Tabela 2 - Análise do espectro de emissão em relação a cada lâmpada por turma.....	55
Tabela 3 - Análise do espectro de emissão das lâmpadas: Média geral das três turmas.....	58
Tabela 4 - Quando mais de uma lâmpada está acesa como ficou a luz sem a rede de difração?.....	59
Tabela 5 - E com a rede de difração?.....	60
Tabela 6 - Quais as três leis de Kirchhoff para o estudo do espectro.....	61
Tabela 7 - Por que o espectro de algumas lâmpadas é discreto ou contínuo?.....	62
Tabela 8 - Como é gerada a luz em uma lâmpada incandescente? E em um LED?.....	63
Tabela 9 - Você estudou a teoria, verificou a experiência e chegou a uma conclusão. Isso tem reação com um método científico?.....	63
Tabela 10 - O que é pseudociência? Ela obedece ao método científico?.....	64
Tabela 11 - Pseudociência tem caráter científico?.....	64
Tabela 12 - Este espectro observado é de emissão ou absorção?.....	65
Tabela 13 - Os espectros observados eram todos iguais, diferentes ou tinham alguma semelhança?.....	65
Tabela 14 - Todos os espectros eram discretos?.....	66
Tabela 15 - A partir dos espectros, determine o elemento químico do gás presente nas lâmpadas 1 e 4.....	66
Tabela 16 - Cite o uso da espectroscopia.....	66
Tabela 17 - Pesquise o que é um Modelo Científico.....	67
Tabela 18 - Pesquise e descreva sobre o Método Científico.....	67
Tabela 19 - No vídeo foi mostrado a evolução sobre o modelo atômico. Podemos afirmar que cada cientista trabalhou independentemente do outro ou foi um acúmulo de conhecimento? Justifique.....	68

Tabela 20 - O conhecimento científico é feito de maneira aleatória? Se não o que é preciso ter?.....	69
Tabela 21 - Qualquer pesquisa, dados ou informação podem ser considerados científicos ou precisam ser confirmados pelo método científico?.....	69 70
Tabela 22 - O que é espectro luminoso?.....	
Tabela 23 - Porque existe espectro discreto? E por que existe espectro contínuo?.....	70 71
Tabela 24 - Quais as três leis de Kirchhoff para o estudo do espectro?.....	
Tabela 25 - Faça um mapa conceitual sobre física moderna e suas áreas de estudo e aplicação.....	71 72
Tabela 26 - A mecânica quântica descreve o comportamento de objetos?.....	72
Tabela 27 - A mecânica quântica teve seu início em que ano?.....	72
Tabela 28 - Quais destes físicos propôs a ideia da quantização da energia?....	
Tabela 29 - Qual é a energia de um quantum de luz com a frequência de 10 000 Hz?.....	72 72
Tabela 30 - Qual destes físicos esclareceu o efeito fotoelétrico?.....	73
Tabela 31 - Como foi possível explicar as linhas espectrais?.....	
Tabela 32 - Para um elétron saltar para um orbital com maior energia ele precisa.....	73
Tabela 33 - Qual destas partículas é responsável pela existência das linhas espectrais?.....	73
Tabela 34 - Elétrons que saltaram para um nível de energia mais alto ao absorver um fóton se chamam.....	73
Tabela 35 - Qual era o problema no modelo do átomo de Rutherford? E qual foi a solução dada por Bohr?.....	74 74
Tabela 36 - O modelo atômico de Bohr afirma que.....	
Tabela 37 - De acordo com o modelo atômico de Bohr, elétrons firam ao redor do núcleo em orbitas específicas, tais como os planetas giram em órbitas específicas ao redor do sol. Diferentemente dos planetas, os elétrons saltam de uma orbita específica para outra, ganhando ou perdendo energia. Qual das afirmações abaixo está em discordância com o modelo proposto por Bohr?.....	74

Tabela 38 - Os modelos atômicos foram desenvolvidos em teorias fundamentadas na experimentação por diferentes cientistas, incluindo John Dalton, J.J Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr. Em 2013, a teoria do modelo atômico de Niels Bohr completou 100 anos. Essa teoria descreve o átomo como?.....	75
Tabela 39 - Os modelos atômicos são elaborados no intuito de explicar a constituição da matéria e têm evoluído ao longo do desenvolvimento da ciência, desde o modelo filosófico dos gregos, passando pelos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, até o modelo atual. O modelo mais recente caracteriza-se pela?.....	75
Tabela 40 - Na evolução dos modelos atômicos, a principal contribuição introduzida pelo modelo de Bohr foi?.....	76
Tabela 41 - O que é um diodo? E o que é um LED?.....	76
Tabela 42 - Como é gerada a luz de um LED?.....	
Tabela 43 - Como é o espectro de uma lâmpada de vapor? E como é o espectro de uma lâmpada incandescente?.....	77
Tabela 44 - O que foi preciso para criar a lâmpada de LED?.....	77

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRUDUÇÃO</b> .....	14
1.1	APRESENTEÇÃO DO TEMA.....	18
1.2	JUSTIFICATIVAS.....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	21
2.1	REFERENCIAIS E METODOLOGIA.....	24
2.2	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	28
2.3	A CONCEPÇÃO DO PRODUTO.....	35
<b>3</b>	<b>REFERENCIAIS TEÓRICOS</b> .....	36
3.1	ELETROMAGNETISMO.....	36
3.2	MODELOS ATÔMICOS.....	37
3.3	QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA.....	39
3.4	A ORIGEM DAS LINHAS ESPECTRAIS: ÁTOMO E LUZ.....	42
3.5	ESPECTROSCOPIA E A LUZ DAS ESTRELAS.....	43
3.6	O ESPECTRO DAS LÂMPADAS.....	43
3.7	LED.....	44
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DICUSSÕES</b> .....	45
4.1	COLÉGIO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EM 2017.....	45
4.2	COLÉGIO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EM 2018.....	48
4.3	ANÁLISE DOS DADOS E DAS APLICAÇÕES.....	52
4.3.1	Análise da aplicação do produto em 2017 e 2018.....	53
4.4	ANALISE DAS QUESTÕES APÓS O EXPERIMENTO.....	59
4.4.1	Análise das questões após o experimento em 2017.....	59
4.4.2	Análise das questões após o experimento em 2018.....	65
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	79
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	81
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

A Física é uma Ciência que foi construída por diversas ações coletivas durante vários séculos, na qual cada personalidade, com auxílio de diversas pessoas, construíram as bases teóricas sólidas e os experimentos consistentes para compreender o funcionamento do universo como conhecido até o momento.

Todo esse conhecimento, acumulado durante anos, foi dividido em áreas de estudo para estruturação e organização do conhecimento.

Essa divisão auxilia na compreensão e em explicações consistentes para os fenômenos naturais; porém, eles não estão restritos em suas áreas de estudos, mas interligam-se entre si; a natureza é uma só, porém as áreas de conhecimento são divididas para melhor compreendê-la.

Entre essas áreas de estudo estão a Mecânica Newtoniana, a Ótica Física e Geométrica, a Termodinâmica e o Eletromagnetismo, compondo a chamada Física Clássica.

Já a Física Moderna e Contemporânea, desenvolvida no início do século XX, pode ser dividida em três áreas: Relatividade, Mecânica Quântica e Física Nuclear.

O conteúdo da Mecânica Quântica se estrutura de modo a ser possível considerar no Ensino Médio a apresentação dos conceitos básicos sobre a radiação de um corpo negro, Efeito Fotoelétrico, Dualidade Onda-Partícula, Efeito Compton, o Átomo de Bohr, Espectro Atômico até a Incerteza de Heisenberg como um limítrofe entre a Física Clássica e Mecânica Quântica.

Essa divisão entre Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea se dá pela grande revolução que a Física do século XX trouxe para o mundo da Ciência.

Até o século XIX, a Física era baseada principalmente nos conceitos newtonianos, uma concepção mecanicista da natureza, determinista e intuitiva. Após o século XX, uma parte do conteúdo da Física incorpora-se no contexto indeterminista, probabilística e não intuitiva, principalmente quando evidenciando o desenvolvimento histórico, conceitual e formal da Mecânica Quântica (PATY, 2004).

Nascida no início do século XX, por meio da ideia de quantização de energia proposta por Max Planck e o Efeito Fotoelétrico de Albert Einstein, de início a Mecânica Quântica não foi bem aceita no meio acadêmico. Mas conforme foi se verificando por meio de experimentos e se estruturando nos seus aspectos

conceituais, passou a ser uma área fundamental do conhecimento e ainda está em pleno desenvolvimento.

Tornou-se uma ferramenta de grande importância para a sociedade moderna em desenvolvimento no século XXI, promovendo uma revolução tecnológica de significado equivalente ao que a Revolução Industrial acarretou para o século XIX, como consequência do desenvolvimento da Física Clássica.

A Mecânica Quântica transformou-se na base de uma nova compreensão da realidade da natureza, acessível ao pensamento humano de forma consistente e formal, promovendo a criação de novas áreas de estudo tanto no sentido filosófico quanto tecnológico.

O aparecimento de novos conceitos necessários à descrição do mundo microscópico no decorrer do século XX, diferentes daqueles referentes ao pensamento mecanicista do século XIX, possibilitou que novas ideias e proposições fossem criadas no campo na Ciência.

O que era tido como imutável único e absoluto, na sua definição própria, tornou-se dependente da forma de se observar e definir o processo de medição de observáveis, com forte caráter probabilístico e sujeito a uma imprecisão intrínseca ao caráter observacional. Isto acarretou uma mudança de paradigma e uma profunda reformulação de conceitos e concepção de realidade observável.

A Mecânica Quântica permitiu a evolução da tecnologia com a criação de microprocessadores, celulares, tabletes, *smartphones*, *videogames*, *smart tv*, conexões *bluetooth* e *wifi*, e outras tecnologias usadas pela sociedade.

Essa inovação tecnológica observada neste século vem despertando nos estudantes interesses sobre os conceitos envolvidos na concepção, fabricação e funcionamento dos dispositivos e das tecnologias envolvidas. E muitos desses conceitos se compreendem através do entendimento da Física Moderna e Contemporânea.

Além disso, com o entendimento, a compreensão e a análise de novas ideias, teorias e informações que hoje se encontram facilmente na internet e estão acessíveis ao público leigo, faz-se necessário ter um conhecimento básico da história e desenvolvimento conceitual dos conceitos da Física Moderna e Contemporânea com base na Metodologia Científica (SEVERINO, 2017; LAKATOS; MARCONI, 2003).

O entendimento da Metodologia Científica e de sua importância é fundamental no sentido de preparar o estudante (e o público leigo, a ser necessariamente incluído)

para a compreensão do processo de construção e organização dos princípios, conceitos e modelos consistentes para a descrição dos fenômenos da natureza, proporcionado pela Mecânica Quântica.

Os currículos básicos escolares contemplam os conteúdos da Física Moderna, porém a prática em sala de aula ainda se faz de forma tímida e isolada. Se existe algum contato dos estudantes com o tema, é por meio de filmes, livros, revistas, sites, séries e outras mídias, o que pode transmitir um conceito equivocado sobre Mecânica Quântica e a sua importância na descrição dos fenômenos e avanços tecnológicos da atualidade.

É importante ressaltar que a maioria dos livros do Ensino Médio trata os fenômenos da Física Moderna e Contemporânea no final do 3º ano (GASPAR 2013, FUKE; KAZUHITO, 2010. VÁLIO et al., 2016), ou como tópicos especiais, assim como existem vários trabalhos de pesquisa sobre a atualização do currículo do Ensino Médio, como verificados por Ostermann e Moreira (2001).

Hoje, se fizer uma busca rápida na internet, encontra-se vários textos, artigos e publicações referentes à medicina quântica, cura quântica, terapias quânticas (CHOPRA, 1989; SANTO; LOPES, 2016), entre outras, que utilizam dos fenômenos Quânticos considerados sem o rigor do Método Científico.

De uma forma equivocada aplicam-se conceitos da Mecânica Quântica no estudo de fenômenos que podem ser enquadrados no que se chama pseudociência (KNOBEL, 2008), que, segundo o site de dicionário online [www.dicio.com.br](http://www.dicio.com.br), significa: “Saber organizado que carece do rigor de uma Ciência”.

Logo, seus fundamentos alicerçam-se em uma metafísica baseada em crenças e visões místicas da realidade. Essas interpretações são, por vezes, feitas e aceitas pela sociedade, devido à falta de uma cultura científica mais sólida composta do conhecimento da Física após o século XX.

Para amenizar esse problema, deve-se incluir a Física Moderna e Contemporânea no currículo do Ensino Médio, como parte integrante, e não como tópicos especiais.

Pensando na evolução científica do pensamento nos séculos XX e início do século XXI, e conseqüentemente na necessidade de se atualizar o currículo, neste trabalho encontra-se uma proposta de uma unidade de ensino para o estudo de espectroscopia no Ensino Médio.

No primeiro capítulo, tem-se a apresentação da proposta e sua justificativa, e a discussão da necessidade da atualização do currículo e alguns projetos de pesquisas nesta área, para que se compreenda a motivação de realizar este trabalho.

No segundo capítulo, é realizada uma revisão da literatura a fim de mostrar como, desde a década de 1870 com Rui Barbosa, passando pelas primeiras reuniões do Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF) na década de 1970 e até os dias atuais se veem construindo as discussões sobre a necessidade de aperfeiçoar o Ensino de Ciência no Brasil e uma atualização do currículo. Ainda, no segundo capítulo, se discute a teoria de aprendizagem de David Ausubel, a sugestão prática de Willingham e os procedimentos de aplicação do produto baseados nos referenciais teóricos.

Os resultados e discussões das aplicações foram apresentados no terceiro capítulo, assim como a análise dos resultados, deixando para o quarto e último capítulo as considerações finais e a análise geral das aplicações do produto.

É importante frisar que Hebert Roberto Araújo da Silva (SILVA, 2013), no Rio de Janeiro, no ano de 2013, sob a orientação da Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Andréia Guerra de Moraes desenvolveu uma dissertação de mestrado com tema similar ao proposto neste trabalho.

O que diferencia ambos é o fato do trabalho de Silva ser aplicado em um Colégio Militar, onde há um exame de admissão dos estudantes, usar a astronomia como tema motivador e apresentar a abordagem histórico-filosófica no decorrer do trabalho.

Já o presente trabalho foi aplicado em duas escolas distintas e periféricas, nas quais não existem exames de admissão, em um contexto social de um bairro marginalizado e escolas com pouco recursos, onde há uma carência muito grande em vários aspectos, conforme será descrito no capítulo 3.

Este trabalho também se diferencia pelo uso da evolução do Modelo Atômico, pela importância do uso do Método Científico como base para o estudo da espectroscopia e pelo combate ao uso indevido e impróprio dos conceitos da Mecânica Quântica pela pseudociência.

## 1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

Este trabalho consiste em um estudo e em ações para o desenvolvimento de uma proposição para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por meio da apresentação de elementos da investigação científica, que resultaram nos conceitos fundamentais da Mecânica Quântica.

Apresenta-se os elementos do Método Científico e seu papel na construção dos conceitos pertinentes aos fundamentos da Mecânica Quântica, traçando uma fronteira com o propósito de se delinear os limites entre o desenvolvimento científico, em consonância com o Método Científico estabelecido (LAKATOS; MARCONI, 2003), e o alastrar desordenado de concepções e pseudoteorias concebida por meio das mídias virtuais e os meios de comunicação, que infelizmente, estabelecem-se nos domínios do “previamente concebido ou imaginado” como conhecimento devido à Mecânica Quântica” (COSTA; REIS; MORAES, 2011).

Utilizando diferentes lâmpadas e uma rede de difração, será analisado o espectro de emissão destas lâmpadas, comparando a observação com a teoria vigente e o espectro dos elementos químicos relacionados a cada lâmpada, e comparar com os conceitos formalizados pelo Método Científico, suas consequências e resultados qualitativos.

Com base na objetividade do Método Científico, este trabalho visa elucidar as questões de como resultados conjecturados no contexto da metafísica devem ser investigados, delineando o caminho adequado e coerente para análise dos fatos propagados de forma indiscriminada por qualquer argumento de natureza pseudocientífica.

## 1.2 JUSTIFICATIVAS

A necessidade de atualizar o currículo do Ensino Médio já é pesquisada há muito tempo (OSTERMANN; MOREIRA, 2001). Em sua maioria, os livros do Ensino Médio dão muita ênfase à Física Clássica, deixando a Física Moderna e Contemporânea no final do livro do 3º ano (FUKE; KAZUHITO, 2010; GASPAR 2013; VÁLIO et al., 2016).

Com o aparecimento de novos conceitos, oriundos do desenvolvimento da Mecânica Quântica, diferentes do pensamento mecanicista do século XIX, novas

possibilidades foram aparecendo no campo na Ciência; o que era imutável e previsível se tornou probabilístico, e novos conceitos e conhecimentos foram concebidos ao longo do tempo.

Como já discutido, existem várias propostas para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio (OSTERMANN; MOREIRA, 2001; PINTO; ZANETIC,1999;), e mesmo com várias análises, discussões e pesquisas da sua importância e propostas de aplicações (JARDIM E BARROS,1999; PINTO, ZANETIC,1999; OSTERMANN, CAVALCANTI, 1999), a renovação do Ensino desta disciplina ainda está sendo feita de forma lenta.

É preciso buscar meios de se fazer essa implementação, principalmente nos colégios públicos e periféricos.

É necessário também reforçar a necessidade de preparar os estudantes para as novas informações com prevê a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei 9394/96, no seu artigo 35 inciso III que diz:

Art. 35 - O Ensino Médio, etapa final da educação básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidade: [...] III- o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico; (BRASIL, 1996)

É possível aprimorar esse pensamento crítico através do embate das teorias da pseudociência com o conhecimento do Método Científico.

Segundo Rogério Macário e Oliveira (2016), o Ensino Médio não tem somente como objetivo a formação do estudante, mas também o de prepará-lo para o vestibular. Segundo os autores:

A educação, segundo as leis que a regulamenta é destinada a formar o estudante para a vida em sociedade, com pensamento crítico, preparado para enfrentar as mudanças no contexto em que está inserido, também para inserção ao mercado de trabalho e dar continuidade em seus estudos, seja para ingressar em uma universidade ou curso técnico. “Com isso, observamos que o foco do Ensino Médio não é somente instruções para o vestibular, como se observa nas respostas dos entrevistados na pesquisa de campo” (ROGERIO; MACARIO; OLIVEIRA. 2016, p. 35.).

A atualização do currículo escolar também se faz muito presente e confirma a necessidade de se fazer esse aperfeiçoamento no Ensino de Física no Ensino Médio (OSTERMANN; MOREIRA, 2001; LOBATO; GRECA, 2005). Estes trabalhos buscam

envolver Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, sobre as perspectivas da Relatividade (KOHLEIN, KLEIN, 2003; OSTERMANN; RICC, 2002, 2004;) e Mecânica Quântica (LOBATO; GRECA 2005; PINTO; ZANETIC,1999).

Entende-se que o Ensino Médio também tem o papel de formar o estudante com pensamento crítico e prepará-lo para as mudanças da sociedade, para que ele possa enfrentar as discussões sobre os diferentes contextos de desenvolvimento tecnológico e analisar de forma crítica as informações que se relacionam com a Ciência.

Por esses motivos o Ensino de Física Moderna e Contemporânea como um conteúdo integrante dos três anos do Ensino Médio é importante, pois auxiliará o estudante, nesta formação global, a pensar de maneira crítica e objetiva.

O objetivo geral é trazer uma proposta de ensino de Mecânica Quântica no Ensino Médio, de modo a fazer com que os estudantes tenham um pensamento crítico sobre os conceitos e as interpretações que são contrários ao Método Científico. É fundamental que os estudantes tenham capacidade de refletir sobre informações relacionadas aos fenômenos quânticos.

De modo mais específico, o objetivo é utilizar-se da análise do espectro de emissão de lâmpadas de sódio, mercúrio, incandescente e lâmpada fria para tal propósito.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O Ensino de Física Moderna vem sendo abordado em diversas publicações científicas, como Moreira (2001), Ostermann (1999, 2001,2002), Pietrocola et al. (2005), Terrazzan (1992), e com a elaboração de livros didáticos que abordam a Física Moderna e Contemporânea, como (MENEZES et al., 2013; PIETROCOLA et al., 2010; GASPAR, 2013; NANI 2013); livros que trazem os conteúdos de Física Moderna no 3º volume, comumente usados no terceiro ano do Ensino Médio (GASPAR 2013, FUKE; KAZUHITO, 2010. VÁLIO et al., 2016), assim como livros didáticos para os estudantes, que auxiliam na implementação da Física Moderna Contemporânea no currículo do Ensino Médio.

Segundo Rosa (2012) e Junior (1980), o ensino de Física no Brasil teve início legal em 1838, mas o início real, de maior abrangência, somente ocorreu em 1890 com a expulsão dos Jesuítas e pela influência da escola positivista, e tornou-se obrigatório no currículo nacional somente no ano de 1903.

Porém, somente no início da década de 1960 é que se iniciou o processo de pesquisa e discussão sobre o ensino de Física, após a implementação do *Physical Science Study Committe*, pelos Estados Unidos, conhecido como PSSC (MOREIRA, 2000). Já as primeiras reuniões sobre o Ensino de Física no Brasil iniciaram na década de 1970.

No fim do século XIX e início do século XX, o ensino era excessivamente voltado para os conteúdos de humanas, com ênfase em linguística, filosofia e retórica e poética, e as poucas aulas de Física eram expositivas, demonstrativas, com pouca ou nenhuma participação dos estudantes, se limitando a decorações de informações, conforme chama a atenção Rui Barbosa, na década de 1870:

A Ciência é toda observação, toda exatidão, toda verificação experimental. Perceber fenômenos, discernir relações, comparar as analogias e dessemelhanças, classificar as realidades e induzir as leis, eis a Ciência, eis, portanto o alvo que a educação deve ter em mira. Ora, os nossos métodos e os nossos programas tendem precisamente ao contrário (...). Em vez de educar nos estudantes os sentidos, de incentivá-los a pensar, a escola e o liceu entre nós ocupam-se exclusivamente em criar e desenvolver neles os hábitos mecânicos de decorar e repetir. A Ciência e o sopro científico não passam por nós” (RUI BARBOSA *apud* JUNIOR,1980, p. 12).

Nos dias atuais ainda existe os mesmos problemas, pois a maneira como o Ensino de Física é visto e a metodologia de Ensino de Física não se modificaram,

como verificado por Ricardo e Freire (2007, p. 262), “ao mesmo tempo em que a disciplina de Física parece não ter boa aceitação entre os estudantes, paradoxalmente, a Ciência Física desfruta de significativo prestígio na sociedade”.

Moreira (2014) faz uma crítica sobre o Ensino de Ciência no Brasil, sobre seu método memorização considerado um modelo bancário, onde o docente deposita o conteúdo e o discente é somente um ser passivo. Ele descreve o Ensino de Ciência no século XXI como:

Centrado no docente, na aprendizagem mecânica de conteúdos desatualizados. Basicamente do tipo “Ensino para testagem”, focado no treinamento para dar resposta corretas. Ao invés de buscar a interfaces e integrações entre disciplinas, as compartimentaliza ou supõe que não existem (MOREIRA, 2014, p. 10).

E contrapõe descrevendo como deveria ser o Ensino de Ciência no século XXI:

Centrado no aluno e no desenvolvimento de competências científicas como modelagem argumentação, comunicação e validação. Focado na aprendizagem significativa de conteúdos clássicos e contemporâneos. Fazendo uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação, por exemplo, em laboratórios digitais (MOREIRA, 2014, p. 10).

Uma preocupação comum entre os professores é se o ensino deve ser para a construção de um pensamento crítico, transmitindo o conhecimento para isso de forma adequada a este propósito, ou se deve preparar os estudantes para ingressar no Ensino Superior por meio do vestibular, ou por meio do exame nacional do ensino médio (ENEM), objetivando o acesso ao mercado de trabalho, posteriormente (ROSA; ROSA, 2005).

Essa dúvida é bem antiga, pois mesmo no Brasil Império esse problema existia, a educação voltada para preparação para o acesso ao Ensino Superior (JUNIOR, 1980).

Percebe-se que houve uma lacuna de 80 anos entre o início do Ensino de Física no Brasil e a preocupação em buscar soluções para uma melhoria do Ensino de Ciências.

E na busca de soluções e entendimento sobre o Ensino de Física no Brasil, em 1970 realizou-se o primeiro Simpósio Nacional do Ensino de Física (SNEF), tendo em 1973 e 1976 sua segunda e terceira edição.

E como mostrou Junior (1980), ao analisar as atas dos três primeiros simpósios nacionais, vê-se que os problemas relatados na década de 1970 ainda continuam válidos atualmente, se obteve pouca evolução na forma de ensinar Física e na solução dos problemas.

A heterogeneidade dessas realizações docentes se apresenta como uma gama extensa e variável de atitudes: desde a passividade derrotista do professor que, em ânimo para iniciativas, procura apenas “defender seu níquel”, até o entusiasmo desmedido, também prejudicial, daquele que contesta os programas e métodos e improvisa com os alunos uma falsa Ciência. (JÚNIOR, 1980, p. 71-72).

Por isso, o programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), espalhado por diversos polos pelo Brasil e inúmeras outras pesquisas continuam válidas e devem ser incentivados cada vez mais.

Não apenas a pesquisa, mas a aplicação real dos produtos, das pesquisas e dos artigos referentes ao Ensino de Física. Também se faz necessário incentivar os educadores, pois esse é outro problema que se mantém há muito tempo.

Aqui se tem uma transcrição de uma crítica apresentada ao congresso nacional pela Comissão de Instrução em novembro de 1903 por causa da completa desorganização do Ensino preparatório:

Remunerando mal os professores, muitos de competência duvidosa e não provada, pois não se submetem ao concurso (...), esses colégios podem ministrar "Ensino" barato e pronto, conferindo os diplomas que os fregueses almejam. (...) a fiscalização nunca é completa e eficaz. Quando não é cúmplice, é desidiosa, indiferente ou de absoluta incompetência, com raríssimas exceções. (JÚNIOR, 1980, p. 58)

Nesse sentido, para que exista uma mudança no Ensino de Física com a inclusão do Ensino de Física Moderna e Contemporânea, não apenas como um tópico especial, uma curiosidade, um trabalho de pesquisa ou de esforço individual de alguns professores, mas sim como um conteúdo real durante todo o Ensino Médio, é preciso haver a valorização da educação, do profissional da educação, haver investimento real e aplicação dos estudos e pesquisas que norteiam o Ensino de Física; assim como um acordo nacional para que todo o sistema de ensino brasileiro possa ser aprimorado, para que as dificuldades e reclamações possam ser minimizadas ou vencidas.

## 2.1 REFERENCIAIS E METODOLOGIA

David Paul Ausubel (1918-2008) nasceu nos estados unidos, em uma família judia, pobre e imigrante da Europa central. Foi médico, psicólogo, psiquiatria, educador, escritor e professor destas áreas. Aposentou-se da vida profissional em 1994, mas não parou de publicar livros. Propôs em 1963 uma teoria de aprendizagem, conhecida como a teoria Aprendizagem Significativa.

Segundo Moreira “Uma teoria de aprendizagem é, então, uma construção humana para interpretar sistematicamente a área de conhecimento que chamamos aprendizagem.” (MOREIRA 1999, p. 12).

A teoria significativa de Ausubel é uma teoria cognitiva (MOREIRA,1999, p. 152), está baseada em compreender o pensamento, o ato de conhecer, como se forma o conhecimento e como se organiza a informação no cérebro do estudante. A aprendizagem cognitiva aborda a cognição e o ato de conhecer. Moreira diz que

A filosofia cognitivista trata, então, principalmente dos processos mentais; se ocupa da atribuição de significados, da compreensão, transformação, armazenamento e uso da informação envolvida na cognição. (MOREIRA, 1999, p. 15)

Assim, a teoria da Aprendizagem Significativa está relacionada em como o estudante aprende, compreende o conhecimento e como esse processo ocorre em sua cabeça. Moreira descreve que a

Aprendizagem significativa é um processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, ou seja, este processo envolve a interação da nova informação com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel define como conceito subsunçor, ou simplesmente subsunçor, existente na estrutura cognitiva do indivíduo. (MOREIRA, 1999, p. 153)

Para Ausubel o estudante não é uma tábula rasa, mas carrega consigo conhecimentos que vão se acumulando pelos anos anteriores de estudo e pela aprendizagem do cotidiano.

Com os avanços tecnológicos permitindo o uso de computadores, *smartphones*, *tablets*, a sua maioria com acesso à internet, os estudantes estão expostos de forma descontrolada a um número crescente de informações que, em muitos casos, não possuem uma certificação acadêmica adequada.

É muito importante valorizar o conhecimento prévio do estudante, pois esse pode estar ligado a algum assunto a ser trabalhado em sala de aula, o que auxilia de forma considerável, como um elemento motivador, na aprendizagem do estudante. A esse conhecimento prévio, Ausubel dá o nome de *subsunçor*, ao qual Moreira (2012) o define como

o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimento do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles. O subsunçor pode ter maior ou menos estabilidade cognitiva, pode estar mais ou menos diferenciado, ou seja, mais elaborado em termos de significados. (MOREIRA, 2012, p.2).

Quando a informação nova se ancora em um subsunçor preexistente, ocorre a Aprendizagem Significativa. Esses conhecimentos prévios fornecem os suportes nos quais o novo conhecimento se apoia, daí o termo *ancoragem*.

Caso o assunto a ser trabalhado não esteja ligado a nenhum conhecimento prévio, temos neste caso uma aprendizagem mecânica, que se tornará no futuro um subsunçor para se fazer a ancoragem de outro assunto a ser ensinado.

Moreira ainda define que os “Organizadores prévios são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si.” (MOREIRA, 1999, p. 155). Eles são usados para facilitar a Aprendizagem Significativa de séries de ideias ou tópicos específicos:

A principal função do organizador prévio é a de servir de ponte entre o que o aprendiz já sabe e o que deve saber, a fim de que o material possa ser aprendido de forma significativa, ou seja, organizadores prévios são uteis para facilitar a aprendizagem na medida em que funcionam como "pontes cognitivas" (MOREIRA, 1999, p. 155).

Moreira ainda diz que:

Uma condição para a ocorrência da aprendizagem significativa é que o material a ser aprendido seja relacionável (ou incorporável) à estrutura cognitiva do aprendiz, de maneira não-arbitraria e não literal. [...] Outra condição é que o aprendiz manifeste uma disposição para relacionar de maneira substantiva e não-arbitraria o novo material, potencialmente significativo, à sua estrutura cognitiva (MOREIRA, 1999, p. 156).

Por isso é necessário ter um planejamento coerente, ajustado à turma, ao nível de conhecimento e às possibilidades de trabalho da escola, do estudante e do professor. É necessário também encontrar uma motivação para que os estudantes possam demonstrar e sentir interesse no conhecimento e no estudo.

O estadunidense Daniel T. Willingham (1961) é professor da universidade de Virgínia. Formado em psicologia, fez pesquisas com enfoque na aplicação dos resultados da psicologia cognitiva e da neurociência à educação básica.

No seu livro de 2009 “Porque os estudantes não gostam da escola?” ele nos diz que

Em resumo, foi dito que pensar é vagaroso, cansativo e incerto. Entretanto, as pessoas gostam de pensar - ou, mais especificamente, gostam de pensar quando acreditamos que a atividade mental oferece em troca a sensação agradável que surge com a solução de um problema. Portanto não há problema em afirmar que as pessoas evitam pensar nem em afirmar que as pessoas são naturalmente curiosas - a curiosidade induz a explorar novas ideias e novos problemas, mas quando o fazemos, rapidamente avaliamos quanto esforço mental será necessário para chegarmos a alguma conclusão. Se o esforço for demasiado ou mínimo, nós abandonamos o problema caso possamos (WILLINGHAM, 2009, p. 23).

Isso confirma o conceito de que a aprendizagem deve ser agradável ao estudante, e que o estudante precisa estar receptível para o ensino; deve ainda ter uma disposição ou pré-disposição para aprender. Ele ainda afirma que

As implicações para o Ensino soam um tanto desfavoráveis. Se as pessoas evitam pensar e não são boas nisso, o que dizer a respeito das atitudes dos alunos em relação à escola? [...] Devido ao fato de pensar ser tão cansativo, as condições precisam ser ideais para que essa curiosidade prospere, ou nós desistiremos de pensar quase instantaneamente (WILLINGHAM, 2009, p. 20).

É preciso encontrar um sistema onde a solução de problemas ofereça uma sensação de progresso e de evolução, para que o estudante se sinta animado e tenha vontade de buscar mais conhecimento, ou compreenda a necessidade do estudo de determinado assunto pois,

quando resolvemos um problema, nosso cérebro recompensa-se a si mesmo com uma pequena dose de dopamina, uma substância natural significativa para as funções de prazer ao cérebro (WILLINGHAM, 2009, P. 21).

É preciso ficar atento para não propor trabalhos fáceis demais a ponto de aborrecê-los, ou difícil demais a ponto de desmotivá-los. E em vez de tornar a atividade mais fácil, seria possível tornar o pensar mais fácil?

Logicamente nem todos os momentos escolares são agradáveis, a ponto de proporcionar prazer ou estímulo positivo, mas é preciso mostrar aos estudantes essas variações, que há momentos que teremos vontade de resolver os problemas, e outros, que resolveremos por necessidade.

Willingham propõe uma forma de assegurar que os estudantes obtenham satisfação no estudo. Para isso, é necessário que o professor:

- *Certifique-se de que há problemas a serem resolvidos:*

O problema não é necessariamente uma questão, ou uma atividade, mas pode indicar se há um desafio cognitivo para o estudante resolver. Durante o processo ensino-aprendizagem o estudante precisa ter a oportunidade de pensar, de resolver problemas e de vencer algum desafio cognitivo.

A solução desses desafios cognitivos faz com que os estudantes ancorem os conhecimentos novos nos seus subsunçores e sintam prazer neste processo.

- *Respeite os limites cognitivos dos alunos:*

Os desafios cognitivos não podem ser fáceis demais ou difíceis demais, como já mencionado. É preciso conhecer os limites cognitivos dos estudantes para propor desafios de níveis variados, mas que possam ser solucionados por todos, pois as pessoas têm um limite de armazenagem de memória de uma só vez. Mas é também necessário propor alguns desafios que ultrapassem os limites para estimular os estudantes.

- *Esclareça os problemas a serem resolvidos:*

Os problemas devem ser claros e objetivos, tanto para o professor quanto para o estudante, pois, com um grupo tão heterogêneo - conforme geralmente se configura em uma sala de aula - os problemas propostos devem estar de acordo com a realidade vivenciada na sala de aula.

- *Reavalie o momento de propor problemas aos alunos:*

É importante saber quando propor esses problemas: se no início de uma aula, durante ela ou ao final de uma etapa. Para cada aula é preciso analisar o momento correto.

- *Aceite e trabalhe com os variados níveis de preparo dos alunos:*

Com base nos limites cognitivos, é preciso respeitar os níveis de preparo dos estudantes. Cada estudante tem sua história de vida, tem seu conhecimento prévio e é necessário compreender e trabalhar com esses diferentes níveis de preparo.

- *Alterne o ritmo:*

É preciso buscar a todo o momento a atenção dos estudantes, uma forma de fazê-lo mudar a atenção, hora para uma atividade hora para outra, sempre de forma planejada.

- *Mantenha um diário:*

Neste ponto, o autor nos lembra que é preciso analisar sempre o que foi realizado, para que os resultados positivos sejam repetidos e as falhas sejam corrigidas, com base em atividades reelaboradas ou descartadas, sempre levando em consideração a experiência de cada profissional.

Conforme Ausubel e Willingham, a aprendizagem é um processo cognitivo no qual precisa ser compreendido o processo de aprendizagem do estudante, isto é, onde está ancorado o seu conhecimento, quais seus subsunçores e conhecimentos prévios, objetivando preparar uma unidade de ensino didática, de forma que o ato de pensar não se torne algo demasiadamente cansativo, complicado e nem demasiadamente simples - com alto grau de facilidade -, mas que o ato de aprender se torne encantador, significativo e lógico.

## 2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A aplicação do produto se baseou nos referenciais de Ausubel e Willingham e na revisão de literatura, nos quais foram defendidas as necessidades do estudante estar motivado (WILLINGHAM, 2009), ser participativo e que se deve respeitar seus conhecimentos prévios (MOREIRA, 1999).

As aulas foram iniciadas com uma conversa com os estudantes, com algumas perguntas que extraíram de seus conhecimentos prévios os conceitos de lâmpadas, seus tipos e modelos de funcionamento, para então começar a introduzir uma explicação sobre como é o funcionamento das lâmpadas e os métodos de emissão de luz.

Após essa conversa inicial, se deu início a explicação a respeito da evolução dos modelos atômicos, explanando acerca da definição de Modelo Científico e a construção do conhecimento através da participação e colaboração de vários

pesquisadores, sempre obedecendo ao Método Científico. Foi necessário explicar sobre o Método Científico e as pesquisas e investigações das linhas espectrais.

Utilizando as lâmpadas de vapor de sódio, de vapor metálico, fluorescente, de luz ultravioleta, lâmpada incandescente ou halógena e rede de difração, realizou-se o experimento proposto para a visualização das linhas de emissão de cada lâmpada e discutiu-se com eles o fenômeno observado e quais conclusões eram possíveis obter.

Feita a discussão e as observações pelos estudantes e orientadas pelo professor, prosseguiu a explicação do fenômeno, discutindo como só foi possível explica-lo utilizando os conceitos de energia quantizada do átomo de Bohr.

Em seguida foi utilizado um LED ou lâmpada de LED, para que os estudantes observassem também o seu espectro de emissão e explicassem seu funcionamento baseado na Física Moderna. Como só foi possível a criação das telas de LED após a fabricação do LED Azul e, conseqüentemente do LED Branco, foi explicitado para eles que esse é um acontecimento recente e que ainda existem muitas possibilidades de descoberta dentro da Ciência.

Quadro 1 - Planejamento das aulas e os objetivos de cada etapa

(continua)

ENCONTRO	ATIVIDADE	OBJETIVO
Aula 1	Aula expositiva e argumentativa sobre a evolução dos modelos atômicos, explanação sobre Modelo Científico e Método Científico.	Retomar os conceitos dos modelos atômicos, com foco no conceito de Modelo Científico e apoiado no Método Científico, de modo que as discussões sejam encaminhadas em torno da necessidade de se obedecer ao Método Científico, refutando os conceitos que a ele não obedece e conscientizando que ciência se faz em conjunto.
Aula 2	Divisão dos conceitos de Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea e conceitos básicos de Mecânica Quântica.	Apresentar as divisões entre os conceitos de Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea e suas principais diferenças. Demonstrar os trabalhos iniciais da Mecânica Quântica, como efeito fotoelétrico, radiação de um corpo negro, Efeito Compton, com ênfase nos conceitos, para que os estudantes reconheçam a diferença entre eles e compreendam suas bases teóricas. Sem a

Quadro 1 - Planejamento das aulas e os objetivos de cada etapa

(Conclusão)

ENCONTRO	ATIVIDADE	OBJETIVO
		necessidade de se enfatizar os conceitos matemáticos.
Aula 3	Conceitos básicos de Eletromagnetismo, onda eletromagnética, e linhas espectrais.	Com o uso de mídias e aula expositiva, demonstrar e discutir com os estudantes os conceitos de onda eletromagnética, sua natureza, seu espectro e o que representa. Trazer as pesquisas de Fraunhofer, Busen e Kirchhoff, para construir com os estudantes os conhecimentos prévios para a aplicação do experimento e sua posterior discussão.
Aula 4	Leis de Kirchhoff para a espectroscopia, relação da espectroscopia e as luzes das estrelas.	Trabalhar as leis de Kirchhoff para a espectroscopia e fazer uma discussão com os estudantes sobre sua relação com as luzes das estrelas, relacionando com as pesquisas de Fraunhofer.
Aula 5	Realização do experimento	Apresentar para os estudantes o experimento e realizar a prática da visualização do espectro de emissão das lâmpadas e, a partir disso, fazer uma discussão sobre suas causas, as diferenças entre cada lâmpada e quais as teorias relacionadas a elas.
Aula 6	Espectro das lâmpadas; LED	Expandir a discussão sobre os espectros de emissão das lâmpadas com as teorias da Mecânica Quântica, com o Átomo de Bohr e a quantização dos orbitais, as leis de Kirchhoff e trazer o conceito de LED e a necessidade da descoberta do LED azul para a construção do LED branco e as possibilidades de pesquisas ainda necessárias, mostrando que a ciência não está acabada, mas em pleno desenvolvimento; e retornar com eles o uso de termos da Mecânica Quântica na pseudociência.

Fonte: O autor

É preciso, dentro das explicações apresentadas aos estudantes, estimulá-los a buscar esclarecimentos sobre o espectro contínuo e discreto das lâmpadas, a explicação de como ocorre esse fenômeno, para que, com base nas suas falas,

possam descrever os conceitos científicos, mostrando que cada átomo tem uma emissão de linhas espectral única sendo usada para sua identificação, e salientar que somente com o uso dos conceitos de Mecânica Quântica e do uso do Método Científico é possível compreender o fenômeno das linhas de emissão e absorção espectral.

Deve-se também abrir uma discussão sobre as evoluções do conhecimento científico e que as pesquisas e conclusões devem ser feitas a partir de uma metodologia bem embasada e estruturada.

É necessário também discutir com os estudantes sobre a apropriação de conceitos sem um prévio questionamento e sem uma metodologia apropriada, e a divulgação dessas informações como sendo verdadeiras e apoiadas por conceitos formalizados por meio de livros, sítios da internet e palestras destinadas ao público em geral.

Também se deve alertar sobre a necessidade de se analisar as informações, elementos inovadores e surpreendentes que utilizam termos quânticos que não demonstram cientificamente esses conceitos, fazendo relações superficiais de conceitos complexos com conceitos diversos sem uma base metodológica suficiente para essas relações.

O produto foi aplicado nas turmas do 3ºA com 30 estudantes e 3ºB com 29 estudantes do Colégio Estadual Cruzeiro do Sul em Curitiba-PR no ano de 2017 no período da manhã.

A condução dos conteúdos teve algumas diferenças entre as turmas. O objetivo era analisar se a explicação da quantização dos níveis de energias proposta por Niels Bohr em 1913, implicaria em resultados distintos antes ou depois da aplicação do produto.

No 3ºA foi explicado os conceitos de Física Moderna e as linhas de espectrais dos átomos, realizado o experimento e aberto uma roda de discussão e perguntas, feito a conclusão e avaliado o nível de compreensão dos estudantes sobre o conteúdo.

Na primeira aula apresentou-se a rede de difração aos estudantes, a qual eles puderam manipulá-la, observando a luz emitida pelas luzes fluorescentes da sala de aula, a luz solar refletida nas lajotas da parede e nas luzes de LED dos celulares.

Muitos estudantes tiveram dificuldade em manipular a rede de difração porque grande parte dos estudantes observava apenas o espectro contínuo da luz devido à claridade natural da sala de aula.

Na segunda e terceira aula foi apresentado um texto sobre a evolução do Modelo Atômico, sobre Física Moderna, e explicado os primeiros passos da Mecânica Quântica relativo ao fenômeno da radiação do corpo negro, da catástrofe do ultravioleta, da quantização de Max Planck, do efeito foto elétrico, e o átomo de Bohr com a quantização dos níveis de energia e transição dos elétrons entre as camadas.

Na quarta aula os estudantes foram ao laboratório e formaram equipes de quatro ou cinco pessoas. Observaram a luz emitida por uma lâmpada de sódio, uma lâmpada de vapor metálico, uma lâmpada de fluorescente, uma lâmpada halógena e uma lâmpada de luz negra, anotando suas observações.

A observação foi realizada com uma lâmpada de cada vez e com um par de lâmpadas acesa para comparar as linhas espectrais observadas. No começo, alguns estudantes tiveram dificuldades para entender como realizar o experimento e o que observar durante o mesmo. No entanto, com a orientação do professor, logo entenderam e passaram a colaborar entre si para que todos pudessem identificar e observar os espectros de emissão das lâmpadas.

Na quinta aula foi retomada a explicação sobre as linhas espectrais, relacionando a teoria com o experimento realizado, e mostrando também as linhas de espectrais de outros elementos para que os estudantes percebessem que todo o átomo tem um padrão único. Foi solicitado aos estudantes que respondessem a um questionário.

Na sexta aula foi retomado o conceito de linhas espectrais, explicado o funcionamento do LED e comentado sobre o prêmio Nobel de Física de 2014. Foi explicitado a importância e a revolução do LED - como só foi possível sua criação com o conhecimento da Mecânica Quântica -, a importância da pesquisa obedecendo ao Método Científico e o cuidado que se deve ter com divulgações de conceitos físicos sem os critérios adequados do Método Científico. Após isso, foi passado mais um questionário final para os estudantes e encerrada a aplicação do produto.

Em resumo, no 3º B foi explicado a evolução do Modelo Atômico e os conceitos básicos da Física Moderna sobre o átomo de Bohr, mas sem comentar sobre os saltos quânticos e as linhas espectrais.

Logo após, foi realizado o mesmo experimento da turma do 3º A. Então foi aberta uma roda de discussão, buscando incentivar os estudantes a explicarem o que foi observado.

Em seguida, foi explicado o porquê do fenômeno observado, elaborada as conclusões e realizada uma avaliação, com o intuito de coletar dados para a análise do nível de compreensão dos estudantes sobre o conteúdo.

Na primeira e segunda aula foi apresentado um texto sobre a evolução do Modelo Atômico e sobre a Física Moderna. Além disso, a explicação estendeu-se sobre os primeiros passos da Mecânica Quântica, sobre o fenômeno da radiação do corpo negro, da catástrofe do ultravioleta, da quantização de Max Planck e do efeito fotoelétrico.

Na terceira aula os estudantes foram ao laboratório, onde formaram equipes de quatro ou cinco pessoas. Observaram a luz emitida por uma lâmpada de sódio, uma lâmpada de vapor metálico, uma lâmpada fluorescente, uma lâmpada halógena e uma lâmpada de luz negra.

A observação foi realizada com uma lâmpada de cada vez e com um par de lâmpadas acesas para comparar as linhas espectrais observadas. Os estudantes responderam a um questionário durante a realização do experimento, sendo permitido terminá-lo em casa, semelhante ao ocorrido com a turma 3<sup>o</sup>A.

No começo, alguns estudantes também apresentaram algumas dificuldades para entender os procedimentos para a realização do experimento. Por não terem manipulado anteriormente a rede de difração, eles precisaram de mais tempo para se familiarizar com a rede de difração e identificar o que observar no experimento.

No entanto, logo que eles entenderam, cooperaram mutuamente para que todos observassem e compreendessem o experimento.

Na quarta aula foi então aberta uma roda de discussão para que os estudantes falassem sobre o experimento e o porquê das linhas espectrais observadas.

Após isso, foi explicado aos estudantes sobre as três leis de Kirchhoff para o estudo do espectro, o átomo de Bohr e as transições eletrônicas.

Também, discutiu-se a relação dessas transições com as linhas do espectro das lâmpadas, relacionando o experimento com a teoria, e mostrado as linhas de espectrais de outros elementos para que os estudantes percebessem que todo o átomo tem um padrão único.

Após todo esse procedimento, foi solicitado para que os estudantes respondessem a um questionário.

Na quinta aula foi retomado o conceito de linhas espectrais e explicado o funcionamento do LED e comentado a respeito do prêmio Nobel de Física de 2014, a

importância e a revolução do LED, como só foi possível sua criação com o conhecimento da Mecânica Quântica e a importância da pesquisa obedecendo aos requisitos do Método Científico, e o cuidado com a divulgação de conceitos físicos, sem os critérios adequados.

Em seguida, foi aplicado um questionário final aos estudantes e encerrada a aplicação do produto.

O produto foi novamente aplicado no mês de abril de 2018, no Colégio João Ribeiro de Camargo em Colombo-PR, na turma do 3º ano A, do período da manhã.

A turma contava com 31 estudantes, sendo a única turma de 3º ano no período. As aulas foram ministradas às sextas-feiras e em duas aulas de 50 minutos não geminadas.

No primeiro dia de aplicação foi retomado o assunto sobre os Modelos Atômicos, a sua evolução, a necessidade da pesquisa e do uso do Método Científico, bem como da concepção de um Modelo Científico.

Também foi discutido sobre o espectro eletromagnético, assim como as propriedades das ondas. Foi apresentado também um vídeo didático para auxiliar na compreensão da evolução atômica e na compreensão a respeito do espectro eletromagnético.

Na segunda aula do dia foi discutido o assunto relacionado ao nascimento da Física Moderna e Contemporânea, sua diferença com a Física Clássica e foram explicados os conceitos básicos de radiação do corpo negro, efeito fotoelétrico, efeito Compton e a quantização de energia de Max Planck.

Na semana seguinte foram apresentadas para os estudantes as linhas espectrais e as leis de Kirchhoff para a espectroscopia e explicado a evolução histórica das linhas espectrais.

Na segunda aula do dia, foi explicado como seria o experimento e foi realizada a observação do espectro de lâmpadas e pedido que respondessem o relatório do experimento.

Na terceira semana foram demonstrados as relações entre os espectros discretos e o átomo de Bohr, usando um simulador para a visualização do modelo do átomo de Bohr e os saltos quânticos dos elétrons. Também foi apresentado o modelo eletrônico do átomo com auxílio de um vídeo.

Na segunda aula do dia, foi discutido sobre os LEDs, os semicondutores, o prêmio Nobel de 2014 e finalmente solicitado que eles respondessem a lista de exercícios sobre Física moderna.

Ao final das aulas foi proposto um questionário aos estudantes para verificar a compreensão dos conceitos explicados.

Esses questionários foram analisados como satisfatórios, insatisfatórios ou parcialmente satisfatórios, com base nos conceitos trabalhados e fundamentados nas teorias científicas (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 2016; NUSSENZYEIG, 1998; TIPLER e MOSCA 2006).

### 2.3 A CONCEPÇÃO DO PRODUTO

A partir das seções 1.2 e 2.1, percebesse que o Ensino de Física no Brasil ficou por muito tempo sem ser repensado. Somente nos últimos 50 anos é que se efetivou essa preocupação de pensar o Ensino de Física no Brasil (JUNIOR, 1979, 1980).

Já houve várias melhorias, porém não se pode deixar de buscar melhorar as práticas de Ensino e a reformulação do conteúdo do Ensino Básico, conforme discutido na revisão de literatura.

A motivação para a escolha do tema, dos colégios de aplicação e da elaboração do produto se deve ao fato da necessidade da renovação do currículo escolar na escola pública no Brasil, principalmente as localizadas em regiões periféricas e que necessitam de incentivo educacional (BROOKE, 2006; PRETTO, 2006; TORRES, 2008), para haver o aprendizado da utilização de equipamentos simples e adequados aos experimentos e não somente reutilizar ou reciclar materiais para sua execução.

Na escola pública é preciso trabalhar com materiais novos para elevar o brio dos estudantes e da comunidade, para que todos tenham acesso a uma educação de qualidade. Também é preciso levar certa autonomia científica para os estudantes, com o intuito de combater falácias e pseudociências que possam prejudicar os estudantes e a sociedade.

### 3 REFERENCIAIS TEÓRICOS

Este referencial teórico traz alguns conceitos necessários para a aplicação do produto, pois é importante discutir conceitos educacionais e também os conceitos físicos.

#### 3.1 ELETROMAGNETISMO

Ao unificar a eletricidade e o magnetismo e demonstrar que a luz é uma onda eletromagnética, o Físico Escocês James Clark Maxwell (1831-1879), promoveu uma grande contribuição para a física, e descreveu o que hoje são conhecidas como as quatro equações de Maxwell

$$\text{rot}B = \mu_0 \cdot \varepsilon_0 \cdot \frac{\partial E}{\partial t} + \mu_0 i \quad (1)$$

$$\text{rot}E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (2)$$

$$\text{div}E = \frac{\rho}{\varepsilon_0} \quad (3)$$

$$\text{div}B = 0 \quad (4)$$

Maxwell mostrou que estas equações podem ser combinadas para fornecer uma equação de onda para os vetores campo elétrico e campo magnético E e B. Tais ondas eletromagnéticas são geradas por cargas aceleradas. (TIPLER e MOSCA, 2006, p.332)

Ondas são perturbações que se propagam pelo espaço carregando energia, e não matéria. As ondas são classificadas em relação a sua natureza de perturbação como ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, e em relação à direção de propagação, como ondas longitudinais e ondas transversais.

Uma onda eletromagnética é uma onda transversal que se propaga pela variação do campo magnético e do campo elétrico. As ondas eletromagnéticas têm um amplo espectro, que vai desde as ondas de rádio até a radiação cósmica.

As ondas eletromagnéticas podem ser caracterizadas pela sua amplitude, sua polarização, sua velocidade de propagação, sua frequência e seu comprimento de onda.

A amplitude de uma onda é o valor máximo da perturbação e está relacionado à intensidade da onda.

A polarização ocorre quando se define um único sentido de perturbação para a onda eletromagnética. Não conseguimos perceber a polarização da luz com os nossos olhos.

A velocidade de propagação é a velocidade com a qual a onda se propaga em um meio,

Maxwell mostrou que suas equações preveem a rapidez das ondas eletromagnéticas no espaço livre como

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \cdot \epsilon_0}} \quad (5)$$

[...] Atualmente, o valor de  $c$  é definido como 299 792 458 m/s (TIPLER e MOSCA, 2006, p.332).

A frequência é a medida em números de oscilações que a perturbação faz em cada unidade de tempo, e está relacionada à energia da onda.

Já o comprimento de onda é a distância entre dois pontos que se repete de uma onda. Podemos relacionar a cor de uma onda, no espectro do visível, pelo seu comprimento de onda.

### 3.2 MODELOS ATÔMICOS

Na Grécia antiga foi denominado por Demócrito (546-460 A.C) que o átomo é a menor partícula indivisível dos materiais, porém pouco evoluiu essa teoria.

Somente no início do século XIX é que o estudo sobre a natureza dos corpos e a construção de Modelos Científicos sobre o átomo foi retomado.

Segundo Sayão (2001), um Modelo Científico pode ser entendido como

Uma criação cultural, um “mentefato”, destinado a representar uma realidade, ou alguns dos seus aspectos, a fim de torná-los descritíveis qualitativa e quantitativamente e, algumas vezes, observáveis (SAYÃO, 2001, p.83).

E complementa dizendo que “São, portanto, representações simplificadas inteligíveis do mundo, que permitem vislumbrar características essenciais de um domínio ou campo de estudo” (SAYÃO, 2001, p.83).

Os modelos atômicos mais conhecidos são o modelo atômico de Jonh Dalton (1766-1844), conhecido como modelo de bola de bilhar, que retomou a ideia de uma partícula indivisível para a matéria.

O modelo de Joseph John Thomson (1856-1940), conhecido como modelo de pudim de passa, introduziu os conceitos de o átomo ser constituído de cargas positivas e negativas.

O modelo de Ernest Rutherford (1871-1937), conhecido como modelo planetário, determinou que o átomo é constituído de um núcleo de cargas positivas e neutras de uma eletrosfera com cargas negativas.

O modelo de Niels Bohr (1885-1962) fez algumas correções no modelo de Rutherford utilizando conceitos da então recente quantificação da energia, estudada por Max Planck (1858-1947).

Nesse modelo, Bohr resolveu o problema da estabilidade do modelo atômico de Rutherford. Dizia ele que só é permitido ao elétron ocupar níveis energéticos, nos quais ele se apresenta com valores de energia múltiplos inteiros de um fóton, ou seja, o elétron só poderia ocupar níveis de energias específicas e sua transição de um nível para outro só seria possível se a energia recebida ou liberada pelo elétron fosse igual a diferença entre os níveis de energia.

Reformulando a teoria atômica a partir da quantização de energia de Planck, Bohr propôs alguns postulados, incluindo algumas hipóteses implícitas, que não foram formuladas diretamente nos seus artigos.

Esses postulados foram importantes para a interpretação teórica da fórmula empírica de Balmer para o espectro visível.

- I. Os átomos produzem uma linha por vez.
- II. Um único elétron é responsável por uma emissão.
- III. A estrutura do átomo reproduz o modelo de Rutherford.
- IV. A produção de espectros é um fenômeno quântico (ocorre por saltos).
- V. Um átomo existe em diferentes estados que diferem por valores discretos do momento angular e energia.

Este princípio havia sido estabelecido independentemente por Paul Ehrenfest (1913).

- VI. O momento angular é múltiplo inteiro de

$$L = n \cdot \hbar \text{ onde } \hbar = \frac{h}{2\pi}. \quad (6)$$

**VII.** Dois estados distintos estão envolvidos numa transição.

**VIII.** A Equação de Planck-Einstein vale para emissão/absorção

**IX.** É preciso renunciar a toda tentativa de visualizar ou explicar classicamente o comportamento do elétron ativo durante o processo de emissão de um átomo de um estado estacionário para outro.

### 3.3 QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA

Desde 1897, emissão de radiação de um corpo negro era um problema que não tinha solução, pois os conceitos teóricos previam que quanto maior a temperatura de um corpo, mais energia ele deveria emitir, levando a conclusão de que era uma emissão infinita; mas ao realizar experimentos, uma curva característica e com energia bem definida era encontrada, fato esse que não tinha explicação.

Para solucionar o problema, Max Planck propôs que a energia não era emitida ou absorvida de forma contínua, mas em pequenas partes múltiplas de uma quantidade mínima, a qual deu o nome de *quantum*.

Para obter acordo com a experiência, Planck postulou que a troca seria “quantizada”: um oscilador de frequência  $\nu$  só poderia emitir ou absorver energia em múltiplos inteiros de um quantum de energia

$$E = h \cdot \nu = \hbar \cdot \omega \quad (7)$$

[...] Planck procurou por muitos anos, com grande esforço, encontrar uma explicação para o seu postulado dentro da física clássica. Acabou, muito a contragosto, convencendo-se que isso não seria possível (NUSSENZEIG p.247,248,249, 1998).

Planck ainda tinha a esperança de que alguém provasse que seu ato de desespero estivesse errado e o corrigisse, porém ele foi laureado em 1918, com o prêmio Nobel pela inovação realizada.

Usando da teoria de Planck, Albert Einstein (1879-1955) explicou o efeito fotoelétrico. Na metade do século XIX, foi observado que radiações eletromagnéticas, ao incidirem sobre a superfície de uma placa metálica, faziam com que elétrons pertencentes a ela escapassem, após absorverem energia. Esse fenômeno é denominado efeito fotoelétrico e não era explicado pela física clássica.

Einstein utilizou da noção de quantização da energia proposta por Planck e postulou que a energia era quantizada, chamando-a de fóton.

Ele sugeriu que cada fóton transporta um quantum de energia, ou seja, em lugar de se espalhar nas frentes de ondas, como estabelecida a teoria eletromagnética, a energia é transportada em pacotes discretos.

Com isso, Einstein conseguiu explicar que a emissão depende da frequência, pois ela está relacionada com a energia do fóton e não com a intensidade da luz

O físico americano R. A. Millikan não acreditou na explicação de Einstein, e passou os dez anos seguintes fazendo uma série de experiências com o objetivo de demonstrar que a predição de Einstein era incorreta. O resultado foi que, nas palavras de Millikan "...contra todas as minhas expectativas, vi-me obrigado em 1915 a afirmar sua completa verificação experimental, embora nada tivesse de razoável, uma vez que parecia violar tudo o que conhecíamos sobre a interferência da luz" (NUSSENZEIG p. 252, 1998).

Compton (1892-1962), após realizar alguns estudos sobre a interação entre a radiação e matéria, percebeu um feixe de raios X sofria um espalhamento quando incidia sobre um alvo de carbono.

Foi percebido por experimentos que a frequência dos raios X sempre se modificava em relação a frequência de incidência, o que contraria a teoria clássica, que diz que a frequência depende exclusivamente da fonte.

Inspirado na explicação de Einstein para o efeito fotoelétrico, Compton interpretou os raios X como sendo feixes de partículas e a interação como sendo uma colisão de partículas.

"Finalmente, Compton tratou então o espalhamento como uma colisão entre um fóton, de energia  $E_{\gamma 0}$  e momento  $p_{\gamma 0}$  e um elétron livre, inicialmente em repouso" (NUSSENZEIG p. 255, 1998).

Portanto, Compton determinou que a variação do comprimento de onda do feixe de raio X é dado por

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \left(\frac{h}{m_0 c}\right) \cdot (1 - \cos\theta) \quad (8)$$

Essa equação é surpreendente, pois relaciona uma grandeza própria da matéria (momento linear) com uma grandeza própria da ondulatória (comprimento de

onda) e descreve que o momento linear não pode ser escrito como a relação entre massa e velocidade, porque o fóton não tem massa.

Em sua tese de doutorado, em 1924, o Príncipe de Broglie (1892-1987) mostrou que o momento de cada fóton, ou qualquer partícula, é dado por

$$p = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c} \quad (9)$$

O valor de  $\lambda$  é chamado de comprimento de onda de de Broglie da partícula.

### Segundo de Broglie

A determinação do movimento estacionário dos elétrons introduz números inteiros; ora, até aqui os únicos fenômenos em que intervinham inteiros na física eram os de interferência e modos normais de vibração. Esse fato me sugeriu a ideia de que também os elétrons não deveriam ser considerados somente como corpúsculos, mas de que deveriam estar associado com periodicidade (NUSSENZEIG, p.272, 1998).

Também propôs a quantização dos níveis de energia do átomo. Erwin Schroedinger (1887-1961) proporcionou um melhor entendimento sobre a quantização dos níveis de energia do átomo de de Broglie e, juntamente com Niels Bohr, assumiu que a órbita do elétron deveria conter um número inteiro de comprimentos de onda:

$$2\pi r = n\lambda_e \quad (10)$$

Onde  $n$  só assume números inteiros, ou seja, mostra que as órbitas são quantizadas. Os elétrons não emitem radiação estando nessas órbitas.

Para o átomo de hidrogênio essa teoria mais simples dá os resultados corretos.

Portanto, quando um elétron salta de um nível de maior energia para um nível de menor energia, ele emite um fóton com a energia exata da diferença entre os dois níveis, assim como para ele passar de um nível de menor energia para um de maior energia, deve absorver um fóton com a energia da diferença dos níveis.

Desta maneira, a detecção de uma linha espectral com este comprimento de onda, em emissão ou absorção, constitui evidência da presença do hidrogênio. Em 1929 de Broglie recebeu o prêmio Nobel de Física.

### 3.4 A ORIGEM DAS LINHAS ESPECTRAIS: ÁTOMOS E LUZ

Espectro é uma representação das amplitudes ou intensidades, o que geralmente traduz-se por energia dos componentes ondulatórios de um sistema, quando discriminadas uma das outras em função de suas respectivas frequências ou comprimentos de onda. Também se entende o espectro com a intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda.

Podemos pegar como o exemplo as cores do arco-íris, que representam o espectro visível da luz.

Wollaston (1766-1828), Fraunhofer (1787-1826), Bunsen (1811-1899), Kirchhoff (1824-1887) observaram linhas claras e escuras ao analisar o espectro solar e de algumas estrelas. Até 1820 Fraunhofer já havia catalogado 574 linhas escuras no espectro solar.

Bunsen e Kirchhoff também observaram linhas claras no espectro de alguns elementos químicos ao serem colocados no fogo.

Buscando compreender o que eram essas linhas claras e escuras observadas nos espectros de elementos químicos e nas luzes de estrelas, Kirchhoff realizou diversos experimentos formulando três leis para a espectroscopia, listadas a seguir.

1) Um espectro contínuo é emitido por um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso.

2) Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

3) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

A radiação térmica solar, que tem um espectro contínuo, é parcialmente absorvida ao atravessar a atmosfera do Sol, e as linhas escuras sinalizam a presença do elemento ao qual estão associados nessa atmosfera. Essa descoberta de Kirchhoff e Bunsen serviu de base à análise da composição química das estrelas em astrofísica, através do seu espectro de absorção (NUSENZEIG, p.260, 1998).

O espectro contínuo está relacionado às velocidades diferentes dos átomos e os comprimentos de ondas que se deslocam pelo efeito Doppler. Quando átomos interagem com outros, as linhas espectrais são alargadas.

Quando um conjunto de átomos interage fortemente, como em um sólido, líquido, ou gás opaco, todas as linhas são tão alargadas que produzem um contínuo térmico.

### 3.5 ESPECTROSCOPIA E A LUZ DAS ESTRELAS

As linhas escuras no espectro estelar estão associadas a um elemento químico na atmosfera da estrela.

Porém, como elas têm temperaturas diferentes, os espectros não são iguais, porque para estrelas como o sol, as temperaturas são muito mais baixas e o hidrogênio está no estado fundamental, sendo assim, poucas colisões que sejam energéticas o suficiente para excitar o hidrogênio podem acontecer.

Já em estrelas com temperaturas muito mais altas, o hidrogênio está quase todo ionizado, devido às frequentes colisões e, novamente, existem muito poucos átomos excitados.

### 3.6 O ESPECTRO DAS LÂMPADAS

A necessidade de uma iluminação nas ruas e casas sempre foi uma busca da sociedade, que de início usava lamparinas a gás ou fluido como querosene para acender uma tocha e iluminar seu caminho.

As lâmpadas são de grande utilidade no cotidiano da sociedade, tanto para as residências, ruas e empresas, pois elas ajudam a iluminar os ambientes para a leitura, os estudos, as conversas, o trabalho, a segurança, entre outras utilidades.

Hoje temos no mercado vários tipos de lâmpadas, como as lâmpadas incandescentes, lâmpadas halógenas, lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de vapores e lâmpadas de LED.

Cada uma destas lâmpadas tem coloração e espectros característicos conforme a forma de produção de luz, do vapor ou do gás contido em seu interior.

As lâmpadas incandescentes e halógenas, por produzirem a luz a partir do aquecimento de um filamento de tungstênio, através do efeito Joule, apresentam o espectro contínuo conforme previsto na primeira lei da espectroscopia de Kirchhoff.

As lâmpadas fluorescentes comerciais, por conterem em sua constituição gás de mercúrio, têm como espectro característico o espectro do mercúrio.

As lâmpadas de vapor apresentam o espectro do vapor, que se encontra no seu interior. As mais comuns são as de vapor de sódio, vapor de mercúrio e vapor metálico, que contêm iodetos metálicos.

As lâmpadas de LED apresentam um espectro muito característico conforme sua constituição, sendo as cores bem acentuadas.

### 3.7 LED

Em 1961, pesquisadores dos Estados Unidos da América descobriram que o GaAs (Arsenieto de Gálio) emitia radiação infravermelha quando percorrida por uma corrente elétrica. A radiação infravermelha não é visível pelo ser humano a olho nu; somente em 1962 a General Electric conseguiu obter luz visível (vermelha) a partir de um LED. (WANDERLEY, p.6, 2014)

Em 1971 surgiu o LED azul, mas sua intensidade luminosa era muito baixa. Somente em 1989 é que surgiram os primeiros LEDs azuis comerciais, o que permitiu a criação dos diversos dispositivos visuais a LED (TV de LED, Painéis *RGB*, etc.) (WANDERLEY, p.6, 2014)

O processo de um componente eletrônico capaz de emitir luz visível, transformando energia elétrica em energia luminosa é chamado de eletroluminescência.

Com o passar dos anos e com o desenvolvimento da tecnologia, novas cores de LED foram desenvolvidas. O LED não emite luz monocromática, mas sim uma faixa pequena de determinadas cores.

Os LEDs são feitos de materiais semicondutores. Substituindo alguns dos seus átomos por outros, em um processo chamado de dopagem, é possível controlar a cor emitida pelo dispositivo.

Os LEDs brancos, também conhecidos como *RGB* (do inglês, *RED*, *GREEN* e *BLUE*) são formados por três LEDs: um vermelho, um verde e um azul.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, se descreve as características dos colégios, um resumo aula por aula e os resultados, bem como as discussões detalhadas referentes à aplicação do produto.

O produto foi aplicado em três formas diferentes e em dois momentos distintos. No segundo semestre de 2017, foi aplicado simultaneamente para duas turmas no município de Curitiba, com uma alteração na condução do conteúdo.

Já no primeiro semestre de 2018, foi aplicado para uma turma no município de Colombo. Essas diferenças nas aplicações nos ajudou a comparar os resultados, verificando em qual momento é mais propício e qual forma obteve melhor aproveitamento.

### 4.1 COLÉGIO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EM 2017

A primeira aplicação do produto desenvolvido nesta dissertação ocorreu no Colégio Estadual Cruzeiro do Sul, localizado na região norte de Curitiba.

Figura 1 - Frente do Colégio Estadual Cruzeiro do Sul



Fonte: O autor

Figura 2 - Pátio interno do Colégio Estadual Cruzeiro do Sul



Fonte: O autor

Figura 3- Laboratório de Ciência do Colégio Cruzeiro do Sul



Fonte: O autor

O colégio é relativamente pequeno, com um total de 1432 estudantes matriculados no ano de 2017, conforme os dados disponíveis no sítio do Governo Estadual, endereçado por <http://www4.pr.gov.br/escolas/dadosEscola.jsp>, acessado dia 10/DEZ/2018.

O último dado sobre o rendimento do colégio é de 2011<sup>1</sup>, no qual apresenta 83,8% de taxa de aprovação no Ensino Médio, 16,2% de taxa de reprovação e 0% de taxa de abandono. Em 2017, fora diagnosticado uma distorção idade/série de 26,40% no Ensino Fundamental e de 34,80% no Ensino Médio. Destes, 23,50% eram no terceiro ano, 41,00% no segundo ano e 40,40% no primeiro ano.

O colégio possui doze salas de aulas organizadas em três blocos, uma biblioteca, um laboratório de Ciências, uma sala de recurso, uma quadra poliesportiva interditada e uma sala dos professores. Não possui sala de informática nem sala audiovisual, sendo necessário agendar o uso do projetor para uso em sala de aula.

Segundo o Projeto Político Pedagógico de 2011, o colégio “está inserido num contexto social onde se vivenciam muitas dificuldades, especialmente de ordem econômica” (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL CRUZEIRO DO SUL, 2011, p. 17), com a maioria dos responsáveis tendo o Ensino Fundamental incompleto e um número significativo de estudantes que vivem com avós, irmãos mais velhos e tios.

Ainda referente ao Projeto Político Pedagógico do colégio, é proposto como solução para amenizar as dificuldades da colégio e da comunidade escolar:

As reflexões sugerem que a escola, imbuída de sua função social, possa contribuir com as transformações atuando, criticamente para reconstruir as representações que os sujeitos têm da realidade, de modo a promover a mudança de postura e de prática (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL CRUZEIRO DO SUL, 2011, p. 17).

Essa resposta está ligada à proposta deste produto, pois a partir dele se pretende que os estudantes tenham capacidade de refletir sobre informações relacionadas aos Fenômenos Quânticos, e tenham uma compreensão mais clara a respeito das informações científicas no contexto da Física Moderna.

O desenvolvimento da lógica científica baseada na observação também contribui para uma visão crítica dos acontecimentos da sociedade e das informações

---

<sup>1</sup> Dados retirados do sítio <http://www4.pr.gov.br/escolas/dadosEscola.jsp>, acessado dia 10/DEZ/2018: Fonte dos dados: INEP

veiculadas pelas mídias e redes sociais.

Devido a novas regras de distribuição de aula, foi o primeiro ano de trabalho neste colégio, e ao buscar a concepção do Ensino de Física do colégio, no projeto político pedagógico, ele diz:

Como uma das Ciências básicas da natureza, o estudo da Física é indispensável a aqueles que querem entender os mecanismos mais profundos da natureza. No mundo atual, globalizado e altamente tecnológico, quem domina o conhecimento, a Física é parcela relevante desse conhecimento e ao mesmo tempo, essa cultura deve incluir também a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos técnicos ou tecnológicos, que cercam os cotidianos domésticos, sociais e profissionais de todos nós. (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL CRUZEIRO DO SUL, 2011, p. 116).

O projeto político pedagógico prevê que a metodologia para o Ensino de Física deve:

Partir do conhecimento prévio dos estudantes por meio da investigação feita pelo professor. A mediação entre o estudante e o professor se dará pelo conhecimento físico, processo organizado e sistematizado do professor. Igualmente importante é considerar o cotidiano do estudante PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL CRUZEIRO DO SUL, 2011, p.119).

Tendo como critério de avaliação para o Ensino de Física:

Se o objetivo é garantir o objeto de estudo da Física, então ao avaliar deve-se considerar a apropriação desses objetos pelos estudantes. Considerar o progresso dos estudantes quanto aos aspectos históricos, conceituais e culturais, a evolução das ideias em Física e a não neutralidade da Ciência PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL CRUZEIRO DO SUL, 2011, p.120)

Assim se pode perceber que a concepção de Ensino de Física, de metodologia e de avaliação do colégio é condizente com a proposta deste produto educacional.

#### 4.2 COLÉGIO DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EM 2018

A aplicação ocorreu no Colégio Estadual João Ribeiro de Camargo, localizado na região norte de Colombo, cidade da região metropolitana de Curitiba. O colégio é pequeno, com um total de 1036 estudantes matriculados no ano de 2018, conforme

os dados disponíveis no sítio do Governo Estadual, no endereço <http://www4.pr.gov.br/escolas/dadosEscola.jsp>, acessado no dia 20/03/2018.

Figura 4 - Frente do Colégio João Ribeiro de Camargo



Fonte: O autor

Figura 5 - Sala de Audiovisual do Colégio João Ribeiro de Camargo



Fonte: O autor

O último dado sobre o rendimento da colégio é de 2011<sup>2</sup>, no qual apresenta 79,8% de taxa de aprovação no Ensino Médio, 13,4% de taxa de reprovação e 6,8% de taxa de abandono.

Em 2017 foi diagnosticada uma distorção idade/série de 34,70% no Ensino Fundamental e de 28,90% no Ensino Médio. Desses, 13,40% eram no terceiro ano, 37,60% no segundo ano e 32,90% no primeiro ano.

Até a data da aplicação do produto educacional, o colégio já havia sido arrombado três vezes, totalizando 10 ocorrências no primeiro semestre.

Esse colégio possui dezessete salas de aulas, organizadas em dois blocos; uma biblioteca, um laboratório de Ciências, uma sala de apoio pedagógico, uma quadra poliesportiva, uma sala dos professores, uma sala audiovisual com projetor, com a disponibilização de caixa de som e computador.

O colégio dispunha somente de um projetor fixo em uma sala de recursos audiovisuais, que foi usado para as apresentações de vídeos e slides. O laboratório de Ciências do colégio não possui cortina adequada, o que não possibilitou o seu uso para a atividade prática, já que é necessário um ambiente escuro para observação das linhas espectrais. Nestas circunstâncias, foi usada a sala de recursos audiovisuais.

O projeto político pedagógico de 2012 do colégio descreve a comunidade escolar como sendo

Formada basicamente por famílias de baixa renda, classe trabalhadora da área urbana e rural. [...] Os alunos procedem de família com média 04 dependentes, onde duas pessoas contribuem com a renda famílias e cuja renda oscila entre um a três salários mínimos. A escolaridade dos pais é predominante o Ensino Fundamental incompleto (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 13).

Classifica-se o bairro como um “bairro dormitório”, pois em sua maioria os moradores trabalham nas cidades da região. O mesmo necessita com urgência de saúde, oferta de lazer ou incentivo à atividades culturais e esportivas, policiamento, rede de esgoto, ruas pavimentadas e melhorias no geral, conforme consta no Projeto Político Pedagógico de 2012.

Além disso, “os problemas econômicos e sociais, que mais preocupam nossos estudantes são violência, as drogas e a separação de pais” (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 13).

Pode-se perceber que a comunidade escolar está inserida em uma realidade

---

<sup>2</sup> Dados retirados do sitio <http://www4.pr.gov.br/escolas/dadosEscola.jsp>, acessado dia 20/03/2018: Fonte dos dados: INEP

de baixa escolarização, com problemas sociais e de pouca estrutura de investimento públicos. Isto é reafirmado quando se comenta, em geral, que o principal problema no município é a “carência em várias áreas como: industrialização, oportunidade de emprego, segurança pública, falta de saneamento básico, áreas de lazer, geração de emprego e curso profissionalizantes” (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 20).

Para o colégio, os estudantes são em termos gerais:

Carentes em vários aspectos, com falta de carinho, falta de atenção dos pais, abandonados, falta de educação, de valores, falta de amor e compreensão, de condições adequadas de saúde, moradia, lazer e até mesmo, falta de comida (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 36).

Essa realidade contribui:

Positiva ou negativamente para formação de nossos alunos. O entorno da comunidade onde a escola se localiza abre caminhos tanto para boas experiências, quanto para experiências ruins. Apesar das dificuldades e das situações de risco, a escola é vista como local de encontro, de aprendizagem e de distração. Reconhecemos que em alguns momentos a busca pelo conhecimento acaba sendo secundária, uma vez que procuram suprir suas carências (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 36).

Esta visão, sobre a comunidade e a estrutura do colégio, ajuda a entender a realidade em que o colégio, os estudantes e a comunidade estão inseridos. Tal condição justifica a desmotivação, a falta de interesse e dificuldade dos estudantes em relação aos estudos.

Segundo o projeto político pedagógico, o colégio tem como concepção de educação que:

A escola não é a única, mas ainda é o local onde convergem ações pensadas para o futuro do educando fornecendo uma formação social, cultural, ética, científica e política, necessária para viver em sociedade. [...]. O colégio João Ribeiro de Camargo oferece ao aluno condições de refletir sobre o agir e o pensar a fim de tornar-se mais consciente de seus atos e proporciona um ambiente educativo em constante transformação (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p.14-15).

E entende que a avaliação:

é um instrumento que permite ao professor diagnosticar os problemas relacionados à aprendizagem, para que possa averiguar se o caminho escolhido deve ser mantido ou alterado e a partir dele planejar a metodologia. Sendo assim, a avaliação não pode ser ação mecânica, ela deve subsidiar o professor e a equipe escolar e o próprio sistema educacional no aperfeiçoamento do ensino (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 16).

Além disso, trata-se de:

um dos elementos do processo de ensino-aprendizagem, diretamente vinculada à concepção de educação, a função social da escola, à especificidade do trabalho pedagógico escola, a gestão escolar, à seleção e organização dos conteúdos, à metodologia adotada e à relação professor-aluno. (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 16).

A concepção de educação, entre tantos fatos, diz que “a educação deve ter suas finalidades voltadas para o aperfeiçoamento do homem que dela necessita para constituir-se e transformar a realidade” (PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO DO COLEGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO, 2012, p. 38).

Isto mostra que o colégio está em busca de melhorar a realidade vivenciada pelos estudantes e de oportunizar novos horizontes para os mesmos.

Dessa forma, o senso crítico de um experimento científico e a análise científica dos fatos tornam-se ferramentas para que os estudantes questionem a realidade que está a sua frente e não aceitem todas as informações a eles ofertadas sem antes questioná-las.

#### 4.3 ANÁLISE DOS DADOS E DAS APLICAÇÕES

Durante o experimento foi solicitado aos estudantes que observassem a luz emitida por cada lâmpada usando a rede de difração fornecida.

Foi acendida uma lâmpada de cada vez, sendo elas uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão, uma de lâmpada de vapor metálico, uma lâmpada fluorescente, uma lâmpada incandescente e uma lâmpada ultravioleta – conhecida como luz negra – e solicitado aos estudantes que anotassem as cores que eles observavam com a rede de difração e as descrevessem.

A coleta e análise dos dados foram baseadas na escala do tipo Likert.

Essa escala foi desenvolvida por Renis Likert (1903-1981), professor de sociologia e psicologia do instituto de pesquisas sociais de Michigan em 1932, para mensurar atitudes no contexto das ciências comportamentais (JUNIOR, COSTA, 2014).

Cunha explica que

Uma escala tipo Likert é composta por um conjunto de frases (itens) em relação a cada uma das quais se pede ao sujeito que está a ser avaliado para manifestar o grau de concordância desde o discordo totalmente (nível 1), até ao concordo totalmente (nível 5, 7 ou 11). Mede-se a atitude do sujeito somando, ou calculando a média, do nível selecionado para cada item (CUNHA 2007, p.24).

A escala é muito utilizada nas ciências sociais, pesquisas na área de psicologia e em análise de opiniões, ou seja, “é um tipo de escala de respostas psicométricas utilizada amplamente em questionários de pesquisa de opinião” (MATTHIENSEN, 2011).

A escala Likert originalmente foi formulada com 5 itens a serem respondidos, 3 tem como característica de valor mínimo, um com valor máximo e um com valor médio neutro.

Pode-se encontrar escalas com mais ou menos itens de correspondência, neste caso a escala é denominada de tipo Likert (DALMORO e VIEIRA, 2013).

Dalmoro e Viera (2013) citam que

Tourangeau e Rasinski (1988) colocam que a resposta de uma escala envolve um processo mental de quatro estágios, nos quais o respondente: (1) interpreta o item, (2) recupera pensamentos e sentimentos relevantes, (3) formula um julgamento baseado nestes pensamentos e sentimentos, e (4) seleciona uma resposta. (DALMORO e VIEIRA, 2013, p.163)

Assim é possível relacioná-los com o referencial teórico, no qual o estudante busca nos seus conhecimentos prévios os conceitos para responder à questão e então resolver o problema proposto, de forma a buscar uma satisfação mental.

#### 4.3.1 Análise da aplicação do experimento em 2017 e 2018

A análise dos dados foi baseada nas respostas dadas pelos estudantes aos questionários aplicados durante todo o processo investigativo.

Essa é uma análise qualitativa das respostas, classificando os conceitos como *satisfatório* para respostas semelhantes aos conceitos estudados, *insatisfatório* para as perguntas não respondidas e para as respostas destoantes dos conceitos estudados e *parcialmente satisfatório* para as que se aproximam do conceito estudado, porém contendo erros conceituais ou com falta de complemento.

Foi denominado como turma A 2017 o 3ºA, turma B 2017 o 3ºB do colégio Estadual Cruzeiro do Sul e turma A 2018 o terceiro ano do Colégio João Ribeiro de Camargo.

Neste primeiro momento, vamos analisar como os estudantes responderam a respeito dos espectros observados nas lâmpadas.

Tabela 1 - Média dos conceitos da análise do espectro de emissão das lâmpadas em relação a cada turma.

TURMA A 2017		TURMA B 2017		TURMA A 2018	
Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem
Satisfatório	30%	Satisfatório	20%	Satisfatório	03%
Insatisfatório	20%	Insatisfatório	49%	Insatisfatório	00%
Parcial	50%	Parcial	31%	Parcial	97%

Fonte - O autor

De acordo com a tabela 1, observando os valores médios da turma A 2017 e da turma A 2018, ambas tiveram um melhor aproveitamento, demonstrando que para as turmas em que foram explicados os conceitos sobre os níveis de energia do átomo de Bohr e as linhas espectrais dos elementos químicos, tinham esse conhecimento prévio, o que auxiliou na ancoragem dos conceitos.

Pode-se concluir que o fato de não haver uma explicação ou discussão prévia sobre as transições entre as camadas do átomo de Bohr e as linhas espectrais dos átomos, ao contrário, deixando que a partir dos experimentos fossem explicados e construídos os conceitos, fez com que os estudantes não compreendessem o motivo ou motivação do experimento, pois não tinham a teoria sobre as linhas espectrais como conhecimento prévio, mas somente uma concepção de cores a ser observadas.

No entanto, isso não inviabiliza uma abordagem da construção do conceito de linhas espectrais através do experimento, mas é preciso reavaliar e planejar a aula, como propõe Willingham (2009) na sua quarta proposição, incorporando ao comportamento dos estudantes um princípio de investigação científica, desde as

primeiras aulas do ano letivo, caso eles não tenham pouco ou nenhum contato com aulas experimentais ou investigativas.

Outro fator que contribuiu para os conceitos insatisfatórios ou parcialmente satisfatórios é o fato de os estudantes não estarem acostumados a ter aulas experimentais nos anos anteriores.

Essa é a razão para se criar ou desenvolver um ambiente de cultura de pesquisa científica com os estudantes desde os primeiros anos escolares, passando pelo Ensino Fundamental e continuando por todo Ensino Médio.

É importante considerar a pesquisa literária e questionamento científico durante todo o Ensino Básico como um modelo ideal de aprendizado de conceitos científicos à investigação.

Na tabela 2, observamos o aproveitamento de cada turma, com respeito à observação dos espectros de emissão de cada uma das lâmpadas durante o experimento.

Tabela 2 - Análise do espectro de emissão em relação a cada lâmpada por turma

(continua)

Turma A 2017		Turma B 2017		Turma A 2018	
<b>LÂMPADA DE VAPOR DE SÓDIO</b>					
Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem
Satisfatório	67%	Satisfatório	00%	Satisfatório	13%
Insatisfatório	00%	Insatisfatório	43%	Insatisfatório	00%
Parcial	29%	Parcial	57%	Parcial	88%
<b>LÂMPADA DE VAPOR METÁLICO</b>					
Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem
Satisfatório	00%	Satisfatório	00%	Satisfatório	00%
Insatisfatório	17%	Insatisfatório	71%	Insatisfatório	00%
Parcial	83%	Parcial	29%	Parcial	100%
<b>LÂMPADA FLUORESCENTE</b>					
Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem
Satisfatório	33%	Satisfatório	00%	Satisfatório	00%
Insatisfatório	17%	Insatisfatório	57%	Insatisfatório	00%
Parcial	50%	Parcial	43%	Parcial	100%

Tabela 2 - Análise do espectro de emissão em relação a cada lâmpada por turma

(conclusão)

Turma A 2017		Turma B 2017		Turma A 2018	
LÂMPADA HALÓGENA					
Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem
Satisfatório	33%	Satisfatório	57%	Satisfatório	00%
Insatisfatório	33%	Insatisfatório	29%	Insatisfatório	00%
Parcial	33%	Parcial	14%	Parcial	100%
LÂMPADA ULTRAVIOLETA					
Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem	Conceito	Porcentagem
Satisfatório	33%	Satisfatório	43%	Satisfatório	00%
Insatisfatório	17%	Insatisfatório	43%	Insatisfatório	00%
Parcial	50%	Parcial	14%	Parcial	100%

Fonte: O Autor

A turma A 2017 obteve um conceito satisfatório, maior que as outras duas turmas somente na lâmpada de sódio.

Na lâmpada halógena, o conceito insatisfatório foi maior que os outros dois, mantendo nas outras lâmpadas o conceito parcial maior que o restante.

Na lâmpada halógena, como o espectro é contínuo, nota-se pelas respostas que os estudantes tiveram dificuldade em descrever as cores observadas. Se concentraram em achar picos ou faixas de cores específicas, como fizeram nas lâmpadas anteriores.

Quadro 2 - Respostas dos estudantes da turma A 2017 sobre a lâmpada halógena

Grupo 2: Visto com muitos quadradinhos separados com todas as cores.
Grupo 4: Ficou mais forte.
Grupo 5: Possui a cor violeta formada uma espécie de borrão violeta.

Fonte: O autor

Os conceitos insatisfatórios em geral tiveram como maior motivo não definição de cores dos espectros, mas sim uma observação sobre a intensidade da luz emitida, como se verifica nas respostas abaixo.

Quadro 3 - Respostas dos estudantes da turma B 2017 sobre a lâmpada halógena

(continua)

Grupo 3: Cores mais fortes.
Grupo 4: Uma risca com várias cores.

Quadro 3 - Respostas dos estudantes da turma B 2017 sobre a lâmpada halógena

(conclusão)

Grupo 6: Ficou mais forte.
Grupo 7: Possui a cor violeta formada uma espécie de borrão violeta.

Fonte: O autor

Os conceitos parciais da turma A 2017 também mostram que os estudantes compreenderam o experimento, porém, pela falta de prática com aulas experimentais e a falta de isolamento das luzes externas, não conseguiram descrever todas as cores emitidas ou observaram cores que não faziam parte do espectro emitido pela lâmpada analisada.

Para as lâmpadas de vapor de sódio, vapor metálico e fluorescente, a turma B 2017 não obteve o conceito satisfatório; para a lâmpada de vapor metálico, houve maior porcentagem com conceito insatisfatório; para a lâmpada de vapor de sódio, houve maior porcentagem de conceito parcial. Somente na lâmpada halógena é que houve um maior percentual satisfatório.

Acredita-se que o fato dos estudantes não terem os subsunçores necessários para a ancoragem do conceito – pois não houve uma explicação sobre as transições entre as camadas do átomo de Bohr e as linhas espectrais dos átomos, já que essa etapa ocorreu no desenvolvimento do experimento –, fez com que os estudantes não compreendessem o motivo ou motivação do mesmo.

Os estudantes não tinham a teoria sobre as linhas espectrais como referência para a observação, somente uma concepção de cores a ser observadas, como já mencionado.

Se observarmos as respostas de alguns grupos da turma B 2017, nota-se que os estudantes perceberam as variações das cores de cada lâmpada, porém não descreveram essas diferenças, e em sua maioria deram a mesma resposta para lâmpadas diferentes.

Quadro 4 - Respostas dos estudantes da turma B 2017 sobre várias lâmpadas

(continua)

Grupo 4: Ao observar através da rede de difração é possível ver um feixe de luz colorido, dependendo da lâmpada o feixe muda e as cores também.
Grupo 6: Colorido.
Grupo 7: Colorido.
Grupo 3: Mesmas cores, mas com tons diferentes.

Quadro 4 - Respostas dos estudantes da turma B 2017 sobre várias lâmpadas

(conclusão)

Grupo 2: As cores são as mesmas com tonalidades diferentes.
Grupo 1: As cores estavam mais divididas e tinha 2 tons de cada cor.

Fonte: O autor

Entre as três turmas, a turma A 2018 foi a que obteve a menor porcentagem de conceito satisfatório; somente para lâmpada de sódio é que se obteve maior porcentagem de conceito satisfatório.

É importante notar que para nenhuma lâmpada houve conceito insatisfatório, o que demonstra que os estudantes conseguiram entender a realização do experimento. Todas as outras lâmpadas tiveram o resultado com um conceito parcial.

Para a lâmpada halógena, todas as respostas foram consideradas parciais, pois nenhum grupo reportou o fato de as cores formarem um espectro contínuo, mencionando apenas as cores observadas separadamente.

Os resultados parciais, de modo geral, se deram pela falta de cor existente no espectro ou pelo acréscimo de cores que não faziam parte do espectro estudado.

Tabela 3 - Análise do espectro de emissão das lâmpadas: Média geral das três turmas

<b>Lâmpada de Vapor de Sódio</b>		<b>Lâmpada Vapor Metálico</b>	<b>Lâmpada Fluorescente</b>
Conceito	Porcentagem	Porcentagem	Porcentagem
Satisfatório	24%	00%	10%
Insatisfatório	14%	29%	24%
Parcial	62%	71%	67%
<b>Lâmpada Incandescente</b>		<b>Lâmpada Ultravioleta</b>	<b>Média Geral</b>
Conceito	Porcentagem	Porcentagem	Porcentagem
Satisfatório	24%	24%	16%
Insatisfatório	24%	19%	22%
Parcial	52%	57%	62%

Fonte: O autor

Na maior parte dos casos das três turmas, observa-se que muitos relataram cores que não apareciam, ou que não faziam parte do espectro eletromagnético, como a cor rosa e a verde limão. Outros simplesmente descreveram que observaram as cores, porém não definiram quais eram essas cores.

Um dos fatores que contribuiu para o número de conceito parcialmente satisfatório (62% ao total) e de insatisfatório (22% ao total) foi a falta de um isolamento de luz do ambiente, pois nos dois colégios havia janelas com cortinas simples, janelas

sem cortinas comuns ou com cortinas bloqueadoras de luz, que diminuía a entrada de luz externa no ambiente, fazendo com que isso interferisse na observação.

Outro fator que contribuiu para o resultado é a falta de prática de realização de experimento por parte dos estudantes, também a desmotivação, falta de atenção durante o experimento e o tempo de realização do mesmo.

Apesar de todos esses casos, os resultados obtidos podem ser considerados satisfatórios, se partindo da realidade dos estudantes, pois é necessário respeitar seus limites cognitivos (Willingham, 2009) e observarmos o resultado médio dos acertos aos questionamentos feitos durante e após o experimento.

#### 4.4 ANÁLISE DAS QUESTÕES APÓS O EXPERIMENTO

Foi entregue aos estudantes um questionário para ser respondido em casa para completar a coleta de dados sobre o experimento. Os questionários foram diferentes para os anos de 2017 e 2018, pois foi necessário uma reelaboração das questões, conforme a proposta de Willingham (2009), ao sugerir um diário para analisar os resultados.

##### 4.4.1 Análise das questões após o experimento em 2017

Foi solicitado aos estudantes do Colégio Cruzeiro do Sul que respondessem mais oito questões sobre o experimento, para analisar e verificar o quanto eles compreenderam sobre o conteúdo. As análises são em relação às duas turmas do ano de 2017.

Tabela 4 - Quando mais de uma lâmpada está acesa, como ficou a luz sem a rede de difração?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	62%
Insatisfatório	38%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Essa pergunta foi realizada para que os estudantes observassem com atenção o brilho e a cor emitida pela lâmpada e que percebessem que elas emitem tonalidades diferentes e se intensificam quando mais de uma lâmpada se acende.

As respostas com conceito satisfatório mencionaram o aumento de intensidade da luminosidade e a observação de lâmpadas separadas com a cor própria. Os conceitos insatisfatórios foram dos grupos que não responderam a questão.

Tabela 5 - E com a rede de difração?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	46%
Insatisfatório	38%
Parcial	15%

Fonte: O autor

Essa pergunta foi feita para que os estudantes observassem e anotassem as cores dos espectros de cada lâmpada individualmente acesas e com combinações de lâmpadas.

Esperava-se que os estudantes percebessem que o espectro de cada uma das lâmpadas não é alterado pelo fato de outra lâmpada estar acesa, e que é possível diferenciar cada espectro mesmo com outras lâmpadas acesas, o que é diferente das lâmpadas vistas sem a rede de difração, onde o brilho é ampliado e se soma ao de outra lâmpada.

Os grupos de estudantes que foram considerados com conceito satisfatório observaram que houve um aumento de cores específicas, e observaram que cada lâmpada gera um espectro distinto do outro, como relatado nas respostas a seguir.

Quadro 5 - Respostas da turma B 2017 sobre o uso da rede de difração

Grupo 1: Com a rede de difração vemos suas respectivas linhas uma a uma da outra separadas.
Grupo 2: Vê as lâmpadas juntas, ou seja, vemos mais de um feixe colorido e alguns até com um espaço maior entre as cores.
Grupo 3 e 4: É possível ver mais de um feixe colorido, uns com espaços maiores, entre as cores e outros nem tanto. Uns feixes apresentam uma quantidade maior de cores.
Grupo 5 e 7: É mostrada cada lâmpada em uma parte diferente da rede de difração.

Fonte: O autor

No quadro abaixo estão transcritas algumas respostas dos estudantes classificados com conceito parcialmente satisfatório, pois os estudantes observaram

o aparecimento de cores distintas, porém não descreveram os espectros que estavam relacionados às diferentes lâmpadas ou às diferenças entre os espectros observados.

Quadro 6 - Resposta da turma A 2017 sobre o uso da rede de difração

Grupo 2: com mais cores, e mais aparentes.
Grupo 4: com mais cores, e mais aparentes.

Fonte: O autor

Os grupos de estudantes com conceitos insatisfatórios foram os que deixaram a questão sem resposta.

Tabela 6 - Quais as três leis de Kirchhoff para o estudo do espectro?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	100%
Insatisfatório	00%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Essa questão foi realizada para analisar se o conceito das leis de Kirchhoff foi compreendido pelos estudantes.

As duas turmas do Colégio Cruzeiro do Sul descreveram corretamente as três leis de Kirchhoff, um resultado esperado para os estudantes da turma A 2017, pois os mesmos tiveram a explicação das leis durante as aulas teóricas.

O resultado foi surpreendente referente aos estudantes da turma B 2017, porque as leis de Kirchhoff só foram explicadas após o experimento e antes da aplicação do questionário; sendo assim, é possível concluir que os estudantes fizeram uma pesquisa para responder à questão, demonstrando que eles aceitaram o desafio cognitivo, se sentiram motivados e buscaram uma solução para a questão proposta.

Trata-se de uma atitude positiva que demonstra um interesse em responder corretamente às questões, que segundo Willingham (2009) e Moreira (1999), gerou uma recompensa positiva para os estudantes, pois estavam dispostos a relacionar o conceito à sua estrutura cognitiva.

Tabela 7 - Por que o espectro de algumas lâmpadas é discreto ou contínuo?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	31%
Insatisfatório	38%
Parcial	31%

Fonte: O autor

Nessa pergunta verifica-se se os estudantes conseguiam compreender a diferença entre o espectro discreto e o espectro contínuo.

Os grupos com conceitos satisfatórios explicaram a respeito da energia discreta das lâmpadas e a diferenciaram da energia contínua da lâmpada halógena. Dentre as respostas com conceito satisfatório, é importante destacar que para os estudantes da turma A 2017, 50% explicaram corretamente e da turma B 2017, somente 28% responderam corretamente.

Isso se deve provavelmente ao fato de que, na turma A 2017, o conceito de espectro discreto e contínuo e sua relação já havia sido explicada durante as aulas de teoria.

Isso não ocorreu com a turma B 2017, onde esse conceito foi se construindo durante o experimento e até o momento do questionário ainda não fazia parte da sua estrutura cognitiva.

Os grupos com conceito parcial responderam que cada lâmpada tinha o seu espectro, porém, não conseguiram relacionar isso com a energia emitida ou com a composição da lâmpada.

A turma A 2017 alcançou 17% dos acertos parciais, já a turma B 2017, obteve 44%.

Os conceitos insatisfatórios foram dos grupos que não responderam e dos que responderam afirmando que o espectro discreto estava relacionado à difração da luz. Já a turma A 2017 alcançou 33% de conceito insatisfatório, uma porcentagem que não desperta surpresa, e a turma B 2017 alcançou 28%, um valor baixo.

Podemos entender que apesar de a turma obter um valor baixo para os conceitos satisfatórios, também obteve um valor baixo para os conceitos insatisfatórios, demonstrando que a diferenciação entre os espectros contínuos e discretos já estavam começando a ser construídos no cognitivo dos estudantes.

Tabela 8 - Como é gerada a luz em uma lâmpada incandescente? E em um LED?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	54%
Insatisfatório	15%
Parcial	31%

Fonte: O autor

Nessa pergunta foi questionado a respeito da geração e emissão de luz das lâmpadas incandescentes e de uma lâmpada de LED, com o objetivo de que estudantes pesquisassem sobre o assunto, com o intuito do tema da pesquisa em desenvolvimento se tornar estimulante.

A maioria dos grupos obteve conceito satisfatório, pois explicaram corretamente a respeito da geração de luz das duas formas. Isso demonstra que realizaram a pesquisa necessária para responder à questão, sentindo que estavam motivados a isso, pois este era um problema a ser solucionado. Não era nem demasiadamente fácil ou difícil, mas oferecia a sensação de evolução, como propõem Willingham (2009).

Os conceitos insatisfatórios foram dos grupos de estudantes que não responderam.

Já os conceitos parciais se devem ao fato dos estudantes que responderam somente à geração de luz por lâmpadas incandescentes, constatando a falta de conhecimento prévio para a ancoragem do subsunçor.

Tabela 9 - Você estudou a teoria, verificou a experiência e chegou a uma conclusão. Isso tem relação com um método científico?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	77%
Insatisfatório	00%
Parcial	23%

Fonte: O autor

Essa pergunta foi proposta para que os estudantes relacionassem a realização do experimento com o conceito do Método Científico que eles pesquisaram durante as aulas, sendo esse um organizador prévio para a ancoragem da nova informação no subsunçor.

A maioria dos grupos relacionou corretamente o experimento realizado com o Método Científico, reconhecendo e diferenciando suas etapas, demonstrando que o conceito integrava os subsunçores dos estudantes.

Os grupos com conceitos parciais reconheceram o Método Científico, porém não o relacionaram com o experimento.

Tabela 10 - O que é pseudociência? Ela obedece ao método científico?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	100%
Insatisfatório	00%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Durante as aulas, foi explicado a respeito dos aspectos gerais do Método Científico e a importância de que as pesquisas, experimentos e teorias obedecem às regras da Metodologia Científica.

Também se fez uma comparação com teorias que não obedeciam ao Método Científico.

Em seguida, foi formulada essa pergunta com o intuito de analisar o reconhecimento dos estudantes a respeito da importância dessa diferenciação.

Todos os grupos compreenderam o conceito de pseudociência, utilizando a etimologia pra explicar, e reconheceram que as pseudociências não obedeciam ao rigor do Método Científico.

Tabela 11 - Pseudociência tem caráter científico?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	85%
Insatisfatório	00%
Parcial	15%

Fonte: O autor

Ainda relacionado ao conceito de pseudociência, essa pergunta foi feita para confirmar ou negar a pseudociência como uma Ciência baseada no Método Científico.

A maioria dos grupos de estudantes reconheceram que a pseudociência não tem caráter científico, os conceitos parciais também reconheceram. Porém relacionaram a pseudociência especificamente ao aquecimento global.

#### 4.4.2 Análise das questões após o experimento em 2018

A aplicação do produto no ano de 2018 não obteve o resultado esperado, porém foi satisfatório. A turma era agitada, não demonstrava interesse em participar da aula, com várias conversas paralelas durante toda a aplicação dos procedimentos práticos do produto.

Mesmo chamando a atenção para a importância do conteúdo ministrado e conversado com os estudantes, o comportamento dos mesmos pouco mudou.

Além disso, em outro momento em conversa com eles, foi relatado que nunca tiveram uma aula experimental no Ensino Médio, sempre sendo aulas expositivas, o que acredita se ter contribuído para a dificuldade em manter a atenção.

Durante o experimento foram realizadas seis perguntas, as duas primeiras já foram analisadas na tabela 1 e na tabela 2.

Assim temos 4 perguntas durante o experimento e mais 28 perguntas feitas após o experimento.

Tabela 12 - Este espectro observado é de emissão ou de absorção?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	38%
Insatisfatório	62%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Tabela 13 - Os espectros observados eram todos iguais, diferentes ou tinham alguma semelhança?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	50%
Insatisfatório	00%
Parcial	50%

Fonte: O autor

Novamente uma pergunta para buscar nos estudantes a análise dos espectros observados.

Todos os estudantes conseguiram observar as diferenças entre os espectros, tendo a metade deles respondido corretamente e a outra metade com respostas parcialmente corretas, pois relacionaram cores não existente ou descreveram parcialmente o espectro.

Tabela 14 - Todos os espectros eram discretos?

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	13%
Insatisfatório	87%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Pode se perceber que a maioria dos estudantes não conseguiu compreender o conceito de espectro discreto. Isso confirma os conceitos insatisfatórios na tabela 14, na qual os estudantes não conseguiram diferenciar o espectro contínuo do espectro discreto.

Tabela 15 - A partir dos espectros, determine o elemento químico do gás presente nas lâmpadas 1 e 4

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	00%
Insatisfatório	100%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Como observado nas respostas anteriores, os estudantes não conseguiram diferenciar os espectros, o que dificulta a comparação com os espectros tabelados dos átomos de sódio e de mercúrio.

Isso torna então compreensível o fato de todos não responderem corretamente a questão. Evidenciando que a falta de motivação, de disposição para relacionar os conceitos e de os estudantes evitarem de pensar, atrapalham no desenvolvimento dos conteúdos trabalhados.

A seguir analisaremos as perguntas realizadas após a realização do experimento.

Tabela 16 - Cite o uso da espectroscopia

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	38%
Insatisfatório	00%
Parcial	62%

Fonte: O autor

Essa pergunta foi realizada para que os estudantes pesquisassem o uso da espectroscopia e percebessem que essa é uma técnica investigativa de elementos químicos e seu uso na indústria e na pesquisa.

Todos os estudantes responderam de forma considerável, tendo uma maioria um acerto parcial.

As próximas cinco perguntas ajudam a entender como os estudantes compreenderam a necessidade de um Método Científico, um Modelo Científico e que um conceito não é criado do nada, mas sim é necessário pesquisa, embasamento e estudo para se chegar a uma conclusão.

Durante as aulas foi explicado sobre o conceito do Modelo Científico e a sua necessidade para o entendimento da natureza, e foi solicitado que eles realizassem uma pesquisa para complementar o conceito.

Tabela 17 - Pesquise o que é um Modelo Científico.

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	63%
Insatisfatório	11%
Parcial	26%

Fonte: O autor

Houve um bom aproveitamento dos estudantes, o que demonstra que nesse caso eles compreenderam a importância do Modelo Científico.

Nota-se que 7% do total responderam a respeito do Método Científico no lugar de Modelo Científico, sendo compreensível, já que o conceito também foi abordado durante as aulas e pode ter gerado confusão nesses estudantes.

Além disso, 4% não responderam, somando ao grupo dos insatisfatórios. As respostas parciais se devem ao fato de o conceito estar incompleto.

A próxima pergunta foi pedida para também complementar o conceito de Método Científico.

Tabela 18 - Pesquise e descreva sobre o Método Científico

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	74%
Insatisfatório	15%
Parcial	11%

Fonte: O autor

O aproveitamento foi muito bom, confirmando que os estudantes compreenderam o conceito e a necessidade do Método Científico.

Vê-se que 11% dos insatisfatórios responderam sobre o Modelo Científico, que também foi apresentado para eles e questionado na pergunta anterior.

Compreendemos que houve neste caso um erro de interpretação e de escrita entre as perguntas da tabela 17 e 18, dando a resposta como insatisfatória. Além disso, 4% não responderam.

As respostas parciais se devem ao fato de ser apresentado corretamente o conceito de Método Científico, porém dado como exemplo o Modelo Científico.

Essa mistura de conceitos entre Método Científico e Modelo Científico representa que esses conceitos necessitam ser retomados para que possam se tornar conhecimentos prévios com o intuito de, quando necessário, ser utilizado como um subsunção válido.

A pergunta analisada na tabela 19 teve como objetivo investigar se os estudantes tinham a compreensão de que o conhecimento científico não é obra de uma única pessoa, mas uma construção de ideias de várias pessoas, que culminam com a conclusão de um ou mais nomes, ficando esses lembrados no registro da história da Ciência.

Tabela 19 - No vídeo foi mostrado a evolução sobre o modelo atômico. Podemos afirmar que cada cientista trabalhou independentemente do outro ou foi um acúmulo de conhecimento? Justifique

<b>Conceito</b>	<b>Porcentagem</b>
Satisfatório	96%
Insatisfatório	04%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Nessa pergunta o aproveitamento foi excelente, uma vez que somente 4% não responderam à questão.

O fato de a maioria ter compreendido o que foi pedido se deve à causa de a história da evolução atômica ter sido retomada e à demonstração do trabalho de vários cientistas para descrever o modelo atômico.

A pergunta da tabela 20 retoma o conceito de Método Científico para compreendemos se os estudantes entenderam a necessidade de um norma e uma razão para se fazer Ciência, e que é preciso sempre usar um método para o conceito

ser compreendido e assimilado pelos estudantes, visando a sua aplicabilidade de forma correta.

Tabela 20 - O conhecimento científico é feito de maneira aleatória? Se não, o que é preciso ter?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	56%
Insatisfatório	07%
Parcial	37%

Fonte: O autor

Houve um bom aproveitamento referente à questão. Os estudantes que acertaram parcialmente têm sua razão no fato de afirmarem que o conhecimento é feito de maneira aleatória, porém justificando a partir do conceito do Método Científico.

Ainda, 7% dos estudantes não responderam à questão, o que demonstra haver uma pequena parcela de ausência no entendimento da relação entre desenvolvimento científico e um procedimento sistemático.

Assim como a questão da tabela 20, a questão da tabela 21 foi aplicada para buscar a compreensão sobre a necessidade de se obter resultados científicos através de um Método Científico, não podendo ser aceito qualquer informação como sendo de caráter científico.

Tabela 21 - Qualquer pesquisa, dados ou informações podem ser considerados científicos ou precisam ser confirmados pelo Método Científico?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	22%
Insatisfatório	74%
Parcial	04%

Fonte: O autor

Grande parte dos estudantes apresentaram um aproveitamento insatisfatório, pois afirmaram que qualquer pesquisa pode ser considerada científica desde que tenha prova. Porém essa prova pode não necessariamente obedecer a um Método Científico e pode ser manipulada para dar a resposta que se quer confirmar ou refutar. Outros afirmaram que basta ter estudo para ser científico.

Novamente existe a possibilidade de esse estudo não estar pautado em uma metodologia consistente, o que pode levar o estudo a perder seu caráter científico.

É importante ressaltar que antes de caracterizar uma pesquisa ou informação como científica ou pseudocientífica, é preciso investigar se a base do estudo está pautada em uma metodologia científica.

Poucos confirmaram a necessidade de obedecer a um Método Científico, e somente um relatou a necessidade de haver um processo de análise. Ainda assim, não disse qual processo, obtendo dessa maneira um acerto parcial.

As perguntas da tabela 22 a 31 foram elaboradas para analisar o entendimento sobre os conceitos de Física Moderna e sua evolução, tendo como subsunção os conceitos aprendidos nas aulas sobre evolução atômica, os quais espera-se ter se tornado um conhecimento prévio para a ancoragem dos questionários.

A pergunta 22 foi elaborada com o intuito de verificar a ancoragem do conceito de espectro luminoso.

Tabela 22 - O que é espectro luminoso?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	74%
Insatisfatório	26%
Parcial	00%

Fonte: O autor

As respostas satisfatórias relacionaram a decomposição da luz passando por um prisma, com a decomposição da luz e suas frequências.

Outros responderam sobre a luz ser visível e ser uma porção do espectro eletromagnético. 11% não responderam e outros 15% não completaram a resposta, deixando-a sem sentido.

A pergunta da tabela 23 foi proposta para verificar se os estudantes compreenderam o porquê observaram as linhas espectrais no experimento.

Tabela 23 – Por que existe espectro discreto? E por que existe espectro contínuo?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	41%
Insatisfatório	44%
Parcial	04 %

Fonte: O autor

Os estudantes que tiveram repostas satisfatórias responderam sobre a definição de linhas discretas. E a existência de valores bem definidos.

As respostas insatisfatórias ficaram entre “são pouco visíveis a olho nu” e “são pontos coloridos”. Novamente, somente 4% dos estudantes não responderam.

A pergunta da tabela 24 foi a respeito das leis de Kirchhoff para a espectroscopia. Foi aplicada para verificar a ancoragem do conceito explicado em aula.

Tabela 24 - Quais as três leis de Kirchhoff para o estudo do espectro?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	26%
Insatisfatório	74%
Parcial	00%

Fonte: O autor

A maioria dos estudantes compreenderam sobre as leis de Kirchhoff, somente 11% não responderam e 26% confundiram com a lei de Kirchhoff para a eletrodinâmica, conhecida como lei das malhas e lei dos nós.

A pergunta da tabela 25 foi pedida para verificar se os estudantes compreenderam a criação de um mapa conceitual através da relação com a Física Moderna.

Tabela 25 - Faça um mapa conceitual sobre física moderna e suas áreas de estudo e aplicação

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	70%
Insatisfatório	30%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Os mapas conceituais construídos pelos estudantes foram simples e representaram mais a divisão da Física Moderna nas três áreas de estudos. 30% não responderam à questão.

As perguntas das tabelas 26, 27, 28, 29 e 30 foram elaboradas para verificar a ancoragem dos conceitos de Física Moderna dos estudantes.

Por se tratar de questões de múltipla escolha aplicadas em vestibulares, optou-se a manter somente os conceitos de satisfatório para aqueles que acertaram

a questão e insatisfatório para os que erraram, não tendo erros parciais, exceto na questão da tabela 29 na qual, para sua resposta correta, era necessário a realização de cálculo matemático, sendo classificado como parcialmente satisfatório os estudantes que acertaram a questão, porém não demonstraram o cálculo realizado.

Tabela 26 – A mecânica quântica descreve o comportamento de objetos?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	96%
Insatisfatório	04%

Fonte: O autor

Tabela 27 – A mecânica quântica teve seu início em que ano?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	96%
Insatisfatório	04%

Fonte: O autor

Tabela 28 – Quais destes físicos propôs a ideia da quantização da energia?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	100%
Insatisfatório	00%

Fonte: O autor

Tabela 29 - Qual é a energia de um quantum de luz com a frequência de 10 000 Hz?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	30%
Insatisfatório	11%
Parcial	59%

Fonte: O autor

Tabela 30 - Qual destes físicos esclareceu o efeito fotoelétrico

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	100%
Insatisfatório	00%

Fonte: O autor

Nessas questões, houve um excelente rendimento, mostrando que os conceitos sobre o campo de estudo da Mecânica Quântica, o seu início e dois dos seus principais cientistas foram compreendidos.

Na pergunta da tabela 29, tem-se os dados de que 59% dos estudantes acertaram a alternativa, porém não demonstraram o cálculo, e 7% não responderam, uma pequena percentagem que podemos classificar com uma parcela desinteressada em responder às questões.

A questão da tabela 31 foi elaborada para analisar se os estudantes conseguiam relacionar a ideia de quantização de energia do átomo de Bohr com as linhas espectrais.

Tabela 31 - Como foi possível explicar as linhas espectrais?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	67%
Insatisfatório	33%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Os estudantes conseguiram relacionar o salto quântico do átomo de Bohr com os fenômenos de linhas espectrais.

Nota-se que 15% dos estudantes não responderam e 19% relacionaram o experimento de decomposição da luz com o uso de prisma e com as linhas espectrais.

As questões da tabela 32, 33 e 34 foram elaboradas para analisar se os estudantes compreenderam o salto quântico e quais partículas estão envolvidas nesse processo.

Tabela 32 - Para um elétron saltar para um orbital com energia maior ele precisa:

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	70%
Insatisfatório	30%

Fonte: O autor

Tabela 33 - Qual destas partículas é responsável pela existência das linhas espectrais

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	30%
Insatisfatório	70%

Fonte: O autor

Tabela 34 - Elétrons que saltaram para um nível de energia mais alto ao absorver um fóton se chamam?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	100%
Insatisfatório	00%

Fonte: O autor

Percebe-se que os estudantes conseguiram compreender que é preciso que o elétron absorva a energia de um fóton para saltar de um orbital menos energético para um de maior energia, assim como sua definição de elétron excitado.

Porém não ficou claro que, ao retornar, o elétron emite essa energia, sendo então ele o responsável pelas linhas espectrais.

As perguntas das tabelas 35 a 40 foram solicitadas para verificar o entendimento sobre o átomo de Bohr, a quantização das órbitas.

Tabela 35 – Qual era o problema no modelo do átomo de Rutherford? E qual foi a solução dada por Bohr?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	11%
Insatisfatório	59%
Parcial	30%

Fonte: O autor

Poucos estudantes conseguiram conceito satisfatório nesta pergunta, e a maioria relacionou o modelo atômico de Bohr com o de Rutherford, dando como solução a proposta feita por Rutherford ao modelo atômico de Thompson.

Os conceitos parciais foram dos estudantes que descreveram o problema no modelo atômico de Rutherford, porém não descreveram a solução dada por Bohr.

As questões da tabela 36, 37, 38, 39 e 40 são questões de múltipla escolha, seguindo os mesmos padrões de análise já mencionados.

Tabela 36 – O modelo atômico de Bohr afirma que:

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	26%
Insatisfatório	74%

Fonte: <https://www.questoesdosvestibulares.com.br/2016/07/modelos-atomicos.html>

Tabela 37 - De acordo com o modelo atômico de Bohr, elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas específicas, tais como os planetas giram em órbitas específicas ao redor do Sol. Diferentemente dos planetas, os elétrons saltam de uma órbita específica para outra, ganhando ou perdendo energia. Qual das afirmações abaixo está em discordância com o modelo proposto por Bohr?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	78%
Insatisfatório	22%

Fonte: <https://www.questoesdosvestibulares.com.br/2016/07/modelos-atomicos.html>

Tabela 38 - Os modelos atômicos foram desenvolvidos em teorias fundamentadas na experimentação por diferentes cientistas, incluindo John Dalton, J.J. Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr. Em 2013, a teoria do modelo atômico de Niels Bohr completou 100 anos. Essa teoria descreve o átomo como:

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	11%
Insatisfatório	89%

Fonte: <http://fisic.org/texto-1-comum--questo-1.html?page=6>

Tabela 39 - Os modelos atômicos são elaborados no intuito de explicar a constituição da matéria e têm evoluído ao longo do desenvolvimento da Ciência, desde o modelo filosófico dos gregos, passando pelos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, até o modelo atual. O modelo mais recente caracteriza-se pela?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	93%
Insatisfatório	07%

Fonte: <http://quimica-cem02.blogspot.com/2012/05/2-ano-exercicios-modelos-aomicos.html>

Tabela 40– Na evolução dos modelos atômicos, a principal contribuição introduzida pelo modelo de Bohr foi:

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	44%
Insatisfatório	56%

Fonte: <http://ppv.usp.br/question/preview2.php?id=2671&showembed=false&randomqid=730>

Na pergunta da tabela 35, poucos estudantes conseguiram responder corretamente. Já os resultados parcialmente satisfatórios se devem por descreverem o problema do átomo de Rutherford, porém não definiram a solução dada por Bohr.

Tem-se que 33% dos estudantes não responderam, ao passo que 26% dos estudantes descreveram o experimento do modelo de Rutherford e não responderam qual era o problema.

O valor alto de conceito insatisfatório na Tabela 36 confirma que o conceito de quantização das órbitas não teve a ancoragem desejada.

Na tabela 37, os estudantes perceberam qual item não descrevia o modelo de átomo de Bohr, demonstrando que o conceito de salto de energia foi compreendido, o que estranhamente deveria estar relacionado com as quantizações das órbitas que não foram bem-conceituadas nas questões anteriores.

Na tabela 38, novamente houve uma confusão entre o modelo de Rutherford com o modelo de Bohr.

A tabela 39 mostra que nesta pergunta eles compreenderam a conceituação sobre a quantização da energia das órbitas do átomo, o que já diminui a porcentagem na tabela 40.

Essa alternância entre acertos e erros para os mesmos conceitos em perguntas diferentes mostra que o conceito não estava bem ancorado, por falta de subsunções. Também a forma como é posta a questão pode trazer erro de interpretação aos estudantes, assim como a falta de prática da leitura e de uma cultura científica adequada para a abordagem de temas científicos.

As tabelas 41 e 42 foram elaboradas sobre o tópico especial de LED, para analisar se os estudantes tiveram compreensão referente aos diodos, LED e sua emissão de luz.

Tabela 41 – O que é um diodo? E o que é um LED?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	59%
Insatisfatório	15%
Parcial	26%

Fonte: O autor

Tabela 42 – Como é gerada a luz de um LED?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	48%
Insatisfatório	52%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Na tabela 41, a maioria dos estudantes conseguiu definir corretamente um diodo e um LED; as respostas parciais se devem ao fato de terem definido somente o diodo ou somente o LED.

Ainda, 7,5% dos estudantes não responderam e 7,5% responderam sobre o material semicondutor.

Já na tabela 42, a maioria não atingiu o objetivo, que era verificar a compreensão na emissão de luz de um LED, 15% não responderam e 33% responderam sobre a eficiência, comparando com a lâmpada incandescente.

Pouco menos da metade respondeu “a transformação é feita em matéria, sendo chamada de estado sólido”.

A tabela 43 verifica se os estudantes conseguiram diferenciar os espectros das lâmpadas do experimento realizado.

Tabela 43 – Como é o espectro de uma lâmpada de vapor? E como é o espectro de uma lâmpada incandescente

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	30%
Insatisfatório	56%
Parcial	14%

Fonte: O autor

A maioria dos estudantes não respondeu à pergunta da tabela 43 (33%) e 23% responderam sobre a definição de uma lâmpada fluorescente. Os estudantes que acertaram lembraram que a lâmpada incandescente tem um espectro contínuo e a lâmpada de vapor tem um espectro discreto.

Os acertos parciais se devem pela falta da definição do espectro contínuo da lâmpada incandescente.

Por último, a pergunta da tabela 44 retorna a questão dos LEDs e a necessidade da descoberta do LED azul para a criação do LED branco.

Tabela 44 – O que foi preciso para criar a lâmpada de LED?

Conceito	Porcentagem
Satisfatório	00%
Insatisfatório	100%
Parcial	00%

Fonte: O autor

Verifica-se que 26% dos estudantes não responderam à questão, 41% responderam a respeito da necessidade de se conhecer sobre a iluminação. Apenas 26% responderam que é necessário conhecer o funcionamento do diodo, sendo que a necessidade era dopar corretamente o material semicondutor para emitir luz na frequência correta.

Nota-se que 4% responderam sobre desperdício de energia e a necessidade de experimento. De modo geral, houve um total de 58% de acertos entre todas as respostas e 8% de acertos parciais, o que somado resulta em 66% de aproveitamento.

Além disso, do total de 35% insatisfatórios, foram 27% de respostas erradas e somente 7% não respondidas.

Um aproveitamento aceitável, o que corresponde com o perfil da turma, que demonstra dificuldade de concentração, de compreensão, falta de conhecimentos prévios de Física, matemática e de noções básicas de práticas experimentais.

Esses problemas foram relatados pelos próprios estudantes durante a aulas, o que é percebido pela desmotivação da turma com os estudos, tendo um número muito baixo de estudantes que pretende realizar alguma avaliação para ingresso em alguma instituição de Ensino Superior ou em cursos técnicos.

Isso demonstra que se os estudantes não estiverem motivados, dispostos ou pré-disposição a aprender (MOREIRA, 1999), o trabalho pedagógico demonstrará ser pouco eficaz, gerando um resultado insatisfatório.

Como proposto por Willingham é preciso analisar os resultados anotados, reavaliar o trabalho proposto para verificar se este não está demasiadamente fácil ou difícil e planejá-lo novamente, respeitando os limites cognitivos e os conhecimentos prévios dos estudantes.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho, percebe-se que a atualização do currículo do Ensino Médio, com a introdução de conceitos de Física Moderna e Contemporânea durante o ano escolar, é uma ação necessária e urgente.

Não se pode manter a Física Moderna e Contemporânea somente como um tópico especial ou como o último assunto a ser trabalhado, caso o ano letivo permita. É um assunto necessário e que precisa de uma grande atenção e aplicação imediata nas escolas públicas.

Como analisado nas referências desta dissertação, há muito tempo é pensado e escrito sobre a necessidade de renovar o currículo de Física no Ensino Fundamental e Médio. Mas também é preciso colocar em prática e buscar meios, planejamentos e estratégias pedagógicas para tornar realidade os resultados de toda pesquisa já feita, visando impulsionar e aprimorar o Ensino de Ciências nas escolas públicas.

O uso de espectroscopia com o uso de lâmpadas se mostrou satisfatório para fazer parte da atualização do Ensino de Física Moderna no Ensino Médio.

Considerando que realizar a atividade aqui proposta, tanto no primeiro trimestre ou no segundo trimestre, tem resultados satisfatórios, sendo necessário somente organizar os conceitos prévios que serão necessários para o entendimento do tema.

Também é possível observar que o uso de materiais de qualidade nas escolas públicas auxilia os estudantes a terem novas perspectivas e possibilidade de vida, enxergando que podem mudar a realidade em que vivem e ser o que desejam.

Assim, é viável nas escolas públicas o debate sobre o combate às pseudociências e sobre construir uma cultura de pensar criticamente as informações disponíveis, sempre buscando fundamentá-las no Método Científico.

Os pontos negativos percebidos neste trabalho foram as más condições dos laboratórios didáticos, quando esses existiam, a falta de colaboração e motivação dos estudantes, a falta de contato dos estudantes com aulas experimentais, dentre vários outros fatores.

Percebemos que os estudantes não tinham uma perspectiva de continuidade dos estudos, ou planejamento de futuro, queriam simplesmente o término do Ensino Médio. Isso nos mostra que além de se renovar o currículo do Ensino de Física, é preciso um trabalho de motivação e iniciação científica dos estudantes, desde as

séries iniciais, passando por todo o Ensino Médio, para que os estudantes observem as várias possibilidades que possam surgir.

A falta de estrutura, o ambiente marginalizado e periférico onde foi aplicado o produto educacional desenvolvido nessa dissertação mostra que a realidade das escolas públicas continua precária e precisando de atenção e cuidado.

Há vários projetos e pesquisas de aplicações de iniciação científica feitos em colégios de Ensino Técnico e em regiões centrais, com melhores condições socioeconômicas, que resulta em respostas diferentes das feitas em escolas sem a devida estrutura. Mas isso não é motivo para nós esquecermos das escolas carentes. Ao contrário, precisamos aumentar os esforços e dar a devida atenção e valor às regiões de menor índice educacional e cultural, objetivando levar uma educação de qualidade para todos os estudantes.

Por fim, conclui-se que a aplicação do produto foi positiva, resultando em mais uma possibilidade para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

É importante reforçar que o produto pode ser melhorar a estrutura da caixa de lâmpadas para que se dependa menos da questão de iluminação externa, e usar menos redes de difração. É preciso também observar a necessidade de aumentar o tempo de aplicação e realização do experimento, necessitando de mais aulas, para que os estudantes se acostumem com os instrumentos e modo de trabalho em laboratório.

Afinal, a introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio é possível. O que precisa é começar a aplicar cada vez mais as pesquisas e produtos educacionais em todo o Ensino Médio, pois assim os estudantes terão a capacidade de perceber o mundo ao seu redor e analisar as informações que a eles são ofertadas.

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Ministério de Educação e Cultura**. LDB - Lei nº 9394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da Educação Nacional. Brasília : MEC, 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9394compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9394compilado.htm). Acesso em: 10 ago. 2017.
- BROOKE, N. O futuro das políticas de responsabilização educacional no Brasil. **Cadernos de Pesquisa**, v.36 n. 128 p 377-401, 2006.
- CHOPRA, D. **A cura quântica: O poder da mente e da consciência na busca da saúde integral**, Editora Best Seller. 2 ed. [s.d].
- COLÉGIO ESTADUAL CRUZEIRO DO SUL. **Projeto Político Pedagógico Colégio Estadual Cruzeiro do Sul**, Curitiba – PR, 2011.
- COLÉGIO ESTADUAL JOÃO RIBEIRO DE CAMARGO. **Projeto Político Pedagógico Colégio Estadual João Ribeiro de Camargo**, Colombo – PR, 2012.
- COSTA, T. T. DA; REIS, J. C; MORAES, A. G. DE. **A apropriação do termo “quântico”**: utilizando a Natureza da Ciência para desmistificar a visão pseudocientífica da mecânica quântica, VIII ENPEC. São Paulo, 2011.
- CUNHA, L. M. A. **Modelos Rasch e Escala de Likert e Thurstone na medição de atitudes**. Universidade de Lisboa: Orientadora: Prof. Dra. Luisa da Conceição S. Canto e Castro Loura, 2007. 78 f. Dissertação de Mestrado. Faculdade de Ciências, Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Lisboa, PT, 2007.
- DALMORO, M.; VIEIRA, K. M. Dilemas na construção de escalas tipo Likert: o número de itens e a disposição influenciam nos resultados?, **Revista gestão organizacional**. v. 6 n. 3, 2014.
- FUKE, L. F.; KAZUHITO, Y. **Física para o Ensino Médio**, v. 3. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- GASPAR, A. **Compreendendo a física**, v. 3, 2 ed. São Paulo; Ática, 2013.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R. e WALKER, J. **Fundamentos de física, v. 4**: óptica e física moderna; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi.- 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- JARDIM, V.; BARROS, J. A. A. Inserção de física moderna no Ensino Médio difração de um feixe laser. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 2, p. 154-169, 1999.
- JÚNIOR, J. B. A. A evolução do ensino de Física no Brasil (1ª parte). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.1, n.2, p. 45-59, 1980.
- JÚNIOR, J. B. A. A evolução do ensino de Física no Brasil (2ª parte). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v.2, n.1, p. 55-73, 1980.

JUNIOR, S. D. S.; COSTA, F. J. Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas Likert e Phrase Completion. **PMKT Revista Brasileira de Pesquisa de Marketing**, opinião e Mídia. v 15 n. 1-16, p. 61, 2014.

KNOBEL, M. **Ciência e pseudociência**, Física na Escola, v. 9, n. 1, 2008.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência do Ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1: p. 36-70, 2005.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. DE A. **Metodologia Científica**, 5 ed. São Paulo. Editora Atlas, 2003.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. **Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do Ensino Médio**, Ciência e Educação, v. 11, n1,p. 119-132, 2005.

MATTHIENSEN, A. **Uso do coeficiente de Cronbach em Avaliações por questionário**, Embrapa. Boa Vista, RR – Documentos (INFOTECA-E), 2011.

MENEZES, L. C. et al. *Quanta Física*, 3º ano. 2 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013. .

MOREIRA, M.A. **Teorias de aprendizagem**, São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de física**, São Paulo. Vol. 22, n. 1, p. 94-99, 2000.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa?(after all, whats is meaningfull learning) *In: Aula inaugural do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências Naturais*, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, Mt. 2010. Aceito para publicação, *Qurriculum: revista de teoria, investigación y prácticas educativas*. Laguna, Espanha n. 25, 2012, p 29-56, 2012.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. In: **XI Conferencia Interamericana sobre Enseñanza de la Física**, Guayaquil, Equador, julho de 2013 e durante o Ciclo de palestras dos 50 Anos do Instituto de Física da UFRJ, Rio de Janeiro, 2014.

NANI, A. P. S. **Ser Protagonista: Física 3**, v. 3, 1 ed., São Paulo: 2013.

NUSSENZEIG, H. M. **Curso de Física básica**, v.4, 1 ed., São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no Ensino Médio: elaboração de material didático, em forma de pôster sobre partículas elementares e interações fundamentais. Professores. **Caderno Catarinense de Ensino Física.**, v. 16, n. 3: p. 267-286, 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores v **Caderno Catarinense de Ensino Física**,. 18, n. 2: p. 135-151, 2001.

OSTERMANN, F.; RICCI T. S. F. Relatividade restrita no Ensino Médio: Contração de lorentz-fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.2, p. 176–190, 2002.

OSTERMANN, F.; RICCI T. S. F. Relatividade restrita no Ensino Médio conceitos de massa relativística e de equivalência massa-energia em livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 83–102, 2004

PATY, M. **A noção de determinismo na física e seus limites**, Scientia e Studia, v. 2, n. 4, p. 465-492, 2004.

PIETROCOLA. M., et al. **Física em contexto: pessoal social e histórico**, v.3, 1 Ed. São Paulo: FTD, 2010.

PINTO, A.C.; ZANETIC J. É possível levar a física quântica para o Ensino Médio? **Caderno Catarinense de Ensino Física**, v. 16, n. 1: p. 734, 1999.

PRETTO, N. Políticas públicas educacionais no mundo contemporâneo. Liinc em Revista, [S. l.], v. 2, n. 1, 2006. DOI: 10.18617/liinc.v2i1.201. Disponível em: <https://revista.ibict.br/liinc/article/view/3097>. Acesso em: 07 ago. 2018

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C.A. A concepção dos alunos sobre a física do Ensino Médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [online]., v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007

ROGÉRIO, P. C.; MACÁRIO, T. B. S.; OLIVEIRA, S. F.P. Identidade do Ensino Médio-para o desatar do nó: formação ou instrução para o vestibular?, **Revista eletrônica de letras**, v. 9, n. 1, 2016.

ROSA, C. W; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.

ROSA, C.W; ROSA, A. B. Ensino de ciências (Física) no Brasil: Da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educacion**, n. 58 n. , p. 1-24, 2012

SANTOS, J M. C. G.; LOPES, P Q. Teoria Quântica e Terapia Vibracional, uma nova visão a ser inserida nas práticas integrativas e complementares: uma revisão da literatura. **Revista Saúde Quântica**, v. 5 , n.5 , 2016.

SAYÃO, L. F. Modelos teóricos em ciências da informação – abstração e método científico. **Ciência da informação**, Brasília. v. 30 n. 1 p. 82-91, 2001

SEVERINO, A. J. **Metodologia do trabalho científico**, 2 ed. São Paulo: Cortez 2017.

SILVA, H. R. A.. **Física moderna no ensino médio**: a espectroscopia na gênese das modernas concepções de física e áreas afins. 2013. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, 2013.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau, **Caderno Catarinense de Ensino Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3: p. 209-214, 1992

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**, Volume 2: Elericidade e Magnetismo, Optica. Tradução Naira Maria Balzareti. 6 ed. – Rio Grande do Sul: LTC 2006.

TORRES, H G; PAVEZ T. R.; GOMES, S. BICHIR, R. M. **Educação na periferia de São Paulo**; Ou como pensar as desigualdades educacionais? In: RIBEIRO, L. C. Q.; KAZTMAN, R. (Org.). **A Cidade contra a escola?** Segregação urbana e desigualdades educacionais em grandes cidades da América Latina. Rio de Janeiro: Letra Capital; Montevidéu: Ippes, p. 59-90, 2008

VÁLIO, A. B. M. Et Al. **Ser Protagonista**: Física: 1º, 2º e 3º ano: Ensino Médio 3 ed. São Paulo. Editora SM, 2016.

WANDERLEY, T. C. A evolução das lâmpadas e a grande revolução dos LEDs. **Revista Especialize On-line IPOG** - Goiânia - 8 ed. N. 9 V.01 2014 Disponível em <https://www.ipog.edu.br/download-arquivosite.sp?arquivo=a-evolucao-das-lampadas-e-a-grande-revolucao-dos-leds441963.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2018.

**APENDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL**



# Uma proposta de Ensino dos conceitos fundamentais da Mecânica Quântica no Ensino Médio: Espectroscopia com lâmpadas

Prof. Evandro Luiz de Queiroz

Prof. Dr. Antônio Sergio Magalhães de Castro

Prof. Dr. Jeremias Borges da Silva

Produto educacional destinado aos estudantes do Ensino Médio. Material associado à dissertação de Mestrado de Evandro Luiz de Queiroz, apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Variedade de lâmpadas.....	92
Figura 2 -	Lâmpadas com sensor fotoelétrico.....	92
Figura 3 -	Constelação de Orion.....	92
Figura 4 -	Demócrito.....	93
Figura 5 -	John Dalton.....	94
Figura 6 -	J. J. Thomson.....	94
Figura 7 -	Experimento de Thomson.....	95
Figura 8 -	Ernest Rutherford.....	96
Figura 9 -	Experimento de Rutherford.....	96
Figura 10 -	Niels Bohr.....	97
Figura 11 -	Modelo atômico de Bohr.....	97
Figura 12 -	Evolução do modelo atômico.....	98
Figura 13 -	Efeito Fotoelétrico.....	103
Figura 14 -	Efeito Compton.....	105
Figura 15 -	Espectro eletromagnético.....	108
Figura 16 -	Linhas espectrais de Fraunhofer.....	110
Figura 17 -	Bunsen e Kirchhoff.....	110
Figura 18 -	Simulação de linhas.....	110
Figura 19 -	Lei de Kirchhoff para espectroscopia.....	111
Figura 20 -	Relação das linhas espectrais e a temperatura.....	114
Figura 21 -	Lâmpada Incandescente.....	115
Figura 22 -	Lâmpada Fluorescente.....	116
Figura 23 -	Lâmpada Halógena.....	117
Figura 24 -	Lâmpada de Neon (Gases Nobre) .....	118
Figura 25 -	Lâmpada de Vapores.....	118
Figura 26 -	Lâmpada de LED.....	120
Figura 27 -	Níveis de energia do Átomo de Bohr.....	121
Figura 28 -	Níveis de energia.....	121
Figura 29 -	Simulador do Átomo de Hidrogênio.....	122
Figura 30 -	Órbitas segundo de Broglie.....	123
Figura 31 -	Caixa de emissão de luz.....	136

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Comparação entre alguns conceitos da Física Clássica e da Física Moderna.....	99
Quadro 2 - Roteiro de aula simplificado.....	134

**LISTA DE VÍDEOS**

Vídeo1 - Evolução dos modelos atômicos.....	98
Vídeo 2 - Espectro Eletromagnético.....	109
Vídeo 3 - Franunhofer, Busen e Kirchhoff e a espectroscopia.....	111

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	91
<b>1 INTRUDUÇÃO</b> .....	92
<b>2 UNIDADE I</b> .....	93
2.1 FÍSICA MODERA – EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO.....	93
2.2 O ATOMISMO GREGO.....	93
2.3 O SECULO XIX.....	93
2.4 MODELO DE DALTON.....	93
2.5 MODELO DE THOMSON.....	94
2.6 MODELO DE RUTHERFORD.....	96
2.7 MODELO DE RUTHERFORD-BOHD.....	97
<b>3 A DIVISAO DA FÍSICA</b> .....	99
3.1 DIVISAO DA FÍSICA MODERNA.....	99
3.1.1 Relatividade.....	100
3.1.2 Física Nuclear.....	101
3.1.3 Mecânica Quântica.....	101
3.1.3.1 Catástrofe do Ultravioleta.....	102
3.1.3.2 Efeito Fotoelétrico.....	103
3.1.3.3 Efeito Compton.....	104
<b>4 UNIDADE II</b> .....	108
4.1 ELETROMAGNETISMO.....	108
4.2 A ORIGEM DAS LINHAS ESPECTRAIS: ÁTOMOS E LUZ.....	109
4.2.1 Leis de Kirchhoff.....	111
4.3 ESPECTROSCOPIA E A LUZ DAS ESTRELAS.....	112
4.3.1 Afinal, o que é uma estrela?.....	112
4.3.2 Espectro das estrelas.....	113
4.3.3 O espectro das lâmpadas.....	114
4.3.3.1 Lâmpadas incandescente.....	115
4.3.3.2 Lâmpadas fluorescente.....	116
4.3.3.3 Lâmpadas halógenas.....	117
4.3.3.4 Lâmpadas de neon.....	117
4.3.3.5 Lâmpadas de Vapores.....	118

4.3.3.6	Lâmpadas de LED.....	119
4.4	ÁTOMO DE BOHR E ESPECTRO DE EMISSÃO.....	120
<b>5</b>	<b>ATIVIDADE PRÁTICA - OBSERVAR O ESPECTRO DE EMISSÃO DE LÂMPADAS.....</b>	<b>124</b>
<b>6</b>	<b>UNIDADE ESPECIAL - DIODO E LED.....</b>	<b>128</b>
6.1	LED AZUL.....	129
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>132</b>
	<b>MANUAL DO PROFESSOR.....</b>	<b>133</b>
	<b>ROTEIRO DA AULA.....</b>	<b>134</b>
	<b>MONTAGEM DO EXPERIMENTO - ROTEIRO PARA O PROFESSOR.....</b>	<b>135</b>
	<b>EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO.....</b>	<b>136</b>
	<b>ANEXO.....</b>	<b>137</b>

## APRESENTAÇÃO

Vivemos em uma sociedade moderna, onde a tecnologia é a grande motivação para os estudos e pesquisas.

A Física não poderia ficar atrás, pois foi graças ao avanço dos estudos de fenômenos subatômicos que a criação de smartphones, lâmpadas de LED, TABLETS e vários outros aparelhos que usamos no nosso cotidiano foi possível.

Mas como se iniciou esses estudos subatômicos? Como ele é chamado? E quais relações podem fazer com nosso cotidiano?

Para responder a essas e a outras perguntas, convido você a iniciar uma aventura sobre uma parte do conhecimento humano, chamado Física Moderna e Contemporânea. Veremos neste produto educacional como se iniciou o estudo da Física Moderna e algumas consequências e uso no campo da Ciência e da tecnologia.

Vamos conhecer mais?

## 1 INTRODUÇÃO

Você já se perguntou como as lâmpadas dos postes se acendem? Será que tem alguém em alguma central de distribuição de luz que aperta algum interruptor?

Estrelas e Lâmpadas tem algo em comum? Como os cientistas sabem do que é feito as estrelas que estão há milhares de anos-luz da Terra?

Essas perguntas podem não serem feitas todos os dias, mas as respostas delas nos fazem compreender o funcionamento de sensores, das cores das lâmpadas e como se descobre os elementos químicos presentes em estrelas que estão tão distantes.

Para começar, vamos ver no primeiro capítulo a história do modelo atômico, seus primeiros modelos e como foi sua evolução, que sempre está pautada no Método Científico.

Veremos também algumas mudanças na Física a partir do século XX, o nascimento de uma nova área de

estudo da Física e

onde podemos usá-la hoje em dia, no nosso cotidiano, e na Ciência e tecnologia.

No segundo capítulo, vamos entender sobre o espectro, sua história e classificação, pôr em prática como se observam as linhas espectrais de uma lâmpada e como elas ajuda a responder às perguntas feitas no início do texto.

Figura 1 - Variedades de lâmpadas



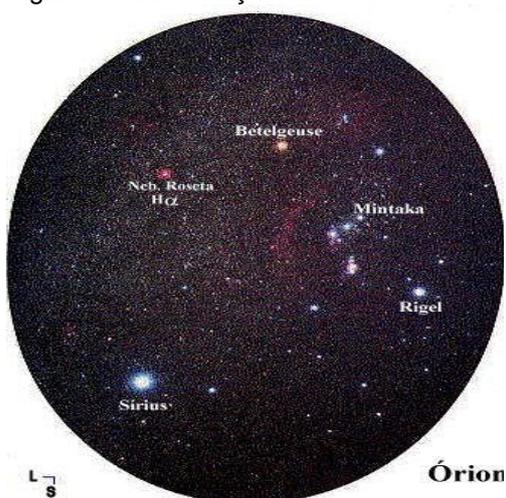
Fonte:  
<http://www.g20brasil.com.br/os-diferentes-tipos-de-lampadas>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Figura 2 - Lâmpada com sensor fotoelétrico



Fonte:  
<http://verboluzloja.com.br/p-3124121-Refletor-Com-Sensor-de-Presenca-Led-Economica>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Figura 3 - Constelação de Orion



Fonte: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis02001/aulas/aula19.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

## 2 UNIDADE I

### 2.1 FÍSICA MODERNA - EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO

Quando falamos de Modelo Científico não estamos dizendo de um cientista famoso, desfilando em uma passarela, mas sim de uma representação mais simplificada de um sistema complexo, de forma a poder entender e estudar este sistema, sem perder suas características originais.

Um grande exemplo de Modelo Científico e sua evolução durante os séculos é o Modelo Atômico do Átomo

### 2.2 O ATOMISMO GREGO

A teoria atomística começou a ser edificada por volta do século V antes de Cristo pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito.

Demócrito era atomista, afirmava que o universo tinha uma constituição elementar única que é o átomo, partícula invisível, indivisível, impenetrável e animada de movimento próprio.

Dizia também que as vibrações dos átomos provocam todas as nossas sensações.

### 2.3 O SÉCULO XIX

Essa teoria não foi aceita à época e somente foi retomada no início do século XIX, pelos pesquisadores no campo da Química, onde vários modelos foram concebidos, sendo esses os modelos atômicos mais conhecidos.

### 2.4 MODELO DE DALTON

Retomando as ideias gregas sobre a constituição da matéria dos átomos, o químico inglês John Dalton (1766-1844), baseando-se em leis já comprovadas experimentalmente - como as Leis Ponderais - propôs em 1803 uma hipótese atômica

Figura 4 - Demócrito



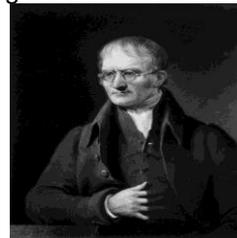
Fonte:  
<https://www.estudopratico.com.br/democrito-biografia-pensamentos-e-suas-obras/>. Acesso em: 02 jul. 2018.

apresentada no livro "*A new system of chemical philosophy*".

De forma resumida, Dalton disse que o átomo seria parecido com uma bola de bilhar, isto é, esférico, maciço e indivisível.

Em 1811, o italiano Lorenzo Romano Amadeu Avogadro, Conde de Quaregna e Cerreto (1776-1856), advogado e professor de física em Turim, com a finalidade de interpretar as leis volumétricas de Gay-Lussac (1778-1850), expôs a hipótese da existência de moléculas que constituem um agrupamento de átomos.

Figura 5 - John Dalton



Fonte:  
<https://efemeridesdoefello.com/2016/09/06/john-dalton-250-anos/>. Acesso em: 02 jul. 2018.

## 2.5 MODELO DE THOMSON

O modelo atômico de Dalton não conseguia explicar como a matéria neutra ficava eletrizada, por exemplo, quanto se atrita um pedaço de âmbar em um pano de lã, ele começa a atrair pequenos pedaços de casca de semente, papéis etc.

Esse fenômeno já era conhecido na Grécia, há 2500 anos antes, apresentado pelo filósofo Tales de Mileto.

Após o ano de 1834, se compreendeu que os átomos transportavam carga elétrica através da interpretação das leis da eletrólise do físico inglês Michael Faraday (1791-1867).

Figura 6 - J. J. Thomson



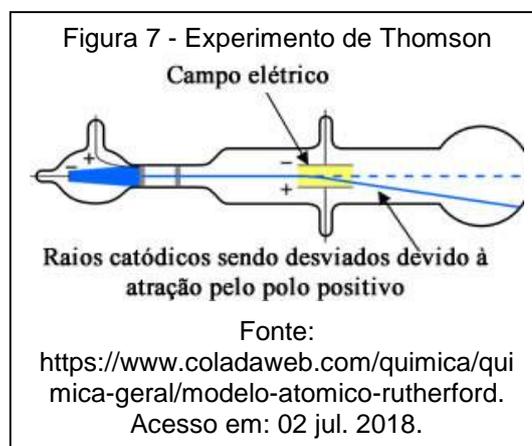
Fonte:  
<https://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-geral/modelo-atomico-thomson.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

O químico irlandês George Johnstone Stoney (1826-1911) denominou essa carga elétrica de elétron, nome grego dado ao âmbar amarelo; pois esse, quando friccionado, tinha a propriedade de atrair corpos leves, o que conduziu à descoberta de efeitos eletrostáticos.

Quando se submete um tubo com gases a voltagem altíssima, são produzidos raios catódicos. Esse experimento é conhecido como ampola de Crookes, assim, em 1897, o físico inglês Joseph John Thomson (1856-1940) passou a trabalhar com ela.

Esses raios eram desviados em direção à placa positiva quando colocado um

campo elétrico externo, o que significava que o átomo teria partículas negativas, que foram denominadas como elétrons.



Foi grande a procura da carga elementar, isto é, da menor carga que poderia ser transportada na eletrólise, após os trabalhos de Faraday e Stoney.

J.J. Thomson dividiu com o físico holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) a honra de haver iniciado o estudo do elétron, tendo recebido o Prêmio Nobel em 1906.

Durante nove anos (1909-1917), Robert Andrews. Millikan (1868–1953), físico estadunidense da Universidade de Chicago, trabalhou na determinação da carga do elétron.

No entanto, como a natureza da matéria é neutra, uma explicação razoável seria a de que haveria uma parte positiva que neutralizaria os elétrons.

Com base nesse raciocínio, em 1903, Thomson modificou o modelo de Dalton, pois o átomo não seria maciço nem indivisível, e estabeleceu o seu, que propôs o seguinte:

O átomo é uma esfera de carga elétrica positiva, não maciça, incrustada de elétrons (partículas negativas), de modo que sua carga total seja nula.

Esse modelo foi comparado a um “pudim de passas”, onde as cargas negativas estariam encrustadas na carga positiva.

## 2.6 MODELO DE RUTHERFORD

O físico neozelandês Ernest Rutherford (1871-1937), em 1911 realizou um experimento no qual bombardeou com partículas alfa (dois prótons e dois neutros) emitidas do elemento radioativo polônio, uma finíssima lâmina de ouro.

Esperava-se que uma grande quantidade de partícula alfa fosse desviada pelos átomos da folha de ouro, já que se imaginava o modelo atômico de Thomson, porém, ele observou que a maioria das partículas atravessava a folha, o que significava que o átomo deveria ter imensos espaços vazios.

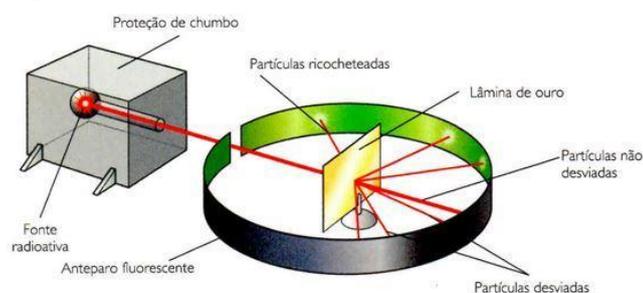
Algumas partículas eram rebatidas, o que seria explicado se o átomo tivesse um núcleo pequeno e denso e, por fim, algumas partículas alfa sofriam um desvio em sua trajetória, o que significava que o núcleo seria positivo, pois as partículas alfa eram positivas e foram repelidas ao passar perto do núcleo.

Figura 8 - Ernest Rutherford



Fonte : <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/ernest-rutherford.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Figura 9 - Experimento de Rutherford



Fonte: <https://www.coladaweb.com/quimica/quimica-geral/modelo-atomico-rutherford>. Acesso em: 02 jul. 2018.

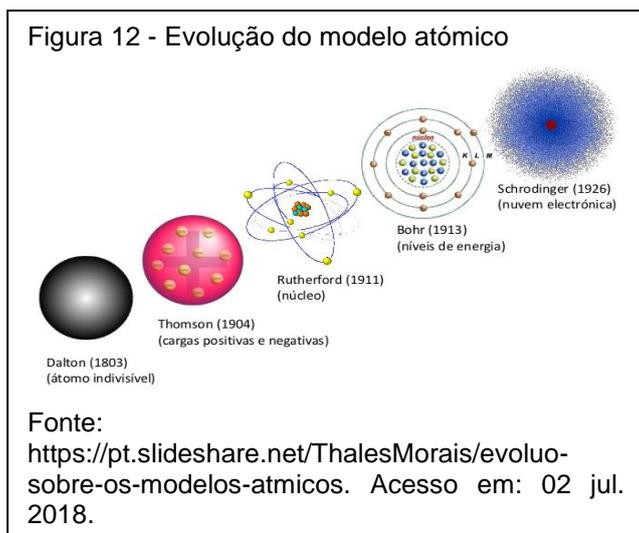
Com isso, o modelo atômico de Rutherford defendeu o seguinte:

- O átomo seria semelhante ao sistema solar, em que o núcleo representaria o Sol e os elétrons girando ao redor do núcleo seriam os planetas.
- O átomo seria composto por um núcleo muito pequeno e de carga elétrica positiva, que seria equilibrado por elétrons (partículas negativas), que ficavam girando ao redor do núcleo, numa região



O modelo de Rutherford-Bohr explica a grande maioria dos comportamentos do átomo estudados no Ensino Médio.

Entretanto, a evolução do modelo não parou no modelo de Rutherford-Bohr, existem outros modelos como do físico alemão Arnoud J. W. Sommerfeld (1868-1951) e o modelo do austríaco Erwin Schrodinger (1887-1961).



Para ajudar a conhecer a evolução do modelo atômico veja o vídeo  
Vídeo 1 - Evolução dos modelos atômicos



Fonte: CCEAD PUC RIO Tudo se transforma, História da Química, história dos modelos atômicos 2012 (13 m: 30s)  
<https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY&t=>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Texto adaptado dos sítios eletrônicos:

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm> e <http://www.sbmac.org.br/bol/bol-2/artigos/jader/jader.html>.

## EXERCÍCIOS

- 1) Pesquise o que é um modelo científico.
- 2) Pesquise e descreva sobre o método científico.
- 3) No vídeo foi mostrado a evolução sobre o modelo atômico, podemos afirmar que cada cientista trabalhou independentemente do outro, ou foi um acúmulo de conhecimento? Justifique.
- 4) O conhecimento científico é feito de maneira aleatória? Justifique.
- 5) Qualquer pesquisa, dados ou informações podem ser consideradas científicas ou confirmadas pelo método científico?

### 3 A DIVISÃO DA FÍSICA

A Física é uma Ciência que tem seu primórdio no século VI A.C., na Grécia, e passou por transformações na Idade Média com o cientista Italiano Galileu Galilei (1564-1642), o físico inglês Isaac Newton (1643 – 1727), o francês René Descarte (1596-1650), entre outros cientistas, e por uma nova reestruturação a partir do século XX.

Podemos dividir o conhecimento de Física em duas partes principais: a Física Clássica e a Física Moderna.

A Física Clássica é todo o conhecimento de Física que vai dos tempos mais antigos até o fim do século XX; a partir desse período temos a Física Moderna.

Podemos considerar que a Física Moderna tem seu início com a teoria de Max Planck, com a explicação da energia de corpo negro, em 1900, e com a teoria da relatividade de Albert Einstein, em 1905.

Observe o quadro que traz uma comparação entre a Física Clássica e a Física Moderna

Quadro 1 - Comparação entre alguns conceitos da Física Clássica e da Física Moderna.

FÍSICA CLÁSSICA	FÍSICA MODERNA
- Determinista	- Indeterminista
- Localizada	- Não local
- Tempo invariável	- Tempo é uma dimensão
- 3 Dimensões	- 4 Dimensões

Fonte: Autor

Essa diferença fez com que a comunidade científica demorasse a compreender e aceitar as novas teorias e conceitos, mas depois de muitas pesquisas, hipóteses e discussões, os conceitos da Física Moderna foram aceitos e hoje se tem um grande avanço tecnológico, graças a esses estudos.

#### 3.1 DIVISÃO DA FÍSICA MODERNA

Física Moderna é nome dado aos estudos e teorias surgidas no começo do século XX, começando com a Mecânica Quântica, a Teoria da Relatividade e as

mudanças nas concepções até então inalteradas, bem como todas as teorias posteriores.

De fato, dessas duas teorias resultaram drásticas alterações no entendimento das noções do espaço, tempo, medida, causalidade, simultaneidade, trajetória, localidade e composição da matéria.

A Física Moderna também é subdividida em áreas de estudo, assim como a Física Clássica. Pode ser segmentada em três grandes áreas de estudo: Mecânica, Termodinâmica, Eletromagnetismo, que podemos dividir em relatividade, nuclear e quântica.

Texto adaptado de: <http://www.fisica.net/fisica-moderna>, acesso em 10 jul. 2018.

### 3.1.1 Relatividade

A Teoria da Relatividade é a denominação dada ao conjunto de duas teorias científicas: a Relatividade Restrita (ou especial) e a Relatividade Geral.

A Relatividade Especial é uma teoria publicada em 1905, por Albert Einstein, concluindo estudos precedentes do matemático francês Henri Poincaré e do físico holandês Hendrik Lorentz, entre outros.

Ela substitui os conceitos independentes de espaço e tempo da Teoria de Newton pela ideia de espaço-tempo como uma entidade geométrica unificada.

O espaço-tempo na relatividade especial consiste em uma variedade diferenciável de 4 dimensões, três espaciais e uma temporal (a quarta dimensão).

É nessa teoria, também, que surge a ideia de velocidade da luz invariante.

O termo especial é usado porque ela é um caso particular do princípio da relatividade em que efeitos da gravidade são ignorados.

Dez anos após a publicação da teoria especial, Einstein publicou a Teoria Geral da Relatividade, que é a versão mais ampla da teoria, em que os efeitos da gravitação são integrados, surgindo a noção de espaço-tempo curvo.

Texto adaptado do sitio: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/relatividade>, acesso em 10 jul. 2018.

### 3.1.2 Física Nuclear

Esta área da Ciência teve início a partir da evolução do conceito científico acerca da estrutura atômica, pois até meados do século XIX acreditava-se que os átomos eram esferas maciças indestrutíveis e indivisíveis.

Esses conceitos estavam de acordo com a teoria atômica de John Dalton. Para extrair um elétron de um átomo, é necessária uma certa quantidade de energia.

Da mesma forma, cada núcleo (próton ou nêutron) necessita também de grande quantidade de energia, que é da ordem de milhões de vezes.

Por esse motivo, a Física Nuclear é denominada Física de alta energia.

A Física Nuclear tem como objeto de estudo o núcleo atômico e suas propriedades.

Os núcleos possuem propriedades que podem ser classificadas como estáticas (carga, tamanho, forma, massa, energia de ligação, spin, paridade, momentos eletromagnéticos etc.) e dinâmicas (radioatividade, estados excitados, reações nucleares, etc.).

Estas propriedades são analisadas através de modelos nucleares que são baseados na mecânica quântica, relatividade e teoria quântica de campos.

A descoberta de que os núcleos (prótons e nêutrons) são na realidade sistemas compostos, redirecionou o interesse dos Físicos nucleares para a investigação dos graus de liberdade de quarks e, com isto, atualmente os domínios de pesquisa da Física nuclear e da Física de partículas se tornaram interligados.

Texto adaptado de: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/nuclear>, acesso em 10 jul. 2018.

### 3.1.3 Mecânica Quântica

A Mecânica Quântica é a teoria Física que obtém sucesso no estudo dos sistemas físicos, cujas dimensões são próximas ou abaixo da escala atômica, tais como moléculas, átomos, elétrons, prótons e de outras partículas subatômicas, muito embora também possa descrever fenômenos macroscópicos em diversos casos.

A Mecânica Quântica é um ramo fundamental da Física com vasta aplicação.

A teoria quântica fornece descrições precisas para muitos fenômenos que não

são explicados pela Física clássica, tais como a radiação de corpo negro e as órbitas estáveis do elétron.

Apesar de na maioria dos casos a Mecânica Quântica ser relevante para descrever sistemas microscópicos, os seus efeitos específicos não são somente perceptíveis em tal escala.

Por exemplo, a explicação de fenômenos macroscópicos como a superfluidez e a supercondutividade só é possível se considerarmos que o comportamento microscópico da matéria é quântico.

A quantidade característica da teoria, que determina quando ela é necessária para a descrição de um fenômeno, é a chamada constante de Planck.

### 3.1.3.1 Catástrofe do Ultravioleta

A Mecânica Quântica iniciou com a resolução da catástrofe do ultravioleta dada por Max Planck.

No final do século XIX, os físicos não conseguiam explicar por completo a emissão de radiação de um corpo negro, pois a teoria dizia que quanto maior a temperatura do corpo, mais energia ele deveria emitir, ou seja, a energia emitida seria infinita. Porém, os experimentos demonstravam uma curva característica e com energia bem definida.

Em 1900, o alemão Max Karl Ernest Ludwig Planck (1858 - 1947), buscou resolver esse problema, que vinha estudando desde 1897.

Max Planck propôs que a energia emitida pelo corpo não era contínua, mas sim discreta, ou seja, em um - "ato de desespero, porque a questão tinha que ser resolvida". Como ele mesmo disse, a energia não era emitida ou absorvida de forma contínua como se tinha proposto na teoria clássica do físico escocês James Clark Maxwell (1831-1879), mas em pequenas porções múltiplas de uma quantidade mínima chamada por ele de quanta. Essas porções eram proporcionais à frequência de radiação.

Sendo assim, a energia agora não era mais contínua, mas sim quantizada. Esses pacotes de energia poderiam assumir valores dados por:

$$E = n \cdot h \cdot f \tag{1}$$

Onde:

$E$  = é a energia quantizada,

$n$  = é um número inteiro positivo,

$h$  = é a constante de Planck, com valor de  $6,626 \times 10^{-34}$  Js, e

$f$  = é a frequência da radiação.

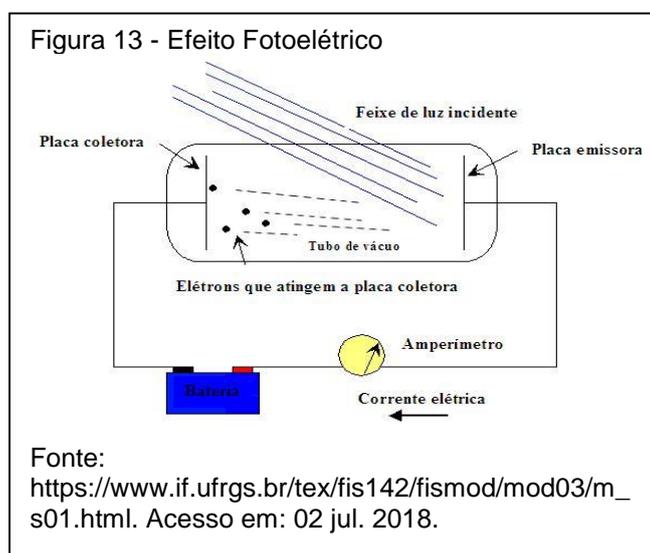
Planck ainda tinha a esperança de que alguém provasse que seu ato de desespero estivesse errado e o corrigisse, porém mal sabia ele que estava iniciando uma nova Física, que se mostrou de tamanha relevância. Ele foi laureado em 1918, com o prêmio Nobel.

### 3.1.3.2 Efeito Fotoelétrico

Usando a teoria de Max Planck, o também alemão Albert Einstein (1879-1955), explicou o efeito fotoelétrico.

O físico russo Alexander Staletov (1857–1896) e físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894), na metade do século XIX, observaram que radiações eletromagnéticas de um tipo específico, ao incidirem sobre a superfície de uma placa metálica, faziam com que elétrons pertencentes a ela escapassem após absorverem energia. Esse fenômeno é denominado efeito fotoelétrico.

Porém, a Física Clássica não conseguia explicar o fato de que a emissão dos elétrons dependia da frequência da radiação e não da sua intensidade.



Einstein, em 1905, utilizou da noção de quantização da energia proposta por Planck e postulou que a energia era quantizada, chamando-a de fóton.

Einstein também sugeriu que cada fóton transporta um quantum de energia ( $E = h \cdot f$ ) (2), ou seja, em lugar de se espalhar nas frentes de ondas, como estabelecida a teoria eletromagnética, a energia é transportada em pacotes discretos.

O elétron absorve toda a energia transportada pelo fóton de uma vez só. Se essa energia for igual ou maior à função trabalho (energia necessária para o elétron seja ejetado do metal) ele será ejetado; caso essa energia seja menor nada ocorre, mesmo aumentando a quantidade de fótons emitidos.

Com isso, Einstein conseguiu explicar que a emissão depende da frequência, pois ela está relacionada com a energia do fóton,  $E = h \cdot f$  (2), e não com a intensidade da luz.

Se a energia não for igual ou superior à função trabalho, não haverá o efeito fotoelétrico.

Se um elétron pode ganhar energia ao absorver um fóton, como ocorre no efeito fotoelétrico, ele pode também perder energia emitindo fótons.

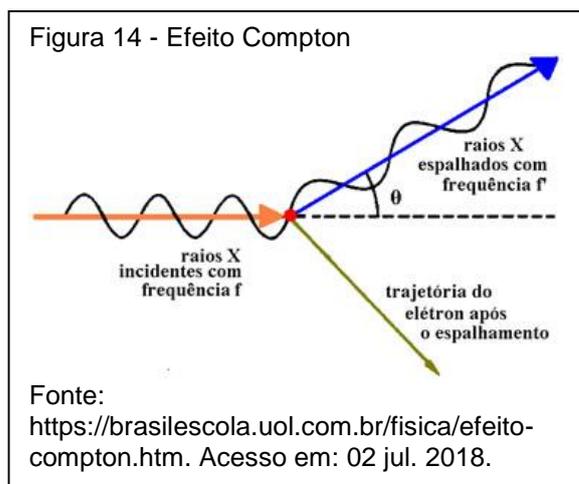
### 3.1.3.3 Efeito Compton

Foi no ano de 1922 que o físico estadunidense Arthur Holly Compton (1892-1962), após realizar alguns estudos sobre a interação radiação-matéria, percebeu que quando um feixe de raios X incidia sobre um alvo de carbono, sofria um espalhamento.

Inicialmente, Compton não percebeu nada de errado, pois suas medidas indicavam que o feixe espalhado tinha frequência diferente do feixe incidente logo após atravessar o alvo.

De acordo com a teoria ondulatória, tal conceito era dado como certo, pois a frequência de uma onda não é alterada por nenhum fenômeno que ocorre com ela, sendo característica da fonte que a produz.

Mas o que se constatou, através da experimentação, foi que a frequência dos raios X era sempre menos que a frequência dos raios X incidentes, dependendo do ângulo de desvio.



Para explicar o sucedido, Compton inspirou-se na abordagem de Einstein, ou seja, ele interpretou os raios X como sendo feixes de partículas e a interação como sendo uma colisão de partículas.

A energia do fóton incidente, de acordo com Einstein e Planck, seria  $E = h \cdot f$  (2).

A abordagem funcionou perfeitamente, mas Compton foi ainda mais longe. Ele investigou também a interação do ponto de vista da lei da conservação da quantidade de movimento.

Experimentalmente, verificou que essa lei valia para diversos ângulos de espalhamento, desde que a quantidade de movimento do fóton fosse definida como:

$$Q_{\text{foton}} = \frac{h \cdot f}{c} = \frac{h}{\lambda} \quad (3)$$

Onde:

Q – é a quantidade de movimento do fóton

c – é a velocidade da luz no vácuo

h – é a constante de Planck, e

$\lambda$  – é o comprimento de onda da radiação

O escocês inventor da Câmara de Nuvens, Charles Thomson Rees Wilson (1869-1959), obteve experimentalmente as trajetórias dos fótons e dos elétrons espalhados, em colaboração com Compton.

Duas características são notáveis na expressão acima: uma é a própria redefinição da quantidade de movimento, que não pode ser escrito como a relação de massa e velocidade, ( $Q = m.v$ ) (4), porque o fóton não tem massa; e a outra característica que pode ser observada é o estabelecimento de uma clara associação entre uma grandeza típica de corpúsculos, isto é, a matéria, e uma grandeza caracteristicamente ondulatória, comprimento de onda ou frequência.

Compton ainda desenvolveu um método que provava que o fóton e o elétron eram espalhados simultaneamente, o que impedia explicações envolvendo absorção e posterior emissão de radiação.

Texto adaptado dos sítios eletrônicos: <http://www.fisica.net/mecanica-quantica/> e <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/efeito-compton.htm>.

---

## EXERCÍCIOS

6) A Mecânica Quântica descreve o comportamento de objetos:

- a) que se movem em alta velocidade.
- b) de dimensões muito pequenas.
- c) que se movem em campos gravitacionais fortes.
- d) de dimensões macroscópicas.

7) A mecânica quântica teve seus primeiros estudos publicados em

- a) 1850
- b) 1950
- c) 1800
- d) 1900

8) Quais destes Físicos propôs a ideia de que a energia não era contínua, mas feita de pacotes de energia

- a) Niels Borh
- b) Albert Einstein
- c) Max Planck
- d) Ernest Ruthenford

9) Qual é a energia de um quantum de luz com a frequência de 10000 hertz?

$$h=6,626 \times 10^{-34} \text{ Js}$$

- a)  $6,626 \times 10^{-30}$
- b) 6626 J
- c) 10 J
- d)  $6626 \times 10^{-34} \text{ J}$

10) Qual destes Físicos esclareceu o efeito fotoelétrico?

- a) Albert Einstein
- b) Louis de Broglie
- c) Max Planck
- d) Ernest Rutherford

11) No efeito fotoelétrico, a luz é percebida como:

- a) Onda
- b) Partícula
- c) Conjunto de partícula
- d) Conjunto de onda

12) O efeito fotoelétrico é um fenômeno no qual

- a) fótons se tornam elétrons.
- b) a luz se torna em partículas.
- c) a luz se torna onda.
- d) elétrons são liberados de orbitas atômicas.

13) Objetos do mundo Macroscópicos não exibem propriedades de onda, já

que

- a) não possuem uma natureza de onda.
  - b) não possuem energia suficiente.
  - c) o comprimento de onda de matéria é muito curto.
  - d) o comprimento de onda de matéria é muito longo.
- 

## 4 UNIDADE II

### 4.1 ELETROMAGNETISMO

O físico escocês James Clark Maxwell (1831-1879), em 1865, unificou a eletricidade, o magnetismo e a luz ao demonstrar que a luz é uma onda eletromagnética.

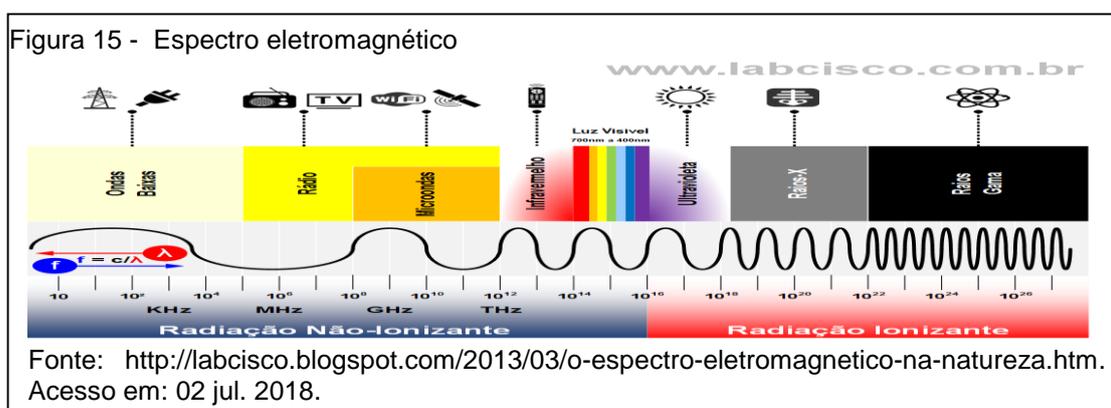
Ondas são perturbações que se propagam pelo espaço carregando energia e nunca matéria.

As ondas são classificadas em relação a sua natureza de perturbação como ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, e em relação à direção de propagação como ondas longitudinais e ondas transversais.

Uma onda eletromagnética é uma onda transversal que se propaga pela variação do campo magnético e do campo elétrico.

As ondas eletromagnéticas têm um amplo espectro que vai desde as ondas de rádio até a radiação cósmica.

Observe o esquema abaixo.



As ondas eletromagnéticas podem ser caracterizadas pela sua amplitude, polarização, velocidade de propagação, sua frequência e comprimento de onda.

A amplitude de uma onda é o valor máximo da perturbação e está relacionada à intensidade da onda.

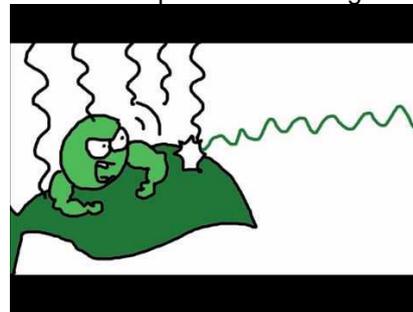
Polarização é quando se define um único sentido de perturbação para a onda eletromagnética. Não conseguimos perceber a polarização da luz com nossos olhos.

Velocidade de propagação é a velocidade com que a onda se propaga em um meio. A propagação da luz no vácuo, por exemplo, vale  $3 \times 10^8$  m/s, a maior velocidade possível.

Frequência é a medida em números de oscilações que a perturbação faz em cada unidade de tempo, e está relacionada à energia da onda.

Já o comprimento de onda é a distância entre dois pontos que se repete de uma onda. Podemos relacionar a cor de uma onda, no espectro do visível, pelo seu comprimento de onda.

Para entender melhor as ondas eletromagnéticas, assista ao vídeo. Vídeo 2 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Quer que desenhe? Espectro eletromagnético 2013 (4 m: 51s) <https://www.youtube.com/watch?v=3po0Ek5aPKE>. Acesso em: 02 jul. 2018.

## 4.2 A ORIGEM DAS LINHAS ESPECTRAIS: ÁTOMOS E LUZ

Espectro é uma representação das amplitudes ou intensidades - o que geralmente traduz-se por energia - dos componentes ondulatórios de um sistema quando discriminadas uma das outras em função de suas respectivas frequências (ou comprimentos de onda). Também podemos entender o espectro como a intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda.

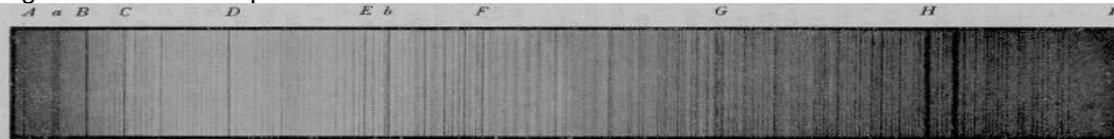
Podemos pegar como o exemplo as cores do arco-íris, que representam o espectro visível da luz.

O físico inglês Isaac Newton (1643-1727) demonstrou, em 1665-66, que a luz branca, como a luz do Sol, se decompõe nas cores do arco-íris ao passar por um prisma.

Mais tarde, o médico, químico e físico inglês William Hyde Wollaston (1766-1828) interpretou de forma errada, em 1802, algumas linhas escuras que eram observadas quando a luz atravessava óleos e outras substâncias. Ele imaginou que fossem os limites das cores.

O alemão Joseph Ritter von Fraunhofer (1787 – 1826) era um fabricante de instrumentos de vidros como lentes e prismas, e até o ano de 1820 já havia contado 574 linhas escuras no espectro do sol. Essas linhas posteriormente foram chamadas de linhas de Fraunhofer.

Figura 16 - Linhas espectrais de Fraunhofer



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Em 1856, o químico alemão Robert Wilhelm Eberhard Bunsen (1811-1899) inventou o bico de gás (bico de Bunsen), cuja vantagem era a de ter a chama incolor. Bunsen e seu jovem ajudante, o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), em 1856, observaram linhas claras quando colocavam alguns elementos químicos no fogo e observaram também a chama colorida através de um prisma; o contrário de Fraunhofer, que observou linhas escuras.

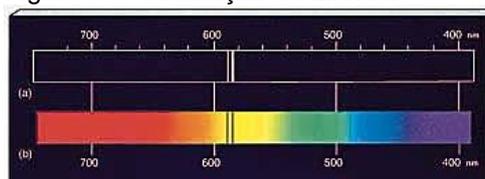
Figura 17 Bunsen e Kirchhoff



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Cada elemento gerava uma série de linhas diferentes. Por exemplo, o sódio apresentava linhas no amarelo, o mercúrio tinha linhas no amarelo e no verde, e o neônio tinha linhas no vermelho.

Figura 18 - Simulação de Linhas.



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Kirchhoff, com o intuito de comparar as linhas escuras descobertas por Fraunhofer com as linhas claras descobertas por ele e por Bunsen, passou a luz solar através de uma chama de sódio, porém as linhas claras se tornaram mais intensas. Sendo assim, percebeu que o sol era um gás ou um sólido quente e, posteriormente, descobriu outras linhas espectrais como a do Ca, Cr, Mg, Co, Ni, Zr e Ba no Sol.

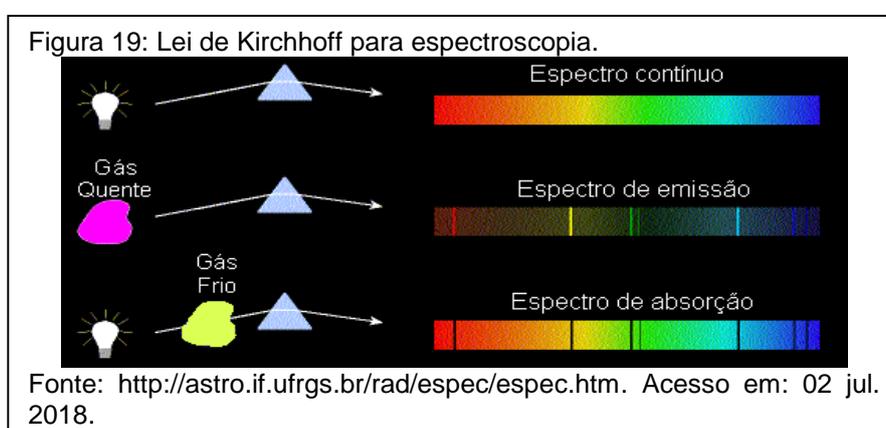
Em 1860, Kirchhoff formulou as três leis empíricas da espectroscopia, para determinar a composição de uma mistura de elementos.

#### 4.2.1 Leis de Kirchhoff

1) Um corpo opaco quente, sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo.

2) Um gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes (de emissão). O número e a posição destas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

3) Se um espectro contínuo passar por um gás à temperatura mais baixa, o gás frio causa a presença de linhas escuras (absorção). O número e a posição destas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.



Como existe espectro contínuo se os átomos emitem linhas discretas?

Átomos têm velocidades diferentes e os comprimentos de ondas se deslocam pelo efeito Doppler, sendo assim, quando átomos interagem com outros, as linhas espectrais são alargadas.

Quando um conjunto de átomos interage fortemente, como em um sólido, líquido ou gás opaco, todas as linhas são tão alargadas que produzem um contínuo térmico.

As linhas escuras são produzidas devido o gás frio, que absorve mais radiação do que emite.

Assista ao vídeo para relembrar os trabalhos dos cientistas  
Vídeo 3: Fraunhofer, Bunsen e Kirchhoff e a espectroscopia.



Fonte:  
<https://www.youtube.com/watch?v=qOj-q5xceyZU&t>. Acesso em: 02 jul. 2018.

### 4.3 ESPECTROSCOPIA E A LUZ DAS ESTRELAS

No início do século XX, os cientistas começaram a aprender mais sobre a estrutura dos átomos e a natureza da luz e a compreender a formação dos espectros.

Fraunhofer, em 1823, observou que as estrelas tinham espectros de linhas escuras como o Sol, porém, somente 40 anos depois, investigações mais completas dos espectros das estrelas notaram que os espectros das estrelas eram diferentes e só, ou seja, nem todos pareciam com o sol, somente alguns.

Essas observações foram feitas pelo astrônomo britânico Sir William Huggins (1824-1910), e pelo astrônomo italiano jesuíta Irmão Angelo Secchi (1818-1878), do observatório do Vaticano.

A primeira classificação dos espectros das estrelas, de acordo com as linhas escuras, foi feita por Secchi, em 1863.

Atualmente, a classificação espectral usada foi desenvolvida no observatório de Harvard, nos Estados Unidos, no início do século XX.

Mais do que a composição química, é a temperatura que determina o espectro das estrelas, pois a composição química das estrelas em geral é praticamente a mesma, cerca de 90% de hidrogênio e por volta de 9 de hélio; os outros elementos estão em torno de 1 % a 2%.

As linhas escuras no espectro estelar estão associadas a um elemento químico na atmosfera da estrela. Porém, como elas possuem temperaturas diferentes, os espectros não são iguais. Isso se dá porque, para estrelas como o sol, as temperaturas são muito mais baixas, o hidrogênio está no estado fundamental e poucas colisões que sejam energéticas o suficiente para excitar o hidrogênio podem acontecer.

Já em estrelas com temperaturas muito mais altas, o hidrogênio está quase todo ionizado, devido às frequentes colisões e, novamente, existem muito poucos átomos excitados.

#### 4.3.1 Afinal, o que é uma estrela?

Estrelas nascem nas nebulosas, que são imensas nuvens de gás, compostas basicamente de Hidrogênio e de Hélio (os elementos mais comuns no Universo).

Pode haver regiões da nebulosa com maior concentração de gases. Nessas

regiões a força gravitacional é maior, o que faz com que ela comece a se contrair.

Quando um gás se contrai, ele esquenta (note por exemplo que, ao encher um pneu de bicicleta, a bomba fica quente porque o ar foi comprimido). É por esse motivo que a temperatura desses gases vai aumentando.

A temperatura final vai depender do tamanho dessa região mais densa. Se houver muito gás, a temperatura aumentará o suficiente para "acender" o combustível nuclear e iniciar a queima do Hidrogênio (fusão nuclear); esse processo libera muita energia: nasce uma estrela!

Caso contrário, se não há massa suficiente, após a contração o objeto começa a se esfriar; é o que chamamos de Anãs Marrons.

Esse tipo de astro produz muito pouca energia e são mais parecidos com planetas como Júpiter do que com as estrelas.

A massa mínima para acender as reações nucleares e formar uma estrela é de 50 vezes a massa de Júpiter.

No início as estrelas produzem o Hélio a partir do Hidrogênio (H), depois o Hélio (He) é queimado produzindo Lítio (Li), e assim por diante.

Dessa forma, elas vão criando elementos novos. Essas reações ocorrem na região mais central, denominada *núcleo*.

O que mantém as estrelas estáveis é um equilíbrio entre a força gravitacional (que tende a puxar todo o seu conteúdo para o centro) e a pressão (que faz com que os gases se expandam).

Quanto maior a temperatura, maior a pressão.

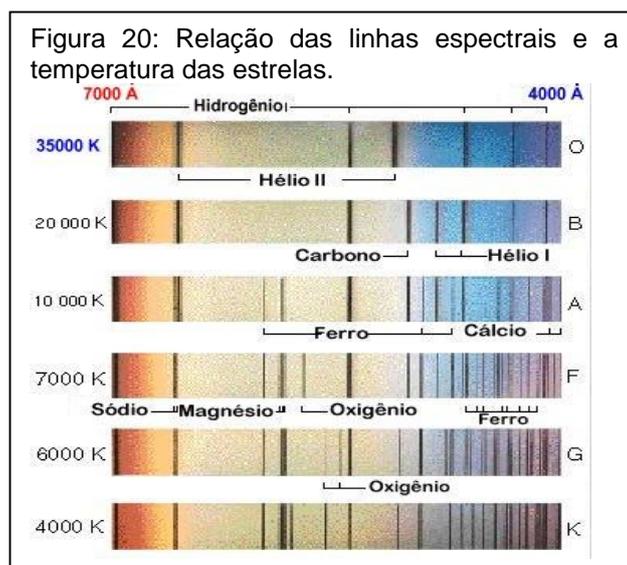
#### 4.3.2 Espectro das estrelas

O astrônomo italiano Giovanni Battista Donati (1826-1873), em Florença, o advogado e astrônomo estadunidense Lewis Morris Rutherfurd (1816-1892), em Nova Iorque, o matemático e astrônomo britânico George Biddel Airy (1801-1891), em Greenwich, William Huggins, em Londres, e Pietro Angelo Secchi, em Roma, impulsionaram a observação dos espectros das estrelas no ano de 1860. O astrônomo sueco Anders Jonas Ångström (1814-1874), em 1862, aumentou a precisão de medida do comprimento de onda e identificou as linhas de hidrogênio no Sol.

O Hidrogênio (H) já era conhecido desde 1766, quando o físico e químico britânico Henry Cavendish (1731-1810) o descobriu.

Em 1868, o elemento químico Hélio (He) foi descoberto pelo astrônomo inglês Sir Joseph Norman Lockyer (1836-1920), ao descobrir uma linha inexplicável na parte amarela do espectro do Sol.

De forma independente, o astrônomo francês Pierre-Jules-César Janssen (1824-1907), no mesmo ano, também descobriu o mesmo elemento químico.



O químico escocês Sir William Ramsay (1852-1916) descobriu na Terra o Hélio (He), quando o espectro de um minério de urânio contendo Hélio (He) produziu uma linha na posição exata daquela encontrada por Lockyer no espectro do Sol.

Texto adaptado de: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm> e <http://www.cbpf.br/~martin/CAMS/Estrelas/vidaestrelas.html>.

#### 4.3.3 O espectro das lâmpadas

Há uma interligação muito forte entre o ser humano e a natureza, na necessidade que ambos possuem, conscientemente ou não, de estar em contato com a luz solar para ter uma vida produtiva e saudável.

Durante milênios, após a descoberta do fogo, o ser humano dedicou esforços na intenção de desenvolver formas de iluminar que pudessem facilitar suas tarefas diárias, bem como seus momentos de lazer.

A busca por uma iluminação nas ruas e casas sempre foi uma necessidade da sociedade, que de início usava lamparinas a gás ou fluidos como querosene para

acender uma tocha e iluminar seu caminho, passando por descobertas como a iluminação com gordura animal e vegetal em lucernas e a lâmpada de Argand.

Logo após, evoluíram para as lâmpadas elétricas incandescentes de Thomas Edison e suas várias derivações, como as lâmpadas halógenas, de vapor e fluorescentes e, em seguida, chegamos à era do Light Emitting Diode, em português, Diodo Emissor de Luz, mais comumente chamado de LED.

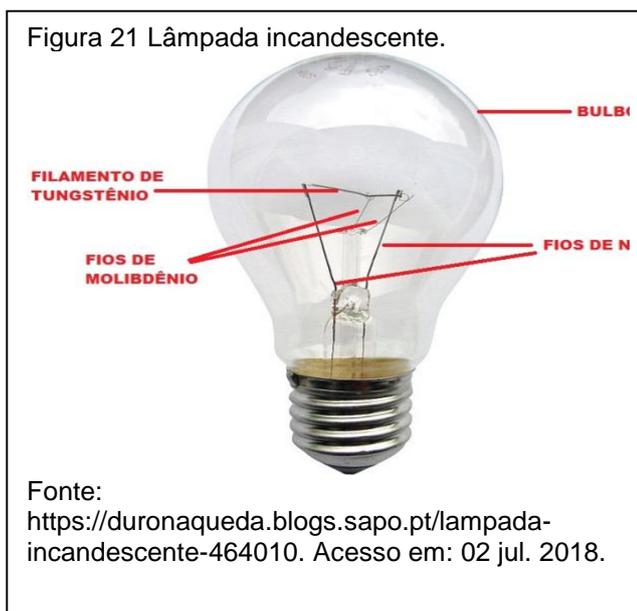
As lâmpadas são de grande utilidade no nosso cotidiano, tanto para as residências e ruas quanto para as empresas. Elas ajudam a iluminar os ambientes para leitura, estudos, conversas, trabalho, ilumina as ruas para segurança, entre outras utilidades.

Hoje temos no mercado vários tipos de lâmpadas como:

#### 4.3.3.1 Lâmpada incandescente

Em 1874, os canadenses Henry Woodward e Matthew Evans patentearam a lâmpada incandescente, que foi inventada pelo britânico Warren de la Rue (1815-1889), em 1840.

Seu inventor foi o estadunidense Thomas Alva Edison (1847-1931), que na verdade comprou a patente em 1879 e a comercializou.



Essa lâmpada é chamada de incandescente, pois é composta por um filamento metálico envolto em um vidro com uma atmosfera rarefeita dentro do bulbo, comumente o tungstênio, que ao passar uma corrente elétrica este esquenta ao ponto de emitir luz e calor.

O rendimento desta lâmpada é mínimo, pois somente cerca de 5% da energia elétrica se transforma em energia luminosa, os outros 95% são transformados em calor.

Daí o nome *incandescente* - o que está ou se encontra em estado de brasa.

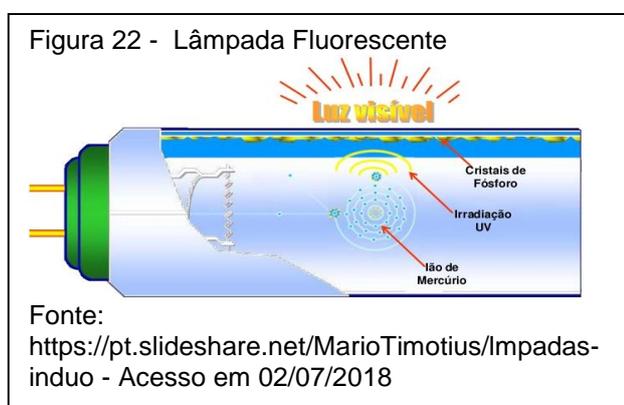
#### 4.3.3.2 Lâmpada fluorescente

Um grande inventor contemporâneo a Thomas Edison e rival foi o austríaco Nikola Tesla (1858-1943), que criou a lâmpada fluorescente, comercializada a partir de 1938.

Ao contrário das lâmpadas de filamento, ela possui grande eficiência por emitir mais energia luminosa que elétrica. Ela transforma 20% da energia elétrica em luz e 80 % em energia térmica.

As lâmpadas fluorescentes possuem quatro componentes básicos: um tubo de vidro transparente, dois eletrodos, uma mistura de gases e um material que reveste internamente o todo.

Ao se energizar esse tipo de lâmpada, os eletrodos geram uma corrente elétrica que, ao passar através da mistura gasosa, emite radiação ultravioleta.



A luz UV é, então, transformada em luz pelo silicato de zinco ou fósforo, os materiais mais usados no revestimento interno do tubo.

Essas substâncias têm a propriedade de transformar a radiação UV em luz visível pelo processo de fluorescência.

#### 4.3.3.3 Lâmpada halógena

Em 1958, foi introduzida a lâmpada halógena, inventada pela GE Lighting em 1957. São lâmpadas incandescentes com filamento de tungstênio.

Esse filamento fica encaixado em um invólucro de quartzo muito menor, pelo fato de o invólucro ficar tão próximo do filamento. Ele derreteria se fosse feito de vidro.

Figura 23 - Lâmpada Halógena



Fonte:  
<http://www.repel.com.br/iluminacao/la-cent-mpada-hala-sup3-gena-24v-250w-philips.html>. Acesso em: 02 jul. 2018.

O gás dentro do invólucro também é diferente, consiste em um gás de um grupo halogênio. Esses gases reagem com o vapor de tungstênio.

A lâmpada halógena tem uma vida útil maior que as incandescentes comuns, porém essas emitem tanto calor quanto ela.

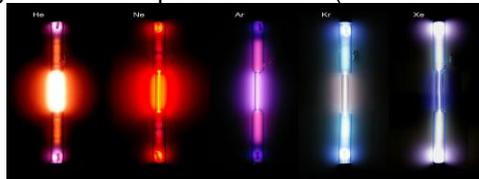
#### 4.3.3.4 Lâmpada de neon

Foi criada pelo químico francês Georges Claude, em 1912.

Os tubos de neon são de vidro e contêm um gás rarefeito (neon - neon com vapor de mercúrio, por exemplo), dentro da ampola, com dois eletrodos nas extremidades.

Ao aplicar aos eletrodos uma tensão suficientemente elevada, o tubo se ilumina com uma cor que depende do gás utilizado.

Figura 24 - Lâmpada de Neon (Gases Nobres)



Fonte:

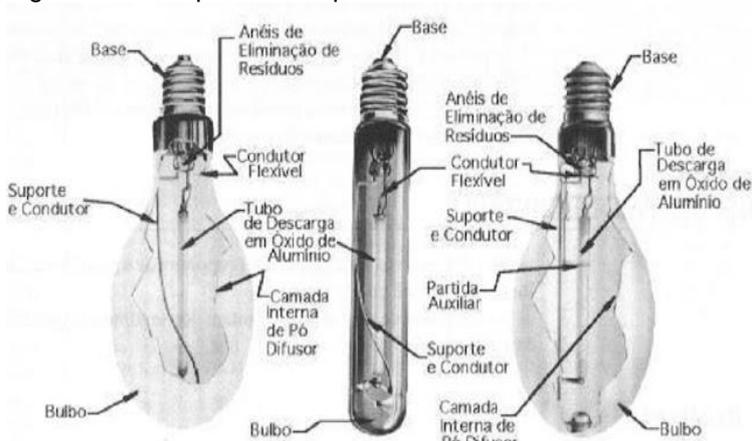
[https://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s\\_nobres#/media/File:Edelgase\\_in\\_Entladungsroehre\\_n.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/G%C3%A1s_nobres#/media/File:Edelgase_in_Entladungsroehre_n.jpg). Acesso em: 02 jul. 2018.

#### 4.3.3.5 Lâmpada de vapores

Foi desenvolvida por volta de 1930. A lâmpada de vapor de Sódio sob baixa pressão é constituída por uma ampola, dentro da qual existe um tubo de descarga com gás (neon ou argônio) e sódio depositado nas suas paredes.

A ionização do gás desta lâmpada tem de ser feita com uma tensão relativamente elevada (superior à da rede), por isso é utilizado para o seu arranque um transformador.

Figura 25 - Lâmpada de Vapores



Fonte: <https://cdpena5431.files.wordpress.com/2012/07/como-funciona-a-lampada-de-vapor-metc3a1lico.jpg>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Em 1960, foi inventada a lâmpada de sódio de alta pressão. Essas lâmpadas

diferem pela emissão de luz branca e dourada, indicada para iluminação de locais onde a reprodução de cor não é um fator importante. É amplamente utilizada na iluminação externa, em vias públicas etc.

Em 1931, foi inventada a lâmpada de vapor de mercúrio. Essa lâmpada tem dentro do tubo, descarga de vapor de mercúrio e argônio e quatro eletrodos, dois principais e dois auxiliares.

A luz dessa lâmpada é caracterizada pela falta de radiações vermelhas, tomando uma cor branco azulada (este inconveniente pode ser melhorado com a junção em série de um filamento de tungstênio, originando uma lâmpada mista).

Essa lâmpada tem grande aplicação na iluminação de estradas, aeroportos, grandes naves industriais e, geralmente, em grandes espaços exteriores.

As lâmpadas de iodetos metálicos são lâmpadas que combinam iodetos metálicos, apresentando altíssima eficiência energética e excelente índice de reprodução de cor.

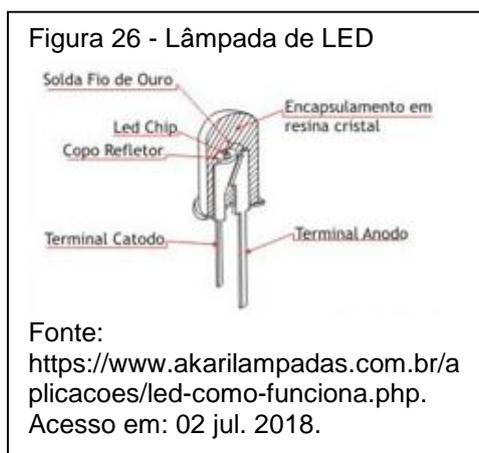
Com uma luz extremamente branca e brilhante, realça e valoriza o espaço e ilumina com intensidade, além de apresentar longa durabilidade e baixa carga térmica.

#### 4.3.3.6 Lâmpada de LED

O diodo semicondutor é um dispositivo ou componente eletrônico composto de cristal semicondutor de silício ou germânio numa película cristalina, cujas faces opostas são dotadas de diferentes gases durante a formação.

Em 1961, Robert Biard e Gary Pittman, pesquisadores da *Texas instruments*, descobriram que o Gás (arsenieto de Gálio, um dos compostos usados na fabricação de diodos retificadores de sinais) emitia radiação infravermelha quando percorrida por uma corrente elétrica.

A radiação infravermelha não é visível pelo ser humano a olho nu. Somente em 1962 Nick Holonyak Jr. da *General Electric*, conseguiu obter luz visível (vermelha) a partir de um LED. Robert e Gary patentearam o LED, mas Holonyak é considerado o pai do diodo emissor de luz.



Em 1971, surgiu o LED azul, mas sua intensidade luminosa era muito baixa. Somente em 1989 é que surgiram os primeiros LEDs azuis comerciais, o que permitiu a criação dos diversos dispositivos visuais a LED (TV de Led, Painéis RGB etc.)

Apesar de terem sido inventados em 1961, os LED chegaram ao ramo de iluminação somente em 1999.

Cada uma dessas lâmpadas pode imitar uma luz de cor e características diferentes, cada gás emite um espectro único o que pode ser utilizado para diferenciar os tipos de lâmpadas que se tem.

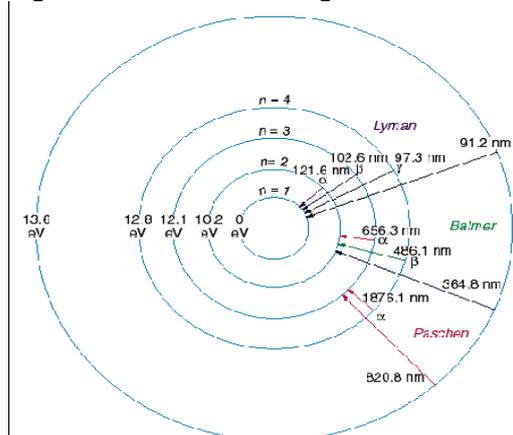
Texto adaptado de: <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=a-evolucao-das-lampadas-e-a-grande-revolucao-dos-leds-441963.pdf> e [http://www.vilux.com.br/ver\\_noticias.asp?codigo=143](http://www.vilux.com.br/ver_noticias.asp?codigo=143).

#### 4.4 ÁTOMO DE BOHR E ESPECTRO DE EMISSÃO

Entre 1913 e 1915, Niels Bohr, em Copenhague, estudando o problema da estabilidade do átomo de Rutherford, estabeleceu uma teoria na qual havia a aplicação da hipótese quântica de Bohr Planck ao estudo do movimento dos elétrons em órbita.

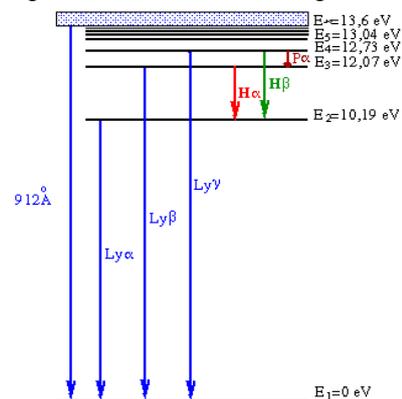
O átomo de Bohr se mostrou perfeito no estudo do espectro do hidrogênio, sendo possível uma interpretação teórica da fórmula empírica de Balmer para o espectro visível.

Figura 27 - Níveis de energia do átomo de Bohr



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

Figura 28 - Níveis de energia



Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acesso em: 02 jul. 2018.

De 1910 a 1920, os Físicos voltaram suas atenções para a dualidade onda-corpúsculo. William Braggs chegava a dizer que na segunda, quarta e sexta, a luz era onda; terça, quinta e sábado, a luz era corpúsculo; no domingo, dia do Senhor, a luz poderia ser onda e corpúsculo.

Maurice de Broglie, levando este problema para seu irmão, Louis de Broglie, entusiasmou-o. Já em 1924, este apresentava seu célebre postulado, resolvendo a dualidade onda-corpúsculo: a toda onda está associada um corpúsculo e a todo corpúsculo está associada uma onda.

Baseando-se nos trabalhos de Max Planck, Bohr reformulou a teoria atômica através de alguns postulados, alguns incluindo hipóteses implícitas, não formuladas diretamente em seus artigos.

Veja quais são esses postulados:

- I. Os átomos produzem uma linha por vez
- II. Um único elétron é responsável por uma emissão.
- III. A estrutura do átomo reproduz o modelo de Rutherford.
- IV. A produção de espectros é um fenômeno “quântico” (ocorre por saltos).
- V. Um átomo existe em diferentes estados que diferem por valores discretos do momento angular e energia. Este princípio havia sido estabelecido independentemente por Paul Ehrenfest (1913).
- VI. O momento angular é múltiplo inteiro de

$$L = n \cdot \hbar \text{ onde } \hbar = \frac{h}{2\pi}. \quad (5)$$

**VII.** Dois estados distintos estão envolvidos numa *transição*.

**VIII.** A Equação de Planck-Einstein  $E = hf$  vale para emissão/absorção.

**IX.** É preciso renunciar a toda tentativa de visualizar ou explicar classicamente o comportamento do elétron ativo durante o processo de emissão de um átomo de um estado estacionário para outro.

O Físico Francês Louis-Victor Pierre Raymond, Príncipe de Broglie (1892-1987), mostrou que a quantidade de movimento de cada fóton, ou qualquer partícula em sua tese de doutorado em 1924, é dado por:

$$Q = \frac{h}{\lambda} = \frac{E}{c} \quad (6)$$

Onde

Q = é a quantidade de movimento

h = é a constante de Planck

$\lambda$  = comprimento d onda

E = energia da onda

c = velocidade da luz

De Broglie também propôs a quantização dos níveis de energia do átomo.

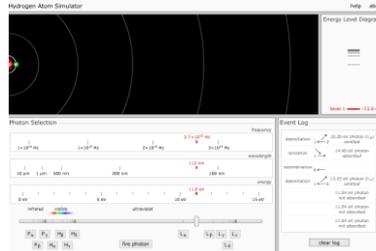
Em 1933, o austríaco Erwin Rudolf Josef Alexander Schroedinger (1887-1961) recebeu o Prêmio Nobel pela formulação da Mecânica Quântica em 1926, o que proporcionou um melhor entendimento sobre a quantização dos níveis de energia do átomo.

De Broglie, seguindo as ideias de Niels Bohr, Prêmio Nobel de Física em 1922, assumiu que a órbita do elétron deveria conter um número inteiro de comprimentos de onda:

$$2\pi r = n\lambda_e \quad (7)$$

Para visualizar melhor os níveis de energia do átomo de Bohr, acesse o simulador e observe como o elétron muda seu nível de energia.

Figura 29 - Simulador do Átomo de Hidrogênio



Fonte:  
[http://astro.unl.edu/naap/hydrogen/animations/hy/drogen\\_atom.html](http://astro.unl.edu/naap/hydrogen/animations/hy/drogen_atom.html).  
 Acesso em: 02 jul. 2018.

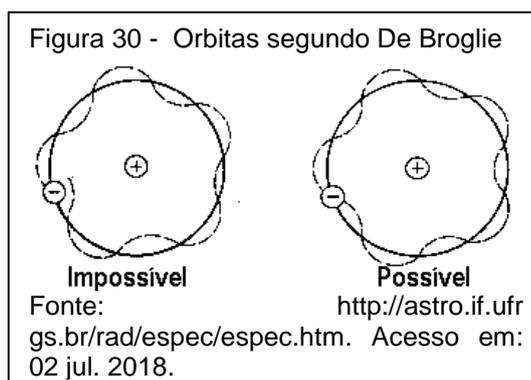
Onde

$\pi$  = é o número pi.

R = é o raio da órbita

n = é um número natural

$\lambda_e$  comprimento de onda do elétron



Como  $n$  só assume números inteiros, as órbitas são quantizadas. Os elétrons não emitem radiação estando nessas órbitas.

Para o átomo de hidrogênio, essa teoria mais simples dá os resultados corretos. Para átomos mais complexos, se usa a mecânica quântica de Schroedinger.

Portanto, quando um elétron salta de um nível de maior energia para um nível de menor energia, ele emite um fóton com a energia exata da diferença entre os dois níveis, assim como para ele passar de um nível de menor energia para um de maior energia, deve absorver um fóton com a energia da diferença dos níveis.

Desta maneira, a detecção de uma linha espectral com este comprimento de onda, em emissão ou absorção, constitui a evidência da presença do hidrogênio. De Broglie recebeu o prêmio Nobel de Física em 1929.

Se o átomo receber um fóton com uma energia maior que as diferenças dos níveis de energia, ele será ejetado do átomo, o que chamamos de ionização, ou seja, o átomo estará ionizado.

Texto adaptado de: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>, acesso em 02 jul. 2018.

---

## 5 ATIVIDADE PRÁTICA - OBSERVAR O ESPECTRO DE EMISSÃO DE LÂMPADAS.

Em grupos e com o auxílio do professor, observe: a luz emitida pela lâmpada, o espectro de cada uma e anote as cores que você vê. Sem a rede de difração e com a rede de difração

Lâmpada 1 \_\_\_\_\_

Lâmpada 2 \_\_\_\_\_

Lâmpada 3 \_\_\_\_\_

Lâmpada 4 \_\_\_\_\_

Lâmpada 5 \_\_\_\_\_

Agora, anote o espectro observado quando temos combinações de lâmpadas. Não se esqueça de anotar quais são as lâmpadas que estão acesas

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Este espectro observado é de emissão ou de absorção?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Os espectros observados eram todos iguais, diferentes ou tinham alguma semelhança?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Todos os espectros eram discretos?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

A partir dos espectros observados, determine o elemento químico do gás presente nas lâmpadas de vapor.

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

---

## EXERCÍCIOS

- 1) O que é um espectro luminoso?
- 2) Quais as três leis de Kirchhoff para o estudo do espectro ?
- 3) Por que existe o espectro discreto e o contínuo?
- 4) Como foi possível explicar as linhas espectrais?
- 5) Para um elétron saltar para um orbital com energia maior, ele precisa
  - a) emitir um fóton.
  - b) emitir um elétron.
  - c) absorver um fóton.
  - d) absorver um elétron.
- 6) Qual destas partículas é responsável pela existência das linhas espectrais?
  - a) foto
  - b) Próton
  - c) nêutron
  - d) elétron
- 7) Elétrons que saltaram para um nível de energia mais alto ao absorver um fóton se chamam
  - a) elétrons excitados.
  - b) elétrons de Bohr.
  - c) elétrons orbitais.
  - d) elétrons de energia.
- 8) Qual era o problema no modelo do átomo de Rutherford? E qual foi a solução dado por Bohr?
- 9) (UFPI/1997) O modelo atômico de Bohr afirma que:
  - a) átomos de um mesmo elemento possuem mesmo número de prótons;

- b) existem diversas espécies de átomos;
- c) o átomo é uma minúscula esfera maciça;
- d) os elétrons têm energia quantizada;
- e) o átomo possui uma região central, minúscula, de carga positiva.

10) (UFAL/2011) De acordo com o modelo atômico de Bohr, elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas específicas, tais como os planetas giram em órbitas específicas ao redor do Sol. Diferentemente dos planetas, os elétrons saltam de uma órbita específica para outra, ganhando ou perdendo energia. Qual das afirmações abaixo está em discordância com o modelo proposto por Bohr?

- a) Ao saltar de uma órbita mais próxima do núcleo, para outra mais afastada, o elétron absorve energia.
- b) Ao saltar de uma órbita mais afastada do núcleo para outra mais próxima, o elétron emite energia.
- c) Dentro de uma mesma órbita, o elétron se movimenta sem ganho ou perda de energia.
- d) O processo no qual o elétron absorve energia suficiente para escapar completamente do átomo é chamado *ionização*.
- e) O modelo proposto é aplicado com êxito somente ao átomo de hidrogênio.

11) (UNIRG TO/2014) Os modelos atômicos foram desenvolvidos em teorias fundamentadas na experimentação por diferentes cientistas, incluindo John Dalton, J.J. Thomson, Ernest Rutherford e Niels Bohr. Em 2013, a teoria do modelo atômico de Niels Bohr completou 100 anos. Essa teoria descreve o átomo como

- a) uma minúscula esfera maciça, impenetrável, indestrutível, indivisível e sem carga.
- b) um núcleo pequeno, carregado positivamente, cercado por elétrons em órbitas quantizadas.
- c) uma esfera positiva contendo elétrons distribuídos uniformemente.
- d) um modelo planetário, no qual os elétrons descrevem um movimento circular ao redor do núcleo.

12) (UFG GO/2011) Os modelos atômicos são elaborados no intuito de explicar a constituição da matéria e têm evoluído ao longo do desenvolvimento da

Ciência, desde o modelo filosófico dos gregos, passando pelos modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr, até o modelo atual. O modelo mais recente caracteriza-se pela

- a) quantização dos níveis de energia dos elétrons.
- b) indivisibilidade do átomo em partículas menores.
- c) distribuição dos elétrons em órbitas circulares em torno do núcleo.
- d) forma esférica de tamanho microscópico.
- e) distribuição dos elétrons de maneira uniforme na superfície do átomo

13) (UNESP SP/2009) Na evolução dos modelos atômicos, a principal contribuição introduzida pelo modelo de Bohr foi:

- a) A indivisibilidade do átomo.
  - b) A existência de nêutrons.
  - c) A quantização de energia das órbitas eletrônicas.
  - d) A natureza elétrica da matéria.
  - e) A maior parte da massa do átomo está no núcleo.
-

## 6 UNIDADE ESPECIAL - DIODO E LED

Na Língua Portuguesa, a palavra LED (abreviação do inglês de *Light Emissor Diodo*) significa diodo emissor de luz.

Trata-se de um componente eletrônico capaz de emitir luz visível, transformando energia elétrica em energia luminosa. Esse processo é chamado de eletroluminescência.

O primeiro LED foi criado em 1963, pelo engenheiro e inventor Nick Holonyak e era capaz de emitir apenas a cor vermelha. Com o passar dos anos e com o desenvolvimento da tecnologia, novas cores de LED foram desenvolvidas.

Diferentemente do LASER, o LED não emite luz monocromática, mas sim uma faixa pequena de determinadas cores.

Quando se estuda eletrodinâmica clássica, se classificam os materiais em condutores, aqueles que têm uma resistência baixa e permitem melhor fluxo da corrente elétrica, e os isolantes, que têm uma resistência alta e dificultam o fluxo da corrente elétrica. Mas ainda se tem uma terceira categoria, os semicondutores.

O diodo semicondutor é um componente que pode comportar-se como condutor ou isolante elétrico, dependendo da forma como a tensão é aplicada aos seus terminais.

Essa característica permite que o diodo semicondutor possa ser utilizado em diversas aplicações, como, por exemplo, na transformação de corrente alternada em corrente contínua.

Os LEDs são feitos de materiais semicondutores. Substituindo alguns dos seus átomos por outros em um processo chamado de dopagem, é possível controlar a cor emitida pelo dispositivo.

Os LEDs chegaram ao mercado de iluminação por volta de 1993, e desde então têm sido vistos como o futuro da iluminação. Tecnologia ainda em franca evolução tem como missão iluminar com eficiência, durabilidade, resistência a impactos e vibrações, ausência de raios ultravioleta e infravermelho, maior controle de temperatura de cor, melhor índice de reprodução de cores, e o principal para os tempos de hoje, menor consumo de energia e consequentemente, preservação ambiental.

Os LEDs brancos, também conhecidos como RGB (do inglês, *RED*, *GREEN* e *BLUE*) são formados por três LEDs: um vermelho, um verde e um azul.

Atualmente, é comum encontrar televisores que utilizam a tecnologia LED em seus painéis. Essa popularização deve-se a alguns fatores, como o baixo consumo de energia elétrica, em relação às lâmpadas convencionais incandescentes e as lâmpadas fluorescentes.

Estudos relatam que 20% do consumo de energia no Brasil está relacionado à iluminação, e outros, que a capacidade de redução do consumo de energia das lâmpadas de LED chega à casa dos 80%, ou seja, é claramente perceptível os benefícios que o uso a longo prazo dos mesmos traz quando o assunto é economia de energia, alto rendimento, ou seja, baixa dissipação de energia.

Essa tecnologia é produzida com materiais semicondutores, como o silício, causando menos impactos na natureza do que as tradicionais lâmpadas de mercúrio.

Sua vida útil é mais longa, podendo ultrapassar facilmente 100 mil horas de uso.

Tendo em vista tais qualidades, é possível perceber que optar por lâmpadas de LED pode ser uma escolha interessante para a iluminação pública e residencial, pois elas são capazes de trazer mais economia e menos desgaste ambiental.

Um dos pontos negativos do LED ainda é o seu alto custo, porém se sabe que o investimento realizado nas instalações dos mesmos tem sido revertido em alta economia de energia, baixa manutenção, mantendo-se, ou, por inúmeras vezes, superando a qualidade de iluminação das lâmpadas convencionais, gerando uma economia que compensa, com o passar do tempo, o investimento realizado.

## 6.1 LED AZUL

A geração de luz “fria” em junções de semicondutores, já é conhecida (e reportada) há mais de 100 anos.

Entretanto, seu uso efetivo como dispositivo optoeletrônica – como diodo emissor de luz – só ocorreu na esteira da busca de lasers semicondutores, acompanhando a febre que havia de produzir efeito laser em qualquer material sólido, líquido e gasoso após a demonstração pioneira de Ted Maiman, em 1960, com o cristal de rubi, na Hughes; logo, em 1962, o laser semicondutor em GaAs, emitindo no IV próximo inaugurou a nova era da optoeletrônica, e não recebeu nenhum prêmio relevante.

No mesmo ano estava sendo também demonstrado o LED de heterojunção

simples, emitindo no vermelho, nos laboratórios da GE por Nick Holonyak, e que encontrou grande aplicação em painéis de equipamentos apenas como sinalização, devido à sua baixa potência, a partir de meados dos anos 1960.

O grande advento dos lasers semicondutores que funcionavam à temperatura ambiente (1970) e sua fantástica aplicação em telecomunicações, em conjunto com fibras óticas, deram aos LEDs um grande impulso, pois eles partilhavam dos mesmos materiais e processos de fabricação.

No início dos anos 80, os LEDs tinham mais confiabilidade que os lasers, e começavam a ter potências que, se não permitiam iluminação, certamente já começavam a permitir efeitos ambientais e aplicações a distâncias de dezenas de metros.

Tinha-se nessa época LED IR (infravermelho), vermelho, laranja, amarelo, e começavam a aparecer os “verdes” – na verdade, citrino. Mas nada de azul, e sem azul não há como chegar à luz “branca”.

Na verdade, já existiam estudos experimentais com material GaN (basicamente o mesmo utilizado agora), mas não se tinham as combinações de materiais para obter a potência e a confiabilidade necessárias.

O grande salto tecnológico foi conseguir crescer as camadas confinantes e ativa – heteroestruturas em nitreto de gálio (GaN), nitreto de índio gálio (InGaN) e nitreto de gálio alumínio (InAlN), sobre uma camada buffer de nitreto de alumínio (AlN), a qual está sobre o substrato de safira.

Essa combinação permitiu estabilidade termomecânica e ótima dissipação térmica, com baixo estresse devido a tensões de casamento cristalino com as camadas superiores.

Assim, foi possível superar os defeitos de interfaces e outros problemas que permaneciam considerados “insolúveis”.

O merecido prêmio Nobel veio porque fechou-se o ciclo completo de equacionamento teórico, análise das imperfeições a partir de conceitos fundamentais, protótipos experimentais bem-sucedidos, permitindo-se chegar à produção industrial (os primeiros LEDs azuis foram disponibilizados pela Nishia, em 1994).

O fato é que temos finalmente a luz branca de estado sólido (SSL) obtida de maneira relativamente simples, confiável, reproduzível e durável – um LED azul com uma cobertura vítrea de fósforo amarelo.

Concluindo, lançamos a ideia que o próximo Prêmio Nobel (nessa área)

poderá ser pela descoberta os materiais que preenchem o “Lemon-Gap”.

Algum candidato?

Texto adaptado de: <https://www.ipog.edu.br/revista-especialize-online/educacao-especial-n8-set-2014/avaliacao-psicologica-pericial-areas-e-instrumentos/>.  
<http://www.brilia.com.br/tecnologia-led>. Acesso em: 27 jun. 2018.  
[http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica\\_arquitetura/15\\_iluminacao.pdf](http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/15_iluminacao.pdf). Acesso em 28 jun. 2018.

---

## EXERCÍCIOS

1) O que é um diodo? E o que é um LED?

---

---

---

---

2) Como é gerada a luz de um LED?

---

---

---

---

---

3) O que foi preciso conhecer para que fosse possível criar a lâmpada de LED?

---

---

---

4) Qual foi a grande descoberta que possibilitou a fabricação do LED branco e consequentemente os painéis de LED?

---

---

---

---

## REFERÊNCIAS

BLEY, F. B. LEDs *versus* Lâmpadas Convencionais Viabilizando a troca. Curitiba: Especialize IPOG, **Revista On Line**, 2012.

BRILIA. **Produtos Advanced Lighting**. Disponível em: <http://www.brilia.com.br/tecnologia-led>. Acesso em: 27 jun. 2018.

DERZE, F. **História da Iluminação**: Do fogo ao LED. Goiânia: IPOG, 2009.

DONOSO, J. P. **Iluminação**. Disponível em: [http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica\\_arquitetura/15\\_iluminacao.pdf](http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/15_iluminacao.pdf). Acesso em: 28 jun. 2018.

FREITAS, L. A era dos LEDs. **Revista Lumière**, v. 143, p. 72 - 79, março de 2010.

MARTINS, J. B. **A História do átomo**: de Demócrito ao primeiro reator. Disponível em: <http://www.sbmec.org.br/bol/bol-2/artigos/jader/jader.html>. Acesso em: 27 jun. 2018.

FILHO, K.S.O; SARAIVA, M.F.O. **Espectroscopia**, 2018. Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br/rad/espec/espec.htm>. Acesso em: 27 jun. 2018.

FÍSICA MODERNA. **Física net**, 2018. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

FÍSICA NUCLEAR. **Física net**, 2018. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

FOGAÇA, J. R. V. **Evolução dos modelos atômicos**. Mundo Educação. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/evolucao-dos-modelos-atomicos.htm>. Acesso em: 27 jun. 2018.

MECÂNICA QUÂNTICA. **Física net**, 2018. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

NASCE UMA ESTRELA. **O Clube de Astronomia Mário Schenberg**, 2000. Disponível em: <http://www.cbpf.br/~martin/CAMS/Estrelas/vidaestrelas.html>. Acesso em: 08 jul. 2018.

RELATIVIDADE. **Física net**, 2018. Disponível em: <http://www.fisica.net/fisica-moderna/>. Acesso em: 10 jul. 2018.

SILVA, D. C. M. **Efeito Compton**; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/efeito-compton.htm>. Acesso em: 28 jun. 2018.

WANDERLEY, T. C. **A evolução das lâmpadas e a grande revolução dos LEDs**, 2014. Disponível em : <https://www.ipog.edu.br/download-arquivo-site.sp?arquivo=a-evolucao-das-lampadas-e-a-grande-revolucao-dos-leds-441963.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2018.

## MANUAL DO PROFESSOR

Nesta proposta de Ensino sobre Física Moderna Contemporânea, trazemos uma unidade de Ensino sobre espectroscopia com o uso de lâmpadas.

Nesta proposta, trazemos como tema inicial algumas questões da evolução da tecnologia e o questionamento a respeito da relação entre a luz emitida por uma lâmpada e uma estrela, questionando os estudantes sobre a importância da compreensão da Mecânica Quântica para a evolução dos aparelhos tecnológicos e questionando sobre a relação da luz de uma estrela com uma lâmpada; e também o como a comunidade científica consegue determinar os gases que formam uma estrela, que está a anos-luz de distância.

Após a introdução, é importante relembrar os estudantes sobre a evolução do Modelo Atômico, podendo usar o vídeo proposto como base e discutir com eles sobre o conceito de Modelo Científico, Método Científico e como um conhecimento científico não se inicia do nada, mas sim é uma construção de conceitos por meio de conhecimentos de vários cientistas.

Neste momento, pode-se explicar a evolução da Física baseada em fatos científicos, como a metodologia implementada por Galileu Galilei e a atual divisão que temos entre Física Clássica e Física Moderna, e explicar o tema de estudo de cada área.

Fechando assim a unidade I, temos algumas perguntas.

Na unidade II, se necessário, fazer uma retomada sobre conceito de ondulatória, eletromagnetismo e espectro eletromagnético, no caso de os estudantes já terem visto; caso contrário, deverá explicar aos alunos os conceitos básicos de ondulatória, a definição de espectro e espectro visível, pois são conceitos necessários para a continuação dos próximos temas. Pode-se usar vídeos e ilustrações para auxiliar a explicação, como na sugestão dada na unidade.

Com esses conceitos já organizados, é hora de iniciar os conceitos de espectroscopia, buscando a história de Fraunhofer, de Bunsen e Kirchhoff, definindo as leis de Kirchhoff para a espectroscopia.

Neste momento, os estudantes devem ter em mente os conceitos de espectro contínuo e espectro discreto bem construídos.

Com esses conceitos já bem consolidados no cognitivo dos estudantes, pode-se iniciar a experimentação, a fim de que eles observem as linhas de emissão das

lâmpadas e as relacionem com as teorias e as leis de Kirchhoff.

No momento posterior ao experimento, demonstrar a eles a relação do espectro da lâmpada e das leis de Kirchhoff, a explicação do fenômeno pelo modelo de Bohr e a quantização do modelo atômico, usando um simulador para visualizar as diferenças entre os níveis de energia e os saltos quânticos do elétron, no átomo de hidrogênio.

Para fechar o assunto, pode-se explicar o funcionamento do LED, como obter a luz através de um semicondutor a partir das teorias quânticas e a evolução e dificuldades para criação do LED de cor azul; posteriormente, pode-se explicar o LED de cor branca.

Para encerrar, aplicar o questionário, diagnosticando o aprendizado do conteúdo pelos estudantes.

Ao final da sequência didática, é interessante abrir uma discussão com eles sobre o Método Científico, a Mecânica Quântica e a pseudociência, para que analisem e questionem o uso de conceitos Quânticos em outras áreas. Uma sugestão é apresentar aos estudantes artigos e anúncios sobre cura quântica, massagem quântica, nutrição quântica, fazendo-os refletirem sobre a necessidade de um Método Científico; após isso, analisar os anúncios com um pensamento crítico-científico e desmistificar as interpretações contrárias ao método científico.

## ROTEIRO DE AULA

Quadro 2 – Roteiro simplificado

Aula 1	Física Moderna; Atomismo grego; a divisão da Física.
Aula 2	Divisão da Física Moderna.
Aula 3	Eletromagnetismo; A origem das linhas espectrais; Leis de Kirchhoff.
Aula 4	Espectroscopia e a luz das estrelas.
Aula 5	Experimento.
Aula 6	Espectro das lâmpadas; Diodo e LED.

Fonte: autor

## MONTAGEM DO EXPERIMENTO - ROTEIRO PARA O PROFESSOR

Caro professor.

Trago aqui uma proposta de experimento para verificação das linhas de emissão de lâmpadas. Um experimento simples e de fácil manejo.

### Materiais

1 Lâmpada de vapor de Mercúrio ou vapor Metálico

1 Lâmpada de Vapor de Sódio

1 Lâmpada Fluorescente compacta

1 Lâmpada halógena ou incandescente

1 Lâmpada de Luz Ultravioleta

5 interruptores

5 soquetes para lâmpada

Fio elétrico de 1,5 mm

Caixa de madeira

Reator para lâmpada de Vapor de Sódio

Reator para lâmpada de vapor de mercúrio

5 plugs tomada

5 potenciômetros

Rede de Difração ou CD/DVD

### Montagem

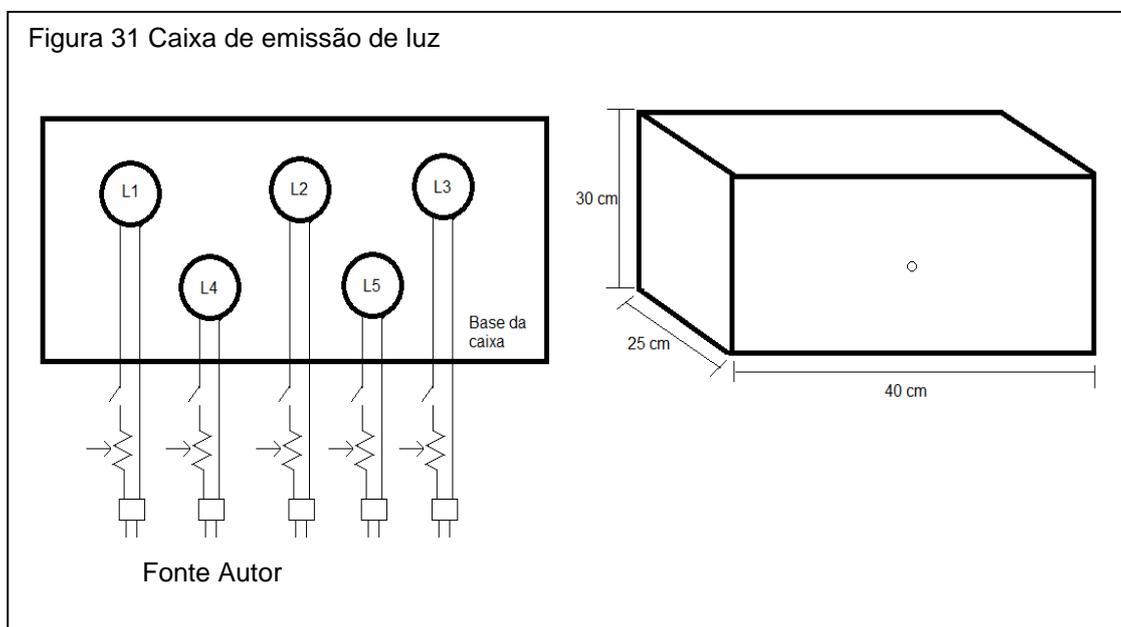
Pintar a parte interna da caixa de preto para diminuir a reflexão da luz. Fazer um pequeno orifício na caixa de no máximo 1 mm.

Na base da caixa, montar os soquetes conforme a figura, ligar os fios, o potenciômetro e os plugs.

Caso não seja possível usar dois reatores, pode usar um para as duas lâmpadas de vapor, porém deverá ser usado uma chave liga/desliga com parada no meio, para acionar uma lâmpada de cada vez.

Pode-se também usar somente uma lâmpada de vapor, sendo que o mínimo necessário para um bom andamento da experiência é uma lâmpada de incandescente, uma lâmpada de vapor e uma lâmpada fluorescente.

Para o uso do CD/DVD como rede de refração, é necessário retirar a película metálica.



## EXECUÇÃO DO EXPERIMENTO

Com as Lâmpadas montadas, acender uma de cada vez e pedir para os estudantes anotarem as cores observadas com a rede de difração e a cor da luz de cada lâmpada.

Após essa etapa acender duplas ou trio de lâmpadas e pedir novamente para que eles anotem as cores observadas com a rede de difração.

Após observarem o espectro discretos das lâmpadas, pedir para que respondam ao questionário.

O último item da atividade experimental está relacionado ao uso de lâmpadas de sódio ou de outro vapor.

Caso seja utilizado somente uma lâmpada, pedir para que os estudantes pesquisem qual elemento químico emite as linhas de emissão observadas.

**ANEXO**

Em grupos e com o auxílio do professor a luz emitida pela lâmpada e observe o espectro de cada uma e anote as cores que você vê. Sem a rede de difração e com a rede de difração

Lâmpada 1 \_\_\_\_\_

Lâmpada 2 \_\_\_\_\_

Lâmpada 3 \_\_\_\_\_

Lâmpada 4 \_\_\_\_\_

Lâmpada 5 \_\_\_\_\_

Agora anote o espectro observado quando temos combinações de lâmpadas. Não se esqueça de anotar quais as lâmpadas estão acesas.

---

---

---

---

Este espectro observado é de emissão ou de absorção?

---

---

Os espectros observados eram todos iguais, diferentes ou tinham alguma semelhança?

---

---

---

Todos os espectros eram discretos?

---

---

A partir dos espectros observados, determine o elemento químico do gás presente nas lâmpadas de vapor.

---

---

---