



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS SÃO RAIMUNDO NONATO
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA

PATRÍCIA PEREIRA DA SILVA

**UM ESPECTRÔMETRO DE EMISSÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA:
DA CONSTRUÇÃO EXPERIMENTAL À PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA**

SÃO RAIMUNDO NONATO - PI

2025

PATRÍCIA PEREIRA DA SILVA

UM ESPECTRÔMETRO DE EMISSÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA:
DA CONSTRUÇÃO EXPERIMENTAL À PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, *Campus* São Raimundo Nonato.

Orientadora: Profa. Dra. Lucimara Lais Zachow.

Coorientadora: Profa. Esp. Aline Simões dos
Santos.

SÃO RAIMUNDO NONATO

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Silva, Patrícia Pereira da
S586e Um espectrômetro de emissão para o ensino de física moderna : da construção experimental à proposta de uma sequência didática / Patrícia Pereira da Silva. - 2025.
74 p.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus São Raimundo Nonato, 2025.

Orientadora : Profa Dra. Lucimara Lais Zachow.
Coorientadora : Profa Esp. Aline Simões dos Santos.

1. espectroscopia. 2. experimentos de Física. 3. sequência didática. 4. ensino de Física. I.Título.

CDD - 530

Elaborado por Uliscley Silva Gomes CRB 15/938

PATRÍCIA PEREIRA DA SILVA

UM ESPECTRÔMETRO DE EMISSÃO PARA O ENSINO DE FÍSICA MODERNA:
DA CONSTRUÇÃO EXPERIMENTAL À PROPOSTA DE UMA SEQUÊNCIA
DIDÁTICA

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para obtenção
do diploma do Curso de Licenciatura em Física do
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
do Piauí, Campus São Raimundo Nonato.

Aprovada em: 14/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Lucimara Lais Zachow (Orientadora)
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Prof. Dr. Guilherme Severino Mendes de Araujo
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Profa. Dra. Cecilia Santos Silva
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Dedico este trabalho para meus filhos Yanne Virgínia, Yozze Louiê e meu esposo Renilton, por serem minha força e inspiração e tornarem essa jornada suave.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a mim mesma, por cada desafio enfrentado, cada noite em claro e cada passo dado rumo à realização deste trabalho. Foi uma jornada intensa, repleta de aprendizado e superação, e tenho orgulho de ter chegado até aqui.

À minha filha Yanne Virgínia e ao meu bebê Yozze Louiê, que são minha maior motivação e fonte de amor. Cada conquista minha é, acima de tudo, por vocês. Ao meu esposo Renilton Coêlho, pelo apoio incondicional, paciência e incentivo em cada momento dessa caminhada acadêmica.

À minha estimada coorientadora, professora Aline Simões, não há palavras que possam expressar minha imensa gratidão. A quem tenho grande orgulho e admiração, que com tanta sabedoria me conduziu neste trabalho. Seu compromisso, dedicação e paciência foram fundamentais para que este trabalho se tornasse realidade. Agradeço pela confiança depositada em mim, que contribuíram com o trabalho, buscando sempre a aprender mais, e me levando a fazer sempre o melhor. Obrigada por cada ensinamento compartilhado, por sanar todas as minhas dúvidas com tanto zelo, por acreditar e me guiar com tanto carinho. Sua generosidade e disponibilidade foram essenciais para que eu pudesse superar cada obstáculo com segurança e confiança. Serei eternamente grata por ter tido a honra de ter aprendido tanto com você.

Ao Instituto Federal do Piauí (IFPI), meu mais sincero agradecimento por ter sido o espaço onde pude crescer e me desenvolver, tanto pessoal quanto profissionalmente. A todos os servidores que fazem desse lugar um ambiente de excelência. À direção, ao coordenador e professor Antônio Ribeiros, à professora Mauryléia Marques e ao professor Guilherme Severino, por cada aula e pelos conhecimentos compartilhados com tanta dedicação. Agradeço também à minha orientadora Lucimara Lais Zachow pelo apoio.

Um agradecimento especial ao meu cantinho favorito, o Laboratório de Física. Ali vivi grandes momentos incríveis de aprendizado e com experimentos. E, claro, minha eterna gratidão à estimada técnica de laboratório Aline Simões, cujo apoio foi indispensável para a realização de experimentos, esclarecimento de dúvidas e compartilhamento de experiências valiosas.

Aos meus amigos e amigas, companheiros de trajetória, obrigada por cada risada compartilhada, cada estudo em grupo, cada perrengue superado. A jornada acadêmica foi mais leve e especial com vocês.

À biblioteca, pelos melhores acervos e por ser uma fonte inesgotável de conhecimento, e ao refeitório, que tantas vezes me acolheu nos dias corridos. Agradeço a todos os professores e servidores do IFPI do Campus São Raimundo Nonato.

“É preciso ter o caos dentro de si para gerar uma estrela dançante.”

Friedrich Nietzsche

RESUMO

A espectroscopia, técnica científica fundamental para a análise da interação entre luz e matéria, desempenha um papel crucial em diversas áreas do conhecimento, como Física, Química e Astrofísica. Através da análise dos espectros de emissão ou absorção, é possível identificar a composição e estrutura de diferentes materiais, fornecendo informações valiosas sobre a natureza da matéria. Diante disso, este trabalho apresenta a construção de um espectrômetro de emissão, detalhando a obtenção e análise de espectros de emissão de diversas fontes luminosas. Adicionalmente, propõe uma Sequência Didática para a utilização do espectrômetro construído, visando a introdução de conceitos fundamentais de espectroscopia através de dois roteiros experimentais. Estes roteiros orientam o uso do espectrômetro em laboratório ou em sala de aula, com o objetivo de tornar a abordagem dos conceitos de espectros de emissão mais acessível a estudantes e professores. O trabalho inclui uma revisão bibliográfica abrangente, abordando o contexto histórico da espectroscopia, conceitos-chave como redes de difração, modelos atômicos, níveis de energia e espectros de emissão e absorção. Além disso, discute a importância da experimentação e do uso de tecnologias no ensino de Física. Os resultados obtidos com o espectrômetro de emissão construído demonstraram concordância com os valores teóricos esperados, validando a eficácia do equipamento. A proposta da Sequência Didática, aliada à construção do espectrômetro, configura-se como um recurso educacional promissor para o estudo de espectros de emissão, com potencial para aprofundar a discussão sobre a interação entre radiação e matéria tanto no Ensino Médio quanto no Ensino Superior.

Palavras-chave: espectroscopia; experimento; sequência didática; ensino de Física; tecnologia.

ABSTRACT

Spectroscopy, a fundamental scientific technique for analyzing the interaction between light and matter, plays a crucial role in various fields of knowledge, such as Physics, Chemistry, and Astrophysics. Through the analysis of emission or absorption spectra, it is possible to identify the composition and structure of different materials, providing valuable information about the nature of matter. In light of this, this work presents the construction of an emission spectrometer, detailing the acquisition and analysis of emission spectra from various light sources. Additionally, it proposes a Didactic Sequence for the use of the constructed spectrometer, aiming at the introduction of fundamental concepts of spectroscopy through two experimental scripts. These scripts guide the use of the spectrometer in the laboratory or classroom, with the objective of making the approach to the concepts of emission spectra more accessible to students and teachers. The work includes a comprehensive literature review, covering the historical context of spectroscopy, key concepts such as diffraction gratings, atomic models, energy levels, and emission and absorption spectra. Furthermore, it discusses the importance of experimentation and the use of technologies in Physics teaching. The results obtained with the constructed emission spectrometer demonstrated agreement with the expected theoretical values, validating the effectiveness of the equipment. The proposed Didactic Sequence, combined with the construction of the spectrometer, constitutes a promising educational resource for the study of emission spectra, with the potential to deepen the discussion on the interaction between radiation and matter in both High School and Higher Education.

Keywords: spectroscopy; experiment; didactic sequence; Physics teaching; technology.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Dispersão da luz branca através de um prisma	21
Figura 2 - Isaac Newton e o experimento com prisma	22
Figura 3 - Espectro Eletromagnético	23
Figura 4 – Ilustração do experimento de Herschel	23
Figura 5 - Joseph von Fraunhofer	24
Figura 6 - Linhas de Fraunhofer	25
Figura 7 – Ilustração do bico de Bunsen	25
Figura 8 – Prisma comercial	27
Figura 9 – Esquema de uma rede de difração	28
Figura 10 – Parte do arranjo experimental usado por Geiger e Marsden	29
Figura 11 – Níveis de energia	31
Figura 12 – Energia absorvida e emitida de um elétron	31
Figura 13 - Momento angular de um elétron	32
Figura 14 - O modelo de Bohr do átomo de hidrogênio	33
Figura 15 - Órbitas permitidas de um elétron no modelo de Bohr de um átomo de hidrogênio	34
Figura 16 - Diagrama do nível de energia para o hidrogênio	35
Figura 17 – Espectro de emissão de alguns elementos	35
Figura 18 – Saltos quânticos de um elétron no átomo de hidrogênio	36
Figura 19- Formação de linhas de absorção e de emissão	37

Figura 20 – Protótipo da caixa de MDF	43
Figura 21 – Colimador (lâmina de barbear)	45
Figura 22 – Rede de difração	45
Figura 23 – Rede de difração com o suporte	46
Figura 24 - Multilaser WCO45	47
Figura 25 – Webcam desmontada	47
Figura 26 – Suporte da câmera	48
Figura 27 – Diafragma	48
Figura 28 – Tela difusora	49
Figura 29: 1- webcam; 2- rede de difração; 3 - diafragma; 4 - suportes da câmera e da rede de difração; 5 – colimador	49
Figura 30 - Interface do software Theremino Spectrometer V4.0	50
Figura 31 - Lâmpada fluorescente	51
Figura 32 – Espectro de referência para a calibração	51
Figura 33 – Espectro da calibração	52
Figura 34 – Espectro do LED azul obtido experimentalmente	55
Figura 35 – Espectro do LED vermelho obtido experimentalmente	55
Figura 36– Espectro do LED laranja obtido experimentalmente	56
Figura 37 – Espectro do LED verde obtido experimentalmente	56
Figura 38 – Espectro do LED ultravioleta obtido experimentalmente	57
Figura 39 – Espectro do LED RGB obtido experimentalmente	57
Figura 40 – Espectro do LED infravermelho obtido experimentalmente	58

Figura 41 – Espectro do laser vermelho obtido experimentalmente	58
Figura 42 – Espectro da lâmpada incandescente 25W	59
Figura 43 – Espectro da lâmpada incandescente 15W	60
Figura 44 – Espectro da lâmpada fluorescente	60
Figura 45 – Espectro do LED branco frio obtido experimentalmente	61
Figura 46 – Referencia teórica do Espectro do LED branco frio	61
Figura 47 – Espectro do sol obtido experimentalmente	62
Figura 48 – Espectro do sol	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comprimento de onda das cores	54
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

IFPI - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 Breve histórico da Espectroscopia	21
2.2 Prismas e Redes de Difração	26
2.2.1 Prismas	27
2.2.2 Redes de difração	27
2.3 Átomos e Luz	29
2.3.1 Níveis de energia e o modelo do átomo de Bohr	30
2.3.2 Os Postulados de Bohr aplicado ao átomo de hidrogênio	31
2.4 Espectros de Absorção e Emissão	36
2.5 A experimentação no ensino de Física	37
2.6 Tecnologias no ensino de Física	39
2.7 Utilização de Sequências Didáticas	41
3 METODOLOGIA	43
3.1 CONSTRUÇÃO DO ESPECTRÔMETRO DE EMISSÃO	43
3.1.1 Componentes internos do espectrômetro	44
3.1.1.1 Colimador	44
3.1.1.2 Rede de difração	45
3.1.1.3 Suporte da rede de difração	45
3.1.1.4 Câmera Webcam	46
3.1.1.5 Suporte para Webcam e nova carcaça	47
3.1.1.6 Diafragma antirreflexo	48
3.1.1.7 Difusor	49
3.1.1.8 A caixa com todos os componentes em seu interior	49
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS	50
3.2.1 Software <i>Theremino Spectrometer</i>	50
3.2.2 Calibração do Espectrômetro	50
3.3 ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	52
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
4.1 LED AZUL	54
4.2 LED VERMELHO	55
4.3 LED LARANJA	55

4.4 LED VERDE	56
4.5 LED ULTRAVIOLETA	56
4.6 LED RGB	57
4.7 LED INFRAVERMELHO	57
4.8 LASER VERMELHO	58
4.9 LÂMPADAS INCANDESCENTE DE 25W E 15W	59
4.10 LÂMPADA FLUORESCENTE	60
4.11 LED BRANCO FRIO	60
4.12 LUZ SOLAR	61
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA	68
APÊNDICE B – ROTEIRO EXPERIMENTAL I	70
APÊNDICE C – ROTEIRO EXPERIMENTAL II	71

1 INTRODUÇÃO

A Espectroscopia é uma técnica científica que desempenha um papel importante em diversas áreas do conhecimento, como a Física, a Química e a Astrofísica, oferecendo uma compreensão aprofundada da natureza através da interação da luz com a matéria. Conforme Pavoni, Neves-Junior e Spiropulos (2014), as técnicas espectroscópicas investigam como a radiação interage com a amostra, seja por absorção, emissão ou espalhamento. Os resultados obtidos são representados graficamente em espectros, que mostram a resposta da amostra em função do comprimento de onda, sendo gerados por equipamentos chamados espectrómetros.

Na física, a espectroscopia é importante para entender as interações entre luz e matéria, explorando fenômenos como a quantização da energia e as transições eletrônicas em átomos e moléculas. Em química, ela permite a análise detalhada de reações e a identificação de substâncias em misturas complexas, sendo essencial para o desenvolvimento de novos materiais. Na astrofísica, a espectroscopia é uma ferramenta indispensável para a análise de estrelas e galáxias, permitindo a determinação de suas composições químicas, temperaturas e velocidades. Pavoni, Neves-Junior e Spiropulos (2014).

Segundo Leite e Prado (2012), as diversas técnicas espectroscópicas disponíveis podem ser aplicadas em diferentes áreas, como na identificação de substâncias em cenas de crime, o que é essencial para a determinação de culpados; na análise da concentração de substâncias em alimentos e medicamentos, contribuindo para avanços no controle de qualidade; no estudo de propriedades microscópicas que explicam características macroscópicas, fundamentais para o desenvolvimento e uso de novos materiais; e na busca e descoberta de elementos e substâncias que compõem a matéria em estrelas e planetas.

No campo arqueológico, a espectroscopia é empregada para identificar componentes químicos presentes em vestígios, auxiliando na determinação de matérias-primas, técnicas de fabricação e processos de degradação de artefatos. De acordo com Farias Filho et al. (2022), diferentes técnicas espectroscópicas analíticas têm sido amplamente empregadas na caracterização química de pigmentos rupestres, sendo a escolha da metodologia influenciada pelas características geoarqueológicas das amostras. Como a arte rupestre é reconhecida como patrimônio cultural protegido

por legislações nacionais e internacionais, é essencial que as análises arqueoquímicas sigam procedimentos adequados, incluindo uma cuidadosa seleção das técnicas instrumentais e métodos de amostragem apropriados.

Diante do exposto, no âmbito do ensino de Física Moderna, a espectroscopia emerge como uma ferramenta pedagógica poderosa para explorar conceitos complexos como a quantização de energia e as transições eletrônicas em átomos e moléculas. A construção de um espectrômetro de emissão para uso didático permitirá aos alunos vivenciarem de forma prática e direta os princípios da espectroscopia, transcendendo a teoria e promovendo um aprendizado mais engajador e significativo.

Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver e validar um espectrômetro de emissão de baixo custo, juntamente com uma sequência didática inovadora, para o ensino de espectroscopia em aulas de física moderna, visando promover a compreensão da natureza da luz, da estrutura atômica e o desenvolvimento de habilidades científicas nos alunos. E como objetivos específicos:

- Projetar e construir um espectrômetro de emissão funcional, utilizando materiais acessíveis e de fácil aquisição, com foco na otimização da resolução espectral.
- Calibrar o espectrômetro utilizando fontes de luz de referência com espectros de emissão conhecidos, determinando a precisão e a acurácia das medidas de comprimento de onda.
- Comparar os espectros obtidos do espectrômetro construído com os espectros obtidos com um espectrômetro profissional, avaliando a qualidade e a confiabilidade dos resultados.
- Documentar detalhadamente o processo de construção do espectrômetro, incluindo diagramas, lista de materiais, instruções de montagem e calibração, para facilitar a replicação do experimento por outros educadores.
- Elaborar uma sequência didática inovadora para o ensino de espectroscopia, com atividades práticas e teóricas que explorem os conceitos de natureza da luz, estrutura atômica e espectros de emissão.

O presente Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) encontra-se organizado em quatro seções distintas, interligadas de forma a apresentar um panorama abrangente da temática abordada, desde a fundamentação teórica até as conclusões finais.

A primeira seção, apresenta o contexto teórico da pesquisa, iniciando com um histórico da espectroscopia. Em seguida, são revisados conceitos-chave como prismas, redes de difração, átomos e espectros de emissão e absorção, que fundamentam o estudo da interação luz-matéria. A seção também aborda a importância da experimentação, o uso de tecnologias e a aplicação de sequências didáticas no ensino de Física.

Enquanto a segunda seção detalha a metodologia da pesquisa, descrevendo a construção do espectrômetro, equipamento central para a coleta de dados. Inclui o uso do software *Theremino Spectrometer* para calibração, aquisição e análise de espectros. Apresenta também a elaboração da sequência didática, proposta pedagógica para uso do experimento em sala de aula, com seus objetivos, atividades e critérios de avaliação.

A terceira seção apresenta e analisa os resultados obtidos, através da discussão dos resultados, relacionando dados experimentais com conceitos teóricos. São analisadas as características dos espectros, implicações para o ensino de Física Moderna.

Por último, temos a quarta seção, que apresenta as considerações finais do trabalho, sintetizando os principais pontos e contribuições da pesquisa, retomados os objetivos iniciais, destacando em que medida foram alcançados, finalizando com uma reflexão sobre o potencial do espectrômetro construído como ferramenta para a promoção do aprendizado e do interesse pela ciência.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

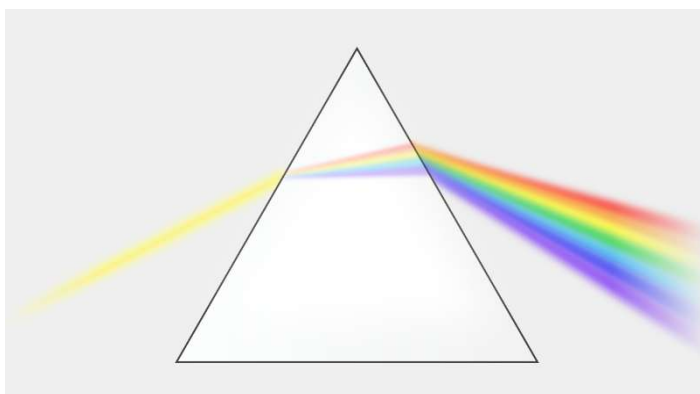
A espectroscopia é uma das ferramentas mais importantes para a análise e caracterização da matéria. Seu desenvolvimento possibilitou avanços significativos em diversas áreas do conhecimento, incluindo a Física, a Química e a Astrofísica. Por meio da interação entre a luz e a matéria, cientistas conseguiram determinar a composição química de substâncias desconhecidas, identificar elementos presentes em estrelas distantes e compreender processos fundamentais da natureza.

A espectroscopia baseia-se na decomposição da luz em suas cores componentes, revelando assinaturas específicas de cada elemento químico. Esse método permitiu a formulação de importantes teorias sobre a estrutura atômica e o comportamento da radiação eletromagnética. Nesta seção, será abordada a evolução histórica da espectroscopia, destacando as principais descobertas e cientistas que contribuíram para seu desenvolvimento.

2.1 BREVE HISTÓRICO DA ESPECTROSCOPIA

A Espectroscopia é definida, de acordo com (Filho e Saraiva, 2013, p. 217), como sendo "o estudo da luz através de suas cores componentes, que aparecem quando a luz passa através de um prisma ou de uma rede de difração. A sequência de cores formada é chamada espectro". Ou seja, a espectroscopia é a análise da luz ao ser decomposta em suas cores componentes. Essa decomposição permite identificar diferentes elementos e compostos através de suas assinaturas espectrais (Figura 1).

Figura 1- Dispersão da luz branca através de um prisma



Fonte: Suidroot (2008)

Conforme (Barros; Saraiva; Schmiedecke, 2017, p. 238), a dispersão da luz, conhecida como 'Fenômeno das Cores', foi objeto de estudo por diversos cientistas antes de Newton, como Descartes, Boyle, Grimaldi e Hooke. No entanto, foi Newton, em sua publicação na *Philosophical Transactions of the Royal Society*, quem consolidou esse conhecimento e o apresentou de forma mais organizada à comunidade científica (Figura 2).

Figura 2- Isaac Newton e o experimento com prisma

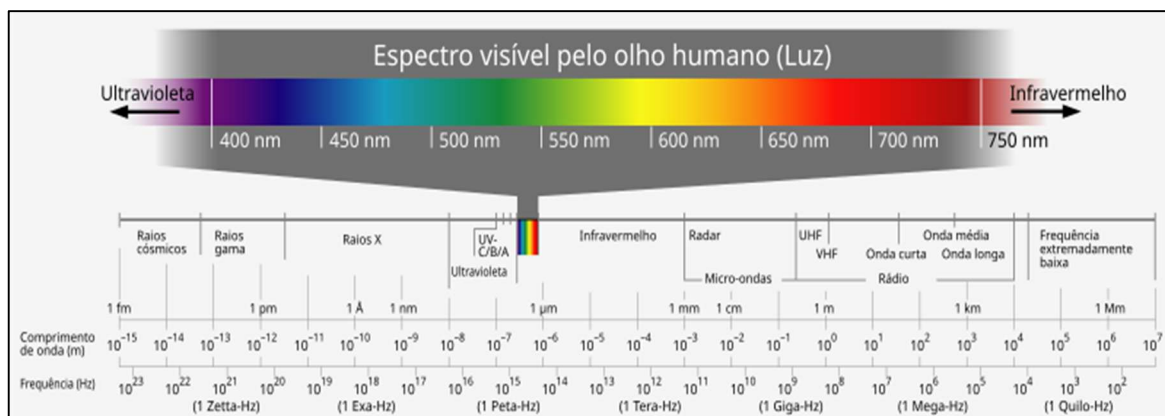


Fonte: J.A. Houston (1870)

Um dos primeiros a estudar os fenômenos da luz foi o Isaac Newton, que por volta de 1665-1666, mostrou que a luz branca, como a luz solar, se dispersa em diferentes cores ao passar por um prisma, criando um espectro como a do arco-íris. (Filho e Saraiva, 2013).

Segundo Hollas (2003, p. 1), "os métodos experimentais de espectroscopia começaram na região visível do espectro eletromagnético onde o olho poderia ser usado como detector." Dessa forma, o espectro visível, por ser perceptível ao olho humano, foi naturalmente a primeira área a ser explorada, facilitando os primeiros métodos experimentais de espectroscopia (Figura 3).

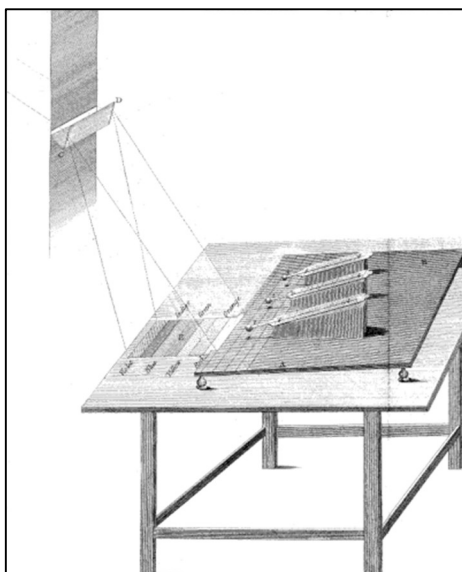
Figura 3 - Espectro Eletromagnético



Fonte: Horst Frank, Jailbird, Alebergen (2011)

Em conformidade com Paganelli (2022), em meados de 1800, o astrônomo inglês William Herschel (1738 – 1822) descobriu uma radiação invisível próximo ao vermelho, posteriormente denominada de infravermelho (Figura 4).

Figura 4 – Ilustração do experimento de Herschel



Fonte: William Herschel (1800)

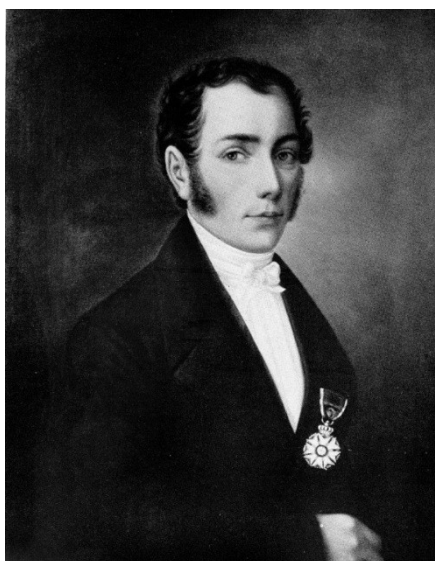
Conforme os experimentos de William Herschel, relatados por Figueiras (1996, p. 22), ao submeter o bulbo de um termômetro às diferentes regiões do espectro solar, foi constatado um aumento gradual da temperatura do mercúrio. O experimento revelou, no entanto, que a taxa de aumento térmico era significativamente maior nas proximidades da região do espectro visível correspondente à cor vermelha.

Ao testar a região não iluminada depois do vermelho, Herschel descobriu que a temperatura subia ainda mais rapidamente. A radiação invisível que provocava este efeito foi então denominada de infravermelho. Estava assim demonstrado que a luz continha componentes não detectáveis por nossos olhos, em adição à porção visível. (Figueiras, 1996, p. 22).

No ano de 1802, William Hyde Wollaston observou que, ao passar a luz solar por uma fenda, em seguida, por um prisma, surgiam algumas linhas escuras no espectro. *“Essas linhas são imagens da fenda do espectrógrafo em diferentes comprimentos de onda”*. (Filho e Saraiva, 2013, p. 217).

Estudos posteriores, por volta de 1813, o aprendiz de vidreiro e fabricante de instrumentos ópticos, o alemão Joseph von Fraunhofer, (Figura 5), que observou mais a fundo as linhas escuras, identificando 574 dessas linhas escuras no espectro solar, que mais tarde foram chamadas de “linhas de Fraunhofer”.

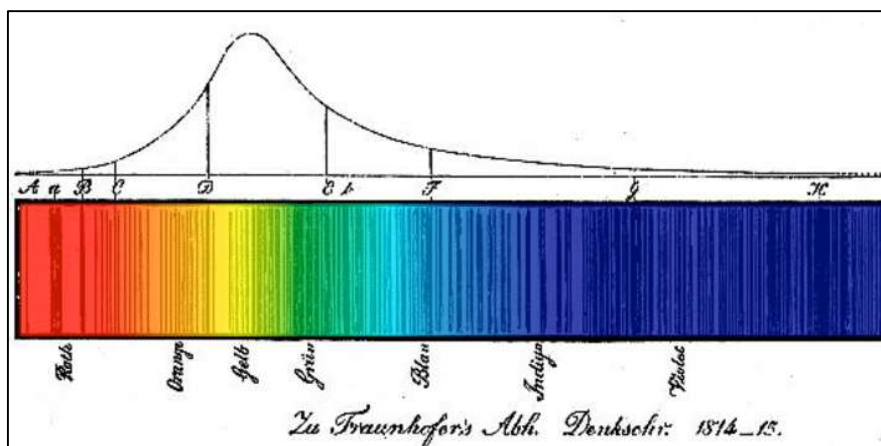
Figura 5 - Joseph von Fraunhofer



Fonte: Joseph von Fraunhofer (1824)

Fraunhofer nomeou 324 dessas linhas com letras maiúsculas, (A, B, C etc.), para as mais fortes e minúsculas para as mais fracas, começando com a letra A na região vermelha do espectro (Figura 6).

Figura 6 - Linhas de Fraunhofer

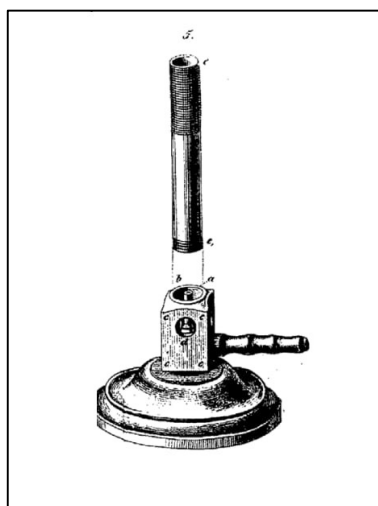


Fonte: Joseph von Fraunhofer (1814)

Consoante ao exposto por Filho e Saraiva (2013), Fraunhofer também identificou linhas espectrais nas estrelas Sírius, Castor, Pollux, Capella, Betelgeuse e Procyon. Ele utilizava essas linhas do espectro solar para ajustar e calibrar seus instrumentos, como vidros e prismas, que eram reconhecidos como os de maior qualidade na época.

Por volta de 1856, o químico alemão Robert Wilhelm Bunsen inventou o bico de Bunsen, como ilustra a Figura 7, o qual tinha a vantagem de produzir uma chama incolor. Quando se colocava um elemento químico sobre a chama, as cores emitidas eram características da substância, e não da chama. Bunsen trabalhava com Gustav Robert Kirchhoff, um físico de Heidelberg, que já havia formulado as leis que regem as correntes e tensões em circuitos elétricos em 1845, conhecidas como Leis de Kirchhoff.

Figura 7 – Ilustração do bico de Bunsen



Fonte: Robert Wilhelm Bunsen (1857)

Já no ano de 1856, Kirchhoff sugeriu que as cores seriam mais facilmente distinguidas se passassem por um prisma. Juntos, eles colocaram um prisma na frente de um conjunto de lentes e começaram a identificar as linhas espectrais associadas a diferentes elementos químicos. Conforme descrito por Filho e Saraiva (2013):

Os gases quentes observados por Kirchhoff e Bunsen não emitiam um espectro contínuo. Eles descobriram que cada elemento gerava uma série de linhas diferentes. Por exemplo, o neônio tinha linhas no vermelho (por isso, um cartaz de neon é vermelho), o sódio tinha linhas no amarelo, e o mercúrio tinha linhas no amarelo e no verde. (Filho e Saraiva, p.2013, 218).

Entre os estudos de Fraunhofer sobre o espectro solar e os de Bunsen sobre os elementos químicos, havia uma diferença na aparência das linhas observadas: enquanto Fraunhofer via linhas escuras, Bunsen observava linhas brilhantes.

Com base em suas observações, Kirchhoff desenvolveu três leis empíricas da espectroscopia, que permitem identificar a composição de uma mistura de elementos. Essas leis descrevem como os diferentes tipos de espectros podem ser usados para determinar as substâncias presentes em um material. Estas leis são:

- A lei do Espectro Contínuo: Um corpo opaco e quente, seja ele sólido, líquido ou gasoso, emite um espectro contínuo. Exemplos incluem o filamento de uma lâmpada incandescente (sólido), a lava de um vulcão (líquido) e uma estrela (gás denso).
- A lei do Espectro de Emissão: Um gás transparente, ou seja, pouco denso, produz um espectro de linhas brilhantes, conhecido como espectro de emissão. O número e a cor (posição) dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás. Um exemplo disso é uma lâmpada fluorescente.
- A lei do Espectro de Absorção: Quando um espectro contínuo passa por um gás a uma temperatura mais baixa, o gás frio provoca a aparição de linhas escuras, formando um espectro de absorção. O número e a posição dessas linhas dependem dos elementos químicos presentes no gás.

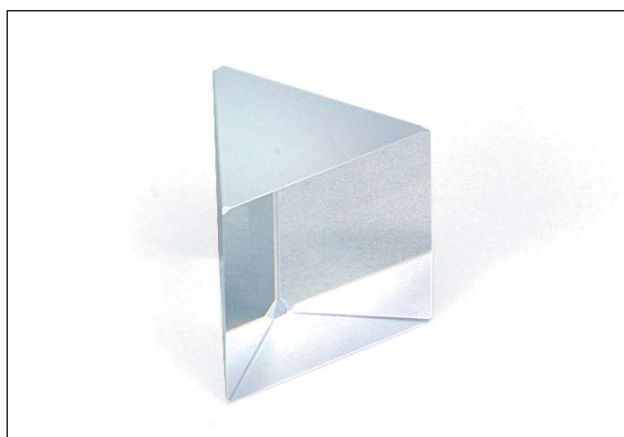
2.2 PRISMAS E REDES DE DIFRAÇÃO

Prismas e redes de difração são essenciais na óptica, permitindo a decomposição e análise da luz. Enquanto os prismas utilizam a refração, as redes de difração se baseiam na interferência. Ambos são amplamente aplicados em espectroscopia, identificação de elementos químicos e desenvolvimento de dispositivos ópticos, sendo fundamentais para a compreensão e manipulação da luz na ciência e tecnologia.

2.2.1 Prismas

Os prismas, como da Figura 8, desempenham um papel multifuncional na Óptica, sendo utilizados em diversas aplicações, como divisores de feixe, dispositivos polarizadores e interferômetros. (Hecht, 2017, p. 199). Isso mostra as amplas funções que esses componentes ópticos podem desempenhar.

Figura 8 – Prisma comercial



Fonte: 3B Scientific (2025)

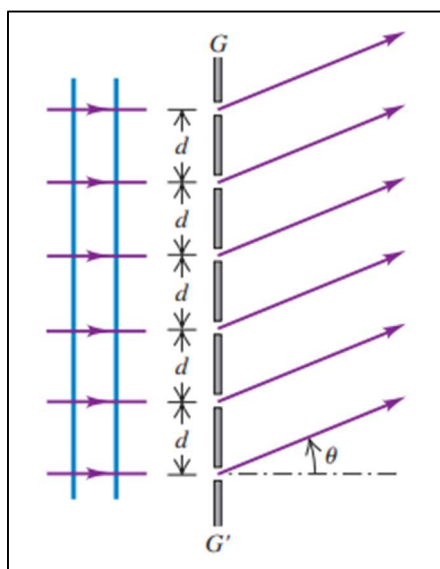
Os prismas, embora possuam diversas utilidades, são geralmente empregados para duas finalidades principais: elemento dispersivo e modificação da trajetória do feixe luminoso. Segundo Hecht (2017, p. 199), um prisma pode ser utilizado como um elemento dispersivo, decompondo um feixe de luz policromática em seus componentes de frequência, uma técnica valiosa em analisadores de espectro. Alternativamente, sua função mais frequente é modificar a orientação de uma imagem ou direção de propagação de um feixe luminoso.

2.2.2 Redes de difração

A difração é um fenômeno que ocorre com diferentes tipos de ondas, sejam elas luminosas, eletromagnéticas ou mecânicas. Quando as ondas na superfície de um lago, por exemplo, encontram um obstáculo, como um pequeno barco, as ondas se espalham ao redor dele. De acordo com Halliday e Resnick (2016), isso ocorre com a luz, se dispersando ao passar pelas bordas de um orifício ou uma fenda.

Assim, uma rede de difração é um instrumento composto por inúmeras fendas paralelas idênticas, com largura constante (a) e separadas por uma distância fixa (d) entre seus centros. Essa configuração específica permite a ocorrência de fenômenos como o da difração, conforme descrito por Young e Freedman (2016). Essa rede é feita de um material tipicamente transparente, que permite a dispersão da luz quando ela passa por suas ranhuras (Figura 9).

Figura 9 – Esquema de uma rede de difração



Fonte: Young e Freedman (2016)

A Figura 9 ilustra seis fendas, por outro lado, redes reais podem ter milhares de fendas, separadas por uma distância d , chamada espaçamento da rede. Um feixe de luz monocromática incide perpendicularmente sobre a rede e as posições dos máximos de intensidade são obtidas pela seguinte equação:

$$d \sin \theta = m \lambda \quad m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (1)$$

As primeiras redes de difração foram desenvolvidas por Fraunhofer, utilizando fios metálicos finos. Atualmente, essas redes são fabricadas por meio de processos

mais sofisticados, como a inscrição de sulcos equidistantes em superfícies vítreas ou metálicas com pontas de diamante, ou ainda pela redução fotográfica de padrões lineares. É importante ressaltar que, no contexto das redes de difração, os termos 'fenda', 'ranhura' e 'linha' são frequentemente utilizados como sinônimos (Young e Freedman, 2016).

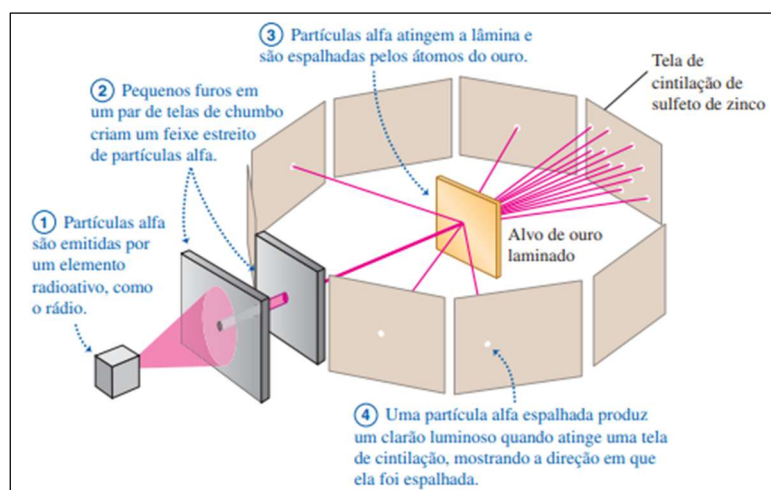
Conforme Halliday e Resnick (2016), a rede de difração é um instrumento crucial na óptica, com aplicações que se estendem desde a análise da luz até o estudo de materiais.

2.3 ÁTOMOS E LUZ

Rutherford conduziu o famoso experimento da folha de ouro em 1909, com a ajuda de seus alunos Hans Geiger e Ernest Marsden. Eles bombardearam uma fina lâmina de ouro com partículas alfa (núcleos de hélio). Observando o espalhamento dessas partículas, Rutherford notou que a maioria passava diretamente pela folha, enquanto algumas sofriam desvios significativos, e uma pequena fração retornava quase diretamente para a fonte.

De acordo com Filho e Saraiva (2013), essa observação levou à conclusão de que a massa do átomo não estava distribuída uniformemente, como sugeria o modelo atômico de Thomson (modelo de pudim de passas). Em vez disso, a maior parte da massa atômica estava concentrada em uma pequena região central, que ele chamou de núcleo, enquanto os elétrons orbitavam essa região em torno de um vasto espaço vazio (Figura 10).

Figura 10 – Parte do arranjo experimental usado por Geiger e Marsden



Fonte: Young e Freedman (2016)

Entretanto, esse modelo apresentou problemas, pois elétrons acelerados emitem energia, o que deveria fazer com que eles perdessem energia e espiralassem em direção ao núcleo, tornando os átomos instáveis. Portanto, os átomos são estáveis e liberam radiação em comprimentos de onda específicos, o que pode ser observado nos espectros de emissão. Isso sugeriu que as leis da mecânica clássica não se aplicavam completamente ao comportamento dos átomos, levando ao desenvolvimento da mecânica quântica.

Max Planck, em 1900, propôs que a matéria emite luz em pacotes de energia chamados *quanta*. Posteriormente, em 1905, Albert Einstein utilizou essa ideia para explicar o efeito fotoelétrico, propondo que cada *quantum* de luz, ou fóton, possui uma energia definida.

Segundo Einstein, quando um quantum de luz (mais tarde chamado de fóton) atinge um metal, ele pode interagir com um elétron. “Para que este elétron seja liberado do metal, é necessário que ele adquira uma quantidade de energia, denominada função trabalho” (Santana e Santos, 2017, p.559). Dessa forma, os elétrons só serão liberados se os fótons tiverem uma energia superior a esse valor mínimo.

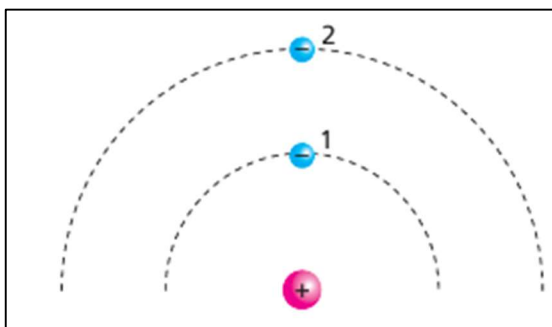
2.3.1 Níveis de energia e o modelo do átomo de Bohr

De acordo com Young e Freedman (2016), em 1913, o físico dinamarquês Niels Henrik David Bohr, que trabalhava ao lado de Ernest Rutherford na Universidade de Manchester, fez uma proposta revolucionária para compreender tanto a estabilidade dos átomos quanto os processos de emissão e absorção de linhas espectrais.

Bohr combinou o conceito de fóton com uma ideia completamente nova e revolucionária para a época: a de que a energia de um átomo não pode assumir qualquer valor, mas sim, somente valores específicos e discretos. Segundo Ramalho, Nicolau e Toledo (2007), no modelo atômico proposto por Bohr, a energia não é emitida de forma contínua, mas em pequenos pacotes chamados quanta, conforme sugerido por Planck. Nesse modelo, os elétrons ocupam níveis estáveis de energia denominados estados estacionários, nos quais não emitem radiação.

Assim, os elétrons ocupam diferentes níveis de energia. Aqueles localizados mais próximos do núcleo estão nos níveis de energia mais baixos, enquanto os mais distantes ocupam níveis de energia mais elevados (Young e Freedman, 2016). Para ilustrar isso, a Figura 11, que mostra o núcleo do átomo e um de seus elétrons em dois níveis de energia distintos.

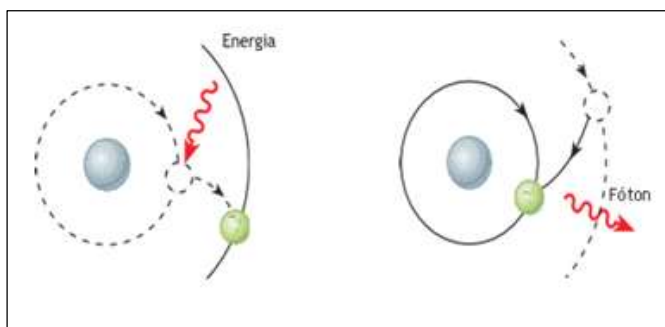
Figura 11 – Níveis de energia



Fonte: Ramalho, Nicolau, Toledo (2007)

De acordo com Ramalho, Nicolau e Toledo (2007), a transição entre esses níveis ocorre quando o elétron absorve uma quantidade específica de energia do meio externo, necessária para alcançar um nível superior. Ao retornar ao nível inicial, o elétron libera a energia absorvida sob a forma de radiação, de maneira equivalente à quantidade absorvida anteriormente. A figura 12 indica a absorção e posterior emissão da energia entre dois estados energéticos.

Figura 12 – Energia absorvida e emitida de um elétron



Fonte: Ramalho, Nicolau, Toledo (2007)

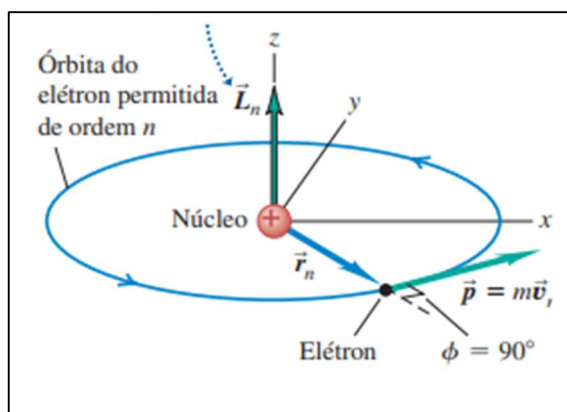
2.3.2 Os postulados de Bohr aplicado ao átomo de hidrogênio

A hipótese de Bohr estabeleceu uma relação entre os espectros atômicos e os níveis de energia, mas não forneceu princípios gerais para prever os níveis de energia de um átomo em particular. Bohr resolveu esse problema para o átomo de hidrogênio, o mais simples, que possui apenas um elétron.

Em seu modelo, Bohr postula que cada nível de energia corresponde a uma órbita circular estável do elétron em torno do núcleo. De maneira distinta à física clássica, ele também propôs que o elétron, em uma órbita estável, não emite radiação. A radiação ocorre apenas quando o elétron faz uma transição de uma órbita com energia maior E_i para uma órbita com energia menor E_f . Conforme ilustra a figura 12 emitindo um fóton com a diferença de energia entre as órbitas $hf = E_i - E_f$ (Young & Freedman, 2016).

De acordo com Young & Freedman (2016), Bohr postulou, através de um raciocínio complexo que conectava a frequência angular da luz emitida com a velocidade angular do elétron em níveis de energia muito elevados, que o momento angular do elétron não pode assumir qualquer valor. Em vez disso, ele é restrito a valores específicos que são múltiplos inteiros de $h/2\pi$, onde h é a constante de Planck.

Figura 13 - Momento angular de um elétron



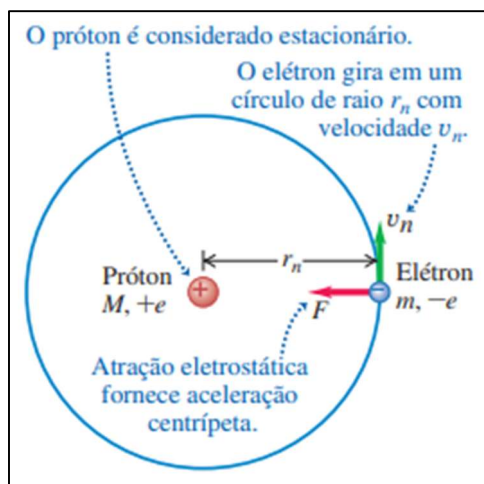
Fonte: Young e Freedman (2016)

Assim, o argumento de Bohr levou a seguinte equação do momento angular,

$$L_n = mv_n r_n = n \frac{h}{2\pi} \quad (2)$$

Analisando o modelo do átomo de hidrogênio que segue os princípios da mecânica newtoniana, mas que também inclui a hipótese de quantização, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 - O modelo de Bohr do átomo de hidrogênio



Fonte: Young e Freedman (2016)

Assim, Bohr chegou à equação de energia para o seu modelo atômico, dada por:

$$E_n = \frac{hcR}{n^2} \quad (3)$$

Onde,

$$R = \frac{me^4}{8\varepsilon_0^2 h^3 c} \quad (4)$$

Conhecida como constante de Rydberg, em homenagem ao físico sueco Johannes Rydberg, que desempenhou um papel pioneiro no estudo do espectro do hidrogênio. Ao substituir os valores numéricos das constantes físicas fundamentais m , c , e , h e ε_0 , todas passíveis de determinação independentemente da teoria de Bohr, obtemos $R = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$. (Young & Freedman, 2016).

Com isso, podemos determinar o comprimento de onda do fóton emitido durante uma transição de um nível n_U para um nível n_L .

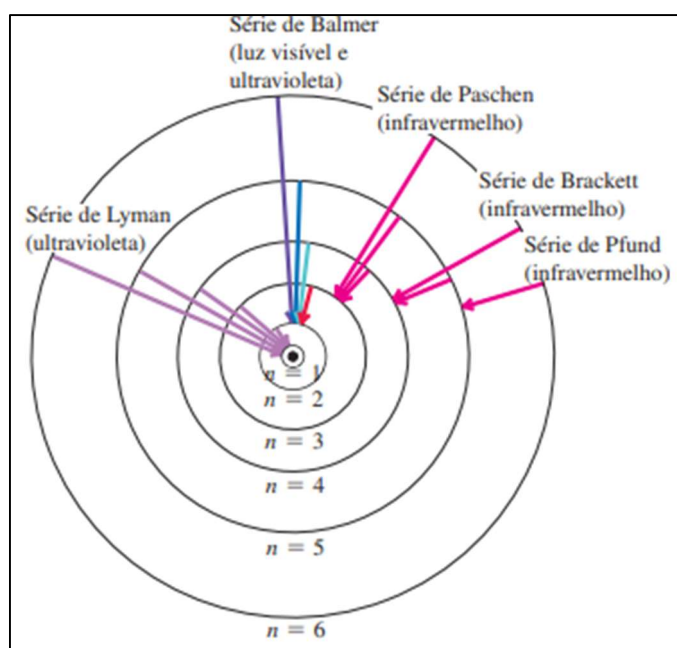
$$\frac{hc}{\lambda} = E_{nU} - E_{nL} = \left(-\frac{hcR}{n_U^2} \right) - \left(-\frac{hcR}{n_L^2} \right) = hcR \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right)$$

Ou seja,

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_U^2} \right) \quad (5)$$

A Figura 15 ilustra as órbitas e os níveis de energia de um átomo. Os níveis de energia disponíveis são indicados por diferentes valores do número quântico n . Cada valor de n está associado a um raio orbital específico r_n , uma velocidade v_n , um momento angular $L_n = nh/2\pi$ e uma energia total E_n . (Young & Freedman, 2016).

Figura 15 - Órbitas permitidas de um elétron no modelo de Bohr de um átomo de hidrogênio



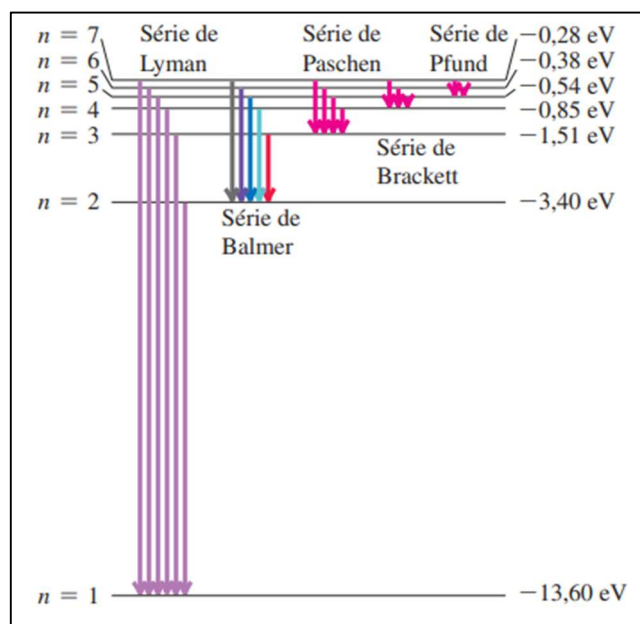
Fonte: Young e Freedman (2016)

O modelo de Bohr prevê diversos comprimentos de onda no espectro do hidrogênio, cada um relacionado a séries espectrais nomeadas em homenagem a seus descobridores. As séries, como a de Balmer, apresentam previsões precisas.

A série de Lyman, por exemplo, resulta de transições entre o nível fundamental e níveis excitados superiores, com fótons emitidos na faixa ultravioleta devido às

grandes diferenças de energia. Já as séries de Brackett e Pfund, que envolvem transições entre níveis mais elevados, produzem fótons de menor energia, com comprimentos de onda na região do infravermelho, em função das menores diferenças de energia associadas, (Young & Freedman, 2016).

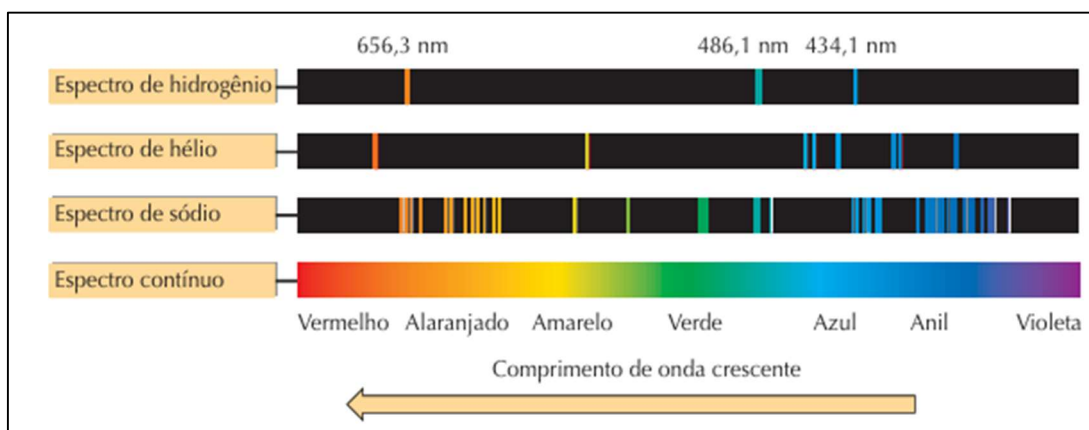
Figura 16 - Diagrama do nível de energia para o hidrogênio



Fonte: Young e Freedman (2016)

Os espectros de emissão de gases revelam que cada elemento possui um conjunto único de raias espectrais, que correspondem às transições de elétrons entre órbitas de diferentes níveis de energia. Essas transições resultam na emissão de fótons com comprimentos de onda específicos, funcionando como uma espécie de "impressão digital" característica de cada gás (Ramalho, Nicolau, Toledo, 2007).

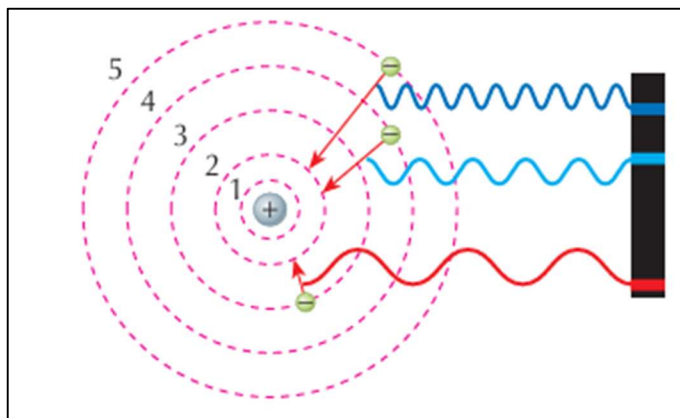
Figura 17 – Espectro de emissão de alguns elementos



Fonte: Ramalho, Nicolau, Toledo (2007)

No caso do hidrogênio, a Figura 18 ilustra a relação entre as linhas do espectro de emissão e os correspondentes saltos quânticos realizados pelos elétrons. Contudo, nem todos os saltos possíveis estão representados na figura.

Figura 18 – Saltos quânticos de um elétron no átomo de hidrogênio



Fonte: Ramalho, Nicolau, Toledo (2007)

Cada órbita está associada a uma energia específica, e os elétrons só podem ocupar níveis de energia determinados, de acordo com valores precisos de energia que correspondem a essas órbitas estacionárias. Assim, os elétrons não podem existir em estados de energia intermediários. Aqueles em órbitas mais distantes do núcleo possuem maior energia. (Young e Freedman, 2016).

2.4 ESPECTROS DE ABSORÇÃO E EMISSÃO

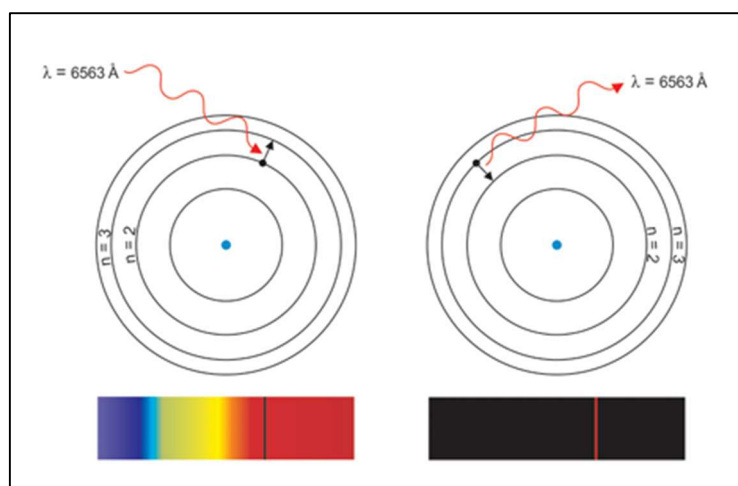
A espectroscopia uma técnica amplamente utilizada em Física, Química e Astrofísica, permite a análise detalhada de materiais através do estudo da interação da luz com a matéria. Cada elemento químico possui um conjunto único de níveis de energia eletrônica, o que resulta em um padrão específico de absorção e emissão de luz em diferentes comprimentos de onda.

Esses padrões, conhecidos como espectros de emissão e absorção, funcionam como uma "impressão digital" do elemento, permitindo sua identificação precisa. Essa característica torna a espectroscopia uma ferramenta essencial não apenas para a identificação qualitativa dos elementos presentes em uma substância, mas também para a quantificação de suas concentrações, fornecendo informações importantes em diversas áreas de pesquisa científica. Conforme destaca Leite e Prado (2012, p.4).

Como o espectro de emissão/absorção de cada elemento possui um padrão único, podemos utilizar os espectros de emissão/absorção de uma substância para identificar e quantificar os diferentes elementos químicos nela presentes, como se fosse uma impressão digital do elemento (Leite e Prado, 2012, p. 4).

Quando um átomo absorve um fóton cuja energia é suficiente para promover uma transição para um nível de energia mais alto, uma linha de absorção é gerada, com um comprimento de onda correspondente ao do fóton absorvido. Por outro lado, quando o átomo retorna a um nível de energia mais baixo, emitindo um fóton no processo, uma linha de emissão é criada, com o mesmo comprimento de onda que o fóton emitido (Figura 19).

Figura 19- Formação de linhas de absorção e de emissão



Fonte: Filho e Saraiva (2013)

2.5 A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

De acordo com Rios et al (2022), a experimentação constitui uma metodologia alternativa essencial no ensino de Física, contribuindo significativamente para o desempenho docente e para o aprimoramento da aprendizagem dos conceitos pelos estudantes. Os autores enfatizam que:

Os aspectos da aquisição do conhecimento com base na natureza investigativa e na observação, como fonte de conhecimento. Os experimentos são uma excelente forma de aprendizagem, se bem interpretados, podem ser usados para estabelecer novos fatos teóricos, desaproveitar fatos antigos ou redefini-los (Rios et al.,2022, p.3).

Como reforça Alves (2006), os experimentos permitem a observação prática dos fenômenos, facilitando a conexão entre teoria e prática e promovendo uma compreensão mais profunda dos conteúdos. Em sua revisão, a experimentação desempenha um papel significativo na dinâmica educacional:

Pode-se dizer que [...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de minimizar as dificuldades relativas a aprender e ensinar física de modo significativo (p. 25).

Segundo Martins, Rodrigues e Andrade (2022), a elaboração de experimentos acessíveis e de fácil execução, quando integrados ao ensino tradicional, pode contribuir significativamente para revitalizar o interesse e a curiosidade dos estudantes no estudo das ciências.

É importante salientar que, a experimentação no ensino de física desempenha um papel essencial na melhoria do aprendizado, uma vez que possibilita aos alunos interagirem diretamente com os fenômenos físicos do cotidiano. Essa interação facilita a compreensão dos conteúdos e torna as aulas mais atrativas (Pereira, 2021).

De acordo com Da Silva (2017), a realização de atividades experimentais proporciona diversos benefícios ao processo de aprendizagem, como a participação ativa dos estudantes no desenvolvimento de tarefas, o que favorece a assimilação dos conteúdos teóricos apresentados em sala de aula e estimula o interesse dos alunos em identificar processos e fenômenos científicos.

As atividades experimentais promovem a integração entre teoria e prática, desenvolvendo no aluno competências técnicas, autonomia, pensamento crítico e uma postura investigativa que são essenciais para a ciência. Segundo Seré et al, (2003):

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. [...] Assim, o aluno é preparado para poder tomar decisões na investigação e na discussão dos resultados. (Seré et al, 2003, p.39).

Segundo Araújo e Abib (2003), as atividades experimentais, nas últimas décadas, têm mostrado uma grande diversidade de possibilidades e tendências em seu uso no ensino de Física. Elas podem variar desde situações que buscam apenas a verificação de leis e teorias, até aquelas que favorecem a reflexão e a revisão das ideias dos alunos sobre os fenômenos e conceitos abordados, permitindo que esses estudantes reestruturem seus modelos explicativos.

A experimentação, portanto, se fortalece como um importante recurso educacional nas aulas de Ciências, especialmente na Física, funcionando como um elo de conexão entre o aluno e o conhecimento, bem como entre o professor e o estudante. Ela desempenha um papel crucial ao tornar mais significativo o ambiente da sala de aula tradicional, aproximando os alunos da prática científica ou, em alguns casos, oferecendo seu primeiro contato com ela. Além disso, a experimentação pode confrontar as ideias pré-existentes dos estudantes, gerando conflitos cognitivos e promovendo a reflexão (Parma, 2020).

2.6 TECNOLOGIAS NO ENSINO DE FÍSICA

É inconcebível abordar o desenvolvimento sem considerar os avanços tecnológicos, assim como não se pode discutir ensino sem lembrar das metodologias educativas. Essa relação leva a uma conexão intrínseca entre tecnologia e educação, que se entrelaçam desde seus primórdios. Como destacam Dussel e Caruso (2003), o uso de tecnologia no ensino abrange desde aspectos básicos, como a disposição das cadeiras na sala de aula, o tipo de quadro e os livros selecionados, até a integração de equipamentos tecnológicos, como projetores, computadores e softwares.

O uso de softwares tem se tornado cada vez mais comum nas salas de aula, marcando uma nova era tecnológica na educação. Essa transformação tem proporcionado metodologias de ensino diferentes, que envolvam os alunos de maneira mais ativa, incentivando sua participação e facilitando a aprendizagem do conteúdo de forma mais eficiente e com maior qualidade (Vicentini, 2019).

Certamente, é comum encontrar diversas dificuldades para a implementação dessas metodologias de ensino no ambiente escolar, como ressaltam Costa e Prado (2015), a dificuldade enfrentada pelos professores em incorporar as Tecnologias

Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) em suas práticas pedagógicas está relacionada a vários fatores, como a necessidade de aprender a utilizar os recursos tecnológicos e de reformular práticas docentes que foram estabelecidas ao longo do tempo, muitas vezes sem o uso dessas tecnologias.

Conforme Almeida (2019), é importante destacar que ensinar com o uso de tecnologia vai além de simplesmente introduzi-la na sala de aula. É necessário aproveitá-la de maneira adequada, integrando-a ao processo de ensino de forma a promover uma aprendizagem de qualidade. Isso deve estimular no aluno o pensamento crítico, o desejo de explorar novos conhecimentos e a aplicação prática do que foi ensinado. Com base nessa perspectiva, é evidente que a tecnologia permite abordar os conteúdos de maneira mais dinâmica e interativa no ambiente escolar, especialmente na disciplina de Física, onde muitos consideram os tópicos como abstratos e de difícil compreensão e aplicação prática.

Para Souza (2021), o uso das tecnologias é um recurso para superar as lacunas no ensino que ainda persistem no ambiente acadêmico. Além de favorecer uma abordagem pedagógica diversificada, essas ferramentas estimulam os futuros professores a explorar métodos didáticos inovadores para aplicar em sala de aula. Despertar a curiosidade dos docentes em formação é uma maneira de inspirá-los e plantar a ideia de mudança, incentivando-os a perseguir constantemente melhorias e a oferecer um ensino mais eficiente e de qualidade. Com isso, o professor compreende que proporcionar uma aprendizagem significativa e saudável para seus alunos é um de seus principais objetivos profissionais.

De acordo com Godinho (2021), essas tecnologias são resultadas dos avanços promovidos pela própria física, contribuindo para transformar a forma como o mundo é entendido e vivido, ao mesmo tempo que aprimoram o processo de aprendizagem dos estudantes.

Ainda conforme Godinho (2021), a utilização de tecnologias educacionais, como softwares de simulação, nas aulas práticas de Física, tem demonstrado ser um importante fator no desenvolvimento de habilidades significativas nos estudantes. Tais tecnologias contribuem para o aprendizado, estimulando a capacidade de reflexão, generalização e trabalho em equipe. Além disso, elas proporcionam uma compreensão mais aprofundada de aspectos relacionados ao tratamento estatístico

de dados e permitem questionamentos sobre os limites de validade dos modelos físicos.

2.7 UTILIZAÇÃO DE SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS

Conforme destaca Franco (2018), o termo "sequência didática" carrega em si o significado de uma série de etapas ou atividades contínuas que seguem uma ordem lógica. Essas etapas têm como objetivo ensinar um conteúdo de forma progressiva e estruturada, garantindo que o aprendizado aconteça de maneira organizada e eficiente.

A busca por novas estratégias de ensino e aprendizagem tem sido foco de estudos e do aprimoramento de métodos já existentes. Nesse contexto, o planejamento das aulas, a definição dos aspectos a serem tratados e a escolha das abordagens adequadas compõem um modelo estruturado para o processo de ensino (Ugalde e Roweder, 2020).

Zabala (1998, p. 18) explica que as sequências didáticas são: [...] um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos. Ainda conforme o autor, o principal objetivo de todas as técnicas e métodos no processo de ensino-aprendizagem é promover uma maior consolidação do conhecimento, transformando o objeto de estudo em algo relevante e significativo. Dessa forma, o uso de sequências didáticas direcionadas à educação tem se tornado uma prática cada vez mais comum como estratégia de intervenção educativa.

Para Franco (2018), a sequência didática oferece ao docente a oportunidade de aprofundar conhecimentos em áreas onde possa haver fragilidades, enquanto se prepara para ensinar determinado tema. Além disso, ela é apresentada como uma proposta de ação pedagógica, permitindo ao professor intervir continuamente para aprimorar o processo de ensino-aprendizagem. Esse recurso possibilita criar situações que incentivem os alunos a adotarem uma postura reflexiva, tornando-se agentes ativos no próprio aprendizado.

Diante do exposto, e com o intuito de ampliar o impacto do aprendizado e promover a aplicação prática dos conhecimentos, propomos a elaboração de uma

sequência didática abrangente e inovadora (Apêndice 1). Esta sequência terá como foco a utilização do espectrômetro construído, tanto em aulas de física do nível superior quanto do nível médio. Acreditamos que a inserção deste equipamento nas atividades didáticas, aliado a uma abordagem pedagógica estruturada, permitirá aos alunos vivenciarem a Física de forma mais concreta e significativa.

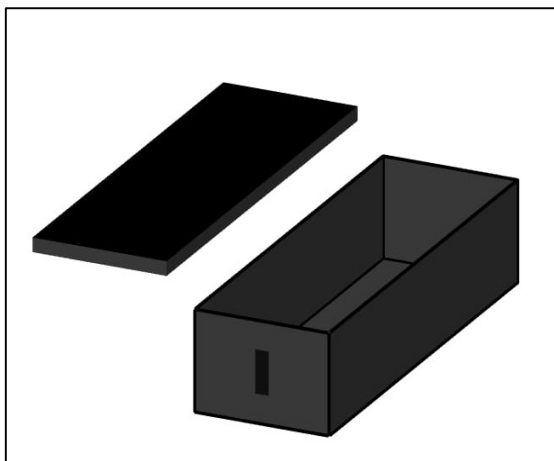
3 METODOLOGIA

A metodologia deste estudo adota uma perspectiva híbrida, combinando elementos quantitativos e qualitativos. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a abordagem quantitativa se fundamenta na premissa de que tudo pode ser medido, permitindo a conversão de opiniões e dados em números para análise e organização. Por outro lado, a abordagem qualitativa, ainda de acordo com os autores supracitados, valoriza o ambiente como fonte primária de dados. Nessa perspectiva, o pesquisador interage diretamente com o contexto e o objeto de estudo, estabelecendo uma relação que possibilita a compreensão profunda do fenômeno investigado.

3.1 CONSTRUÇÃO DO ESPECTRÔMETRO DE EMISSÃO

A parte central deste experimento consiste na construção de uma caixa de MDF (Medium-Density Fiberboard) projetada para abrigar os componentes ópticos e eletrônicos do espectrômetro de emissão. Como mostra a Figura 20, a caixa, com dimensões de 30 cm de comprimento, 7 cm de altura e 10 cm de largura, foi cuidadosamente construída para garantir a estabilidade e o correto funcionamento do equipamento.

Figura 20 – Protótipo da caixa de MDF



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Para minimizar reflexões internas que pudessem interferir na análise do espectro luminoso, a estrutura recebeu pintura interna e externa com tinta spray preta fosca. Essa medida garante que apenas a luz proveniente das fontes luminosas analisadas chegue aos componentes de detecção, resultando em medidas mais precisas.

3.1.1 Componentes internos do espectrômetro

Para a construção do espectrômetro de emissão utilizado nos experimentos, foi necessário o desenvolvimento e a integração de diversos componentes ópticos e eletrônicos. Cada elemento foi cuidadosamente projetado e ajustado para garantir a eficiência na captura e análise dos espectros luminosos.

O espectrômetro é composto por um colimador, uma rede de difração, suportes ajustáveis para o alinhamento preciso dos componentes ópticos, uma câmera modificada para registro dos espectros, além de elementos auxiliares, como um diafragma antirreflexo e um difusor. Esses componentes foram dispostos em uma caixa estruturada para minimizar interferências externas e otimizar a dispersão da luz.

A seguir, serão detalhados os principais elementos que compõem o espectrômetro, suas funções e as adaptações realizadas para obter medições mais precisas.

3.1.1.1 Colimador

Na lateral da caixa, foi inserida uma fenda com dimensões de 3 cm de altura e 1 cm de largura. Essa fenda permite a entrada de um feixe de luz estreito e bem definido, proveniente das fontes luminosas, direcionando-o para os componentes ópticos do espectrômetro.

Para obter espectros mais nítidos e precisos, foi confeccionado um colimador. O colimador desempenha um papel fundamental ao evitar que a luz se espalhe, garantindo que o espectro obtido seja composto por linhas finas e bem definidas, facilitando a identificação das diferentes frequências de luz.

Para a confecção do colimador, utilizou-se uma lâmina de barbear, que foi cuidadosamente posicionada e fixada para criar uma fenda estreita e precisa, por onde a luz passa antes de ser analisada. A Figura 21 ilustra o colimador confeccionado com a lâmina de barbear, permitindo a visualização detalhada de sua estrutura e funcionamento.

Figura 21 – Colimador (lâmina de barbear)



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

3.1.1.2 Rede de difração

Para realizar a dispersão da luz, foi utilizada uma grade ou rede de difração comercial de 1000 fendas/mm. A Figura 22 ilustra esse componente óptico essencial que separa a luz em suas diferentes frequências, revelando o espectro luminoso da fonte, essa grade permite gerar um espectro de alta resolução, possibilitando a identificação precisa das diferentes cores que compõem a luz.

Figura 22 – Rede de difração



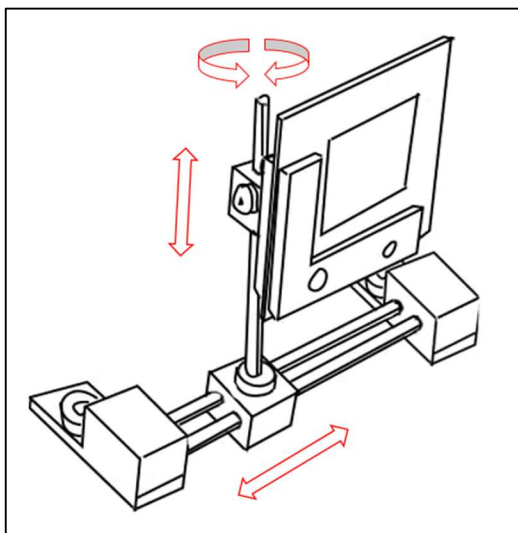
Fonte: CIDEPE

3.1.1.3 Suporte da rede de difração

Para garantir o alinhamento preciso da grade de difração com a fonte de luz, foi desenvolvido um suporte. Esse suporte desempenha um papel fundamental, mantendo a grade posicionada de forma otimizada para a captura do espectro luminoso.

O suporte foi projetado para permitir ajustes finos na posição da grade, possibilitando movimentos de translação (para cima, para baixo, para a esquerda e para a direita) e rotação em torno do próprio eixo. A Figura 23 ilustra o suporte da grade de difração, mostrando seus detalhes de construção e os mecanismos que permitem os ajustes de posição.

Figura 23 – Rede de difração com o suporte



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Essa flexibilidade é essencial para garantir que a luz seja difratada de forma eficiente e que o espectro seja capturado pela câmera com a melhor qualidade possível.

3.1.1.4 Câmera Webcam

Uma webcam Multilaser WCO45 foi selecionada para registrar os espectros nos experimentos devido às suas especificações técnicas, custo-benefício e compatibilidade. Com resolução de 640x480 pixels, sensor CMOS, foco manual e zoom digital, a webcam garante captura eficiente e adaptabilidade aos experimentos. A Figura 24 ilustra o equipamento.

Figura 24 - Multilaser WCO45



Fonte: Multilaser

Como podemos observar na Figura 25, a webcam Multilaser WCO45 foi completamente desmontada, removendo sua carcaça, o filtro infravermelho (para permitir a identificação de espectros nessa faixa), os LEDs de visão noturna e o microfone. Após a remoção desses componentes, restaram apenas a placa com o sensor de imagem CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor) exposto e os circuitos internos e as lentes.

Figura 25 – Webcam desmontada

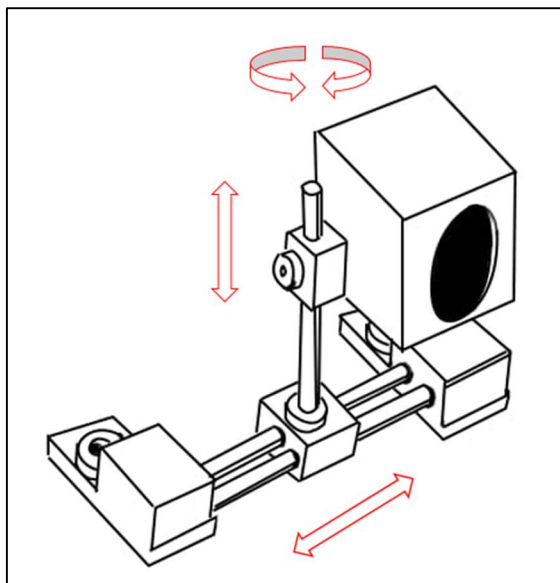


Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

3.1.1.5 Suporte para Webcam e nova carcaça

Para garantir a estabilidade da webcam durante o registro e análise dos espectros, foi desenvolvido um suporte específico. O design do suporte permite fixar a câmera na posição ideal para capturar as imagens, além de possibilitar variações no ângulo de captura para otimizar o registro de diferentes espectros. A Figura 26 ilustra o suporte e a nova carcaça para a webcam.

Figura 26 – Suporte da câmera



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Assim como o suporte da grade de difração, este suporte para a webcam também visa garantir o alinhamento preciso entre os componentes do espectrômetro, contribuindo para a qualidade dos dados obtidos.

3.1.1.6 Diafragma antirreflexo

Na Figura 27, temos um diafragma antirreflexo projetado com impressão 3D, cuja finalidade é minimizar reflexões indesejadas no interior da caixa. Ele foi construído com um orifício central retangular de 1,5 cm de altura por 5 cm de comprimento, garantindo o controle adequado da passagem da luz.

Figura 27 - Diafragma



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

3.1.1.7 Difusor

Inseriu-se uma tela difusora feita de papel ofício de cor branca junto com o colimador para impedir a incidência direta da luz na câmera, reduzindo o excesso de luz no sensor de imagem CMOS da câmera. Figura 28.

Figura 28 – Tela difusora

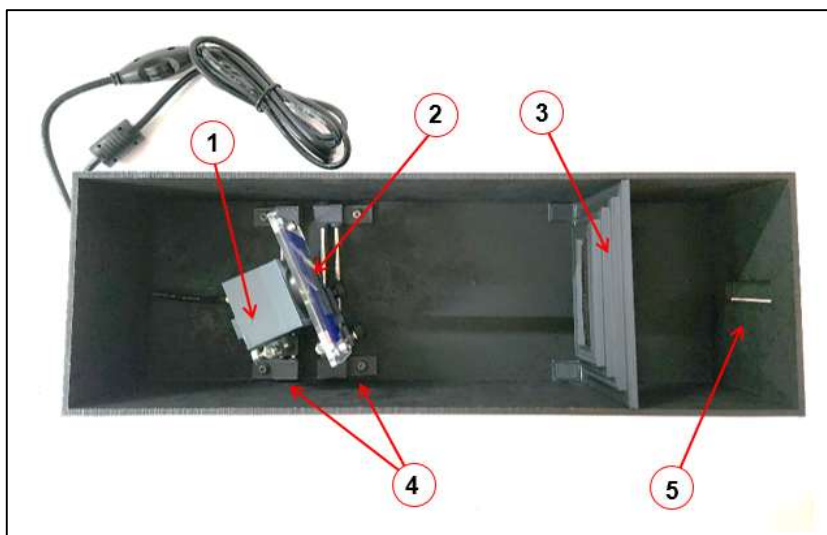


Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

3.1.1.8 A caixa com todos os componentes em seu interior

A Figura 29 apresenta o protótipo do espectrômetro de emissão construído, destacando a integração harmônica de seus principais componentes: A webcam e a rede de difração com os seus respectivos, o diafragma e o colimador. Essa visão geral permite compreender a disposição dos elementos e como eles interagem para realizar a análise espectral da luz.

Figura 29: 1- webcam; 2- rede de difração; 3 - diafragma; 4 - suportes da câmera e da rede de difração; 5 - colimador



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

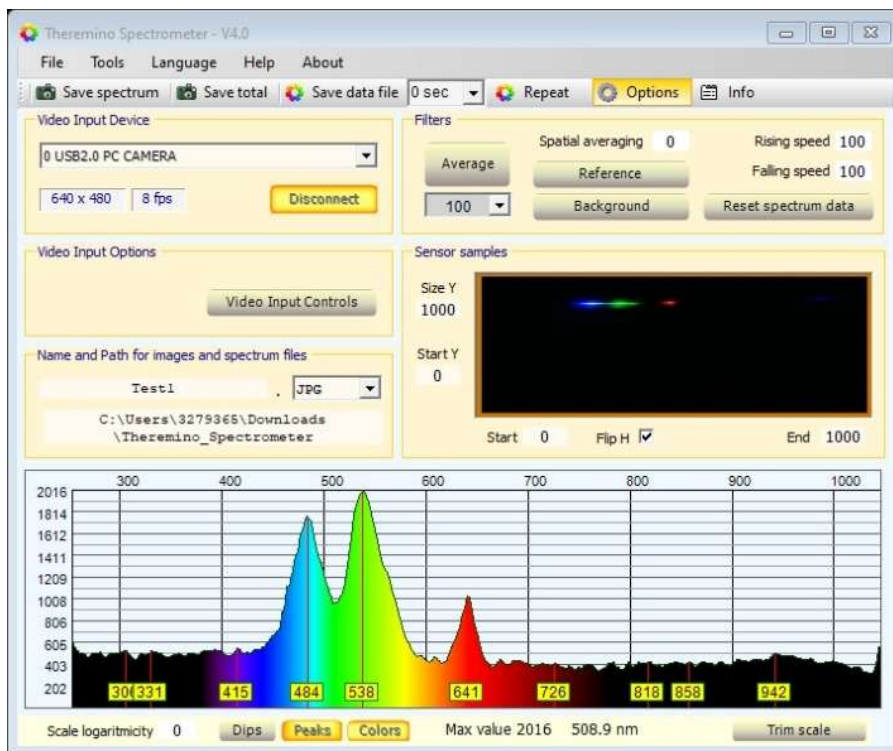
3.2 OBTENÇÃO DOS DADOS

Antes de iniciar a utilização do espectrômetro didático, foi preciso realizar sua calibração. Para esse procedimento, foi utilizada uma lâmpada fluorescente como fonte de luz de referência e o software Theremino Spectrometer. A calibração garante que as medições do espectrômetro sejam precisas e confiáveis, permitindo a identificação correta das diferentes frequências de luz presentes em cada amostra analisada.

3.2.1 Software Theremino Spectrometer

Para a calibração do experimento e a coleta de dados, optou-se pela utilização do software Theremino Spectrometer na versão 4.0. O Theremino é um sistema Open Source que pode ser empregado em diversas áreas, de pesquisa científica, conforme descrito em sua página oficial (Theremino, 2025). Na Figura 30, temos a interface do software.

Figura 30 - Interface do software Theremino Spectrometer V4.0



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

3.2.2 Calibração do Espectrômetro

A calibração foi realizada utilizando uma lâmpada fluorescente de baixo consumo, comum na iluminação doméstica, de 45W, como ilustra a Figura 31.

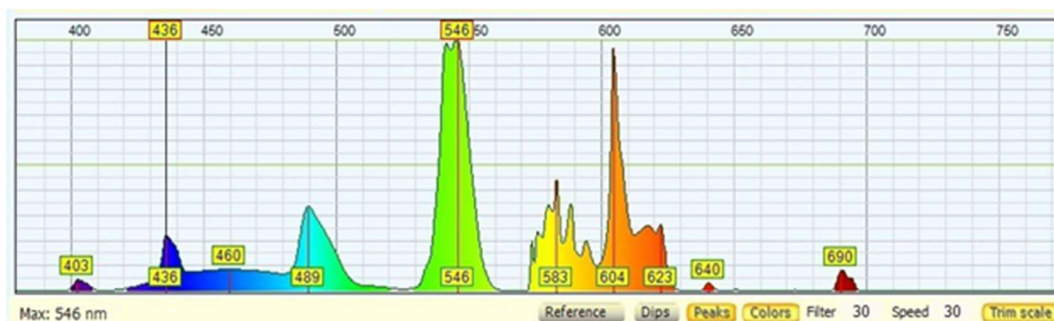
Figura 31 - Lâmpada fluorescente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Para isso, a lâmpada foi posicionada próxima à fenda de entrada, ajustando-se o controle de "Exposição" até que um gráfico semelhante ao modelo de referência, indicado pela documentação do software, fosse obtido. Figura 32:

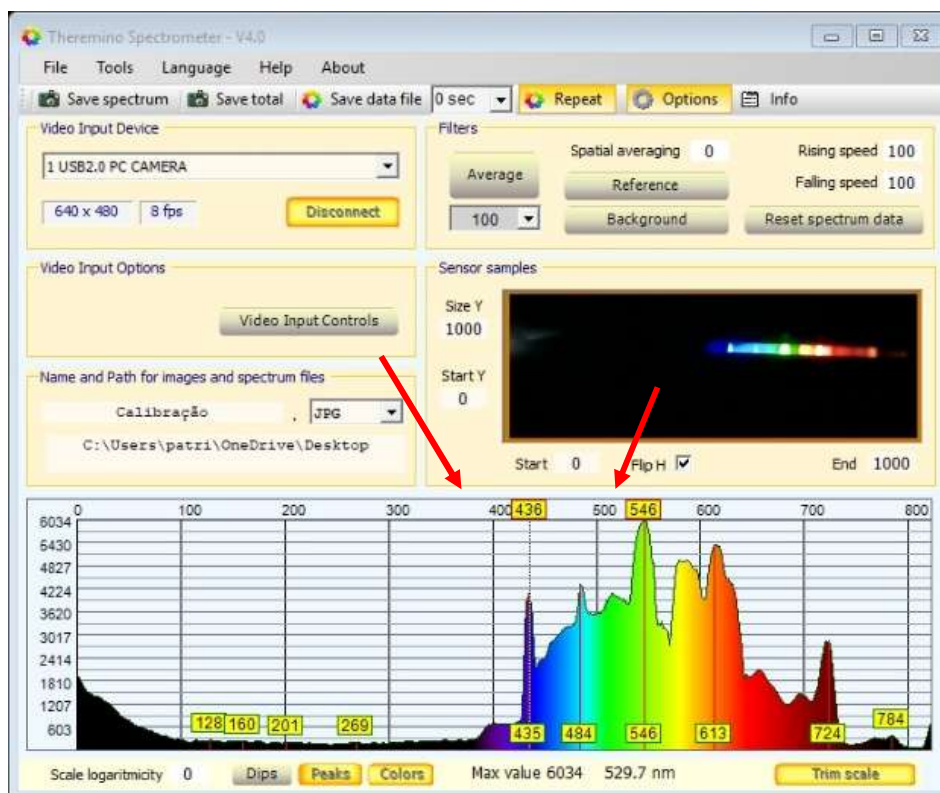
Figura 32 – Espectro de referência para a calibração



Fonte: Theremino 2024

A calibração foi concluída ao alinhar os marcadores com os picos característicos do mercúrio, composto presente na lâmpada fluorescente utilizada como referência, cujos comprimentos de onda correspondem a 436 nm e 546 nm. A Figura 33 ilustra o processo de calibração, mostrando o alinhamento dos marcadores com os picos de mercúrio.

Figura 33 – Espectro da calibração



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Após a calibração, procedeu-se à obtenção dos espectros de emissão de diversas fontes luminosas, incluindo: LEDs comerciais de diferentes cores (verde, vermelho, azul, laranja, ultravioleta, RGB e infravermelho), laser cor vermelho, lâmpadas fluorescentes, incandescentes e luz solar.

3.3 ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Após a construção e testes do espectrômetro de emissão, com diversas fontes para verificar a sua qualidade, foi elaborada uma sequência didática. Essa sequência é voltada para o estudo de Física Moderna e/ou Espectroscopia. O objetivo geral é compreender os princípios da espectroscopia, explorando os espectros de emissão e absorção e suas aplicações na Física Moderna. A sequência didática é estruturada em 10 aulas, cada uma com duração de 1 hora, com mais detalhes no Apêndice A.

A sequência didática é complementada por dois roteiros experimentais, o primeiro roteiro, intitulado "Espectro da Luz do Sol", Apêndice B, utilizará o espectrômetro e o software Theremino para analisar a variação do espectro da luz solar ao longo do dia e identificar as linhas de absorção de Fraunhofer. Os alunos realizarão medições do espectro em diferentes horários (manhã, meio-dia e tarde), compararão os espectros obtidos e discutirão a influência da atmosfera na

composição espectral. Ao final, propõem-se a elaboração de um relatório com as observações e interpretações dos dados, abordando os comprimentos de onda mais absorvidos pela atmosfera e como as linhas de Fraunhofer auxiliam na compreensão da composição da atmosfera terrestre.

O segundo roteiro experimental, "Espectros de Emissão", Apêndice C, analisa os espectros de emissão de diferentes fontes de luz, como lâmpadas fluorescentes, incandescentes e LEDs coloridos, utilizando o espectrômetro e o software Theremino. Os alunos irão configurar o equipamento, coletar dados para diferentes fontes de luz e analisa-los, comparando os espectros obtidos com os valores teóricos disponíveis na literatura. Farão também os cálculos da média, o erro absoluto, o erro relativo e o desvio padrão para as medições dos LEDs, registrando os resultados em uma tabela. O professor recapitula os conceitos aprendidos e compara os espectros obtidos com os valores teóricos, discutindo os fatores que podem influenciar nos resultados. A avaliação consistirá na elaboração de um relatório final contendo os espectros obtidos, os cálculos de erros e a análise comparativa.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Tabela 1, apresentamos a relação entre as cores da luz visível (juntamente com as cores complementares), ultravioleta e infravermelho e seus respectivos comprimentos de onda. Esta tabela serviu como referência fundamental para a análise dos comprimentos de onda observados no experimento, possibilitando a comparação entre os valores teóricos e os resultados práticos obtidos.

Tabela 1 – Comprimento de onda das cores

Comprimento de onda	Cor absorvida	Cor complementar
~ Abaixo de 390	Ultravioleta	
~ 390 a 435	Violeta	Verde - amarelado
~ 435 a 480	Azul	Amarelo
~ 480 a 490	Azul - esverdeado	Alaranjado
~ 490 a 500	Verde - azulado	Vermelho
~ 500 a 560	Verde	Púrpura
~ 560 a 580	Verde - amarelado	Violeta
~ 580 a 595	Amarelo	Azul
~ 595 a 620	Alaranjado	Azul - esverdeado
~ 620 a 780	Vermelho	Verde - azulado
~ Acima 780	Infravermelho	

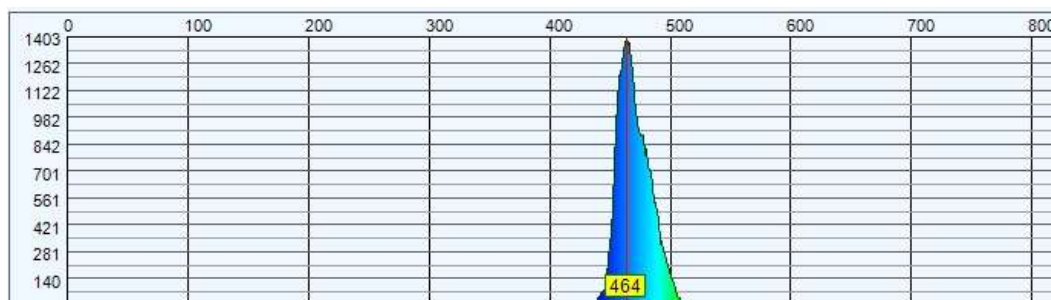
Fonte: UFRGS

A seguir, serão apresentados os resultados das fontes luminosas analisadas com o espectrômetro de emissão construído.

4.1 LED AZUL

No experimento realizado, o comprimento de onda da luz emitida do LED azul apresentou um valor de 464 nm, conforme a Figura 34.

Figura 34 – Espectro do LED azul obtido experimentalmente



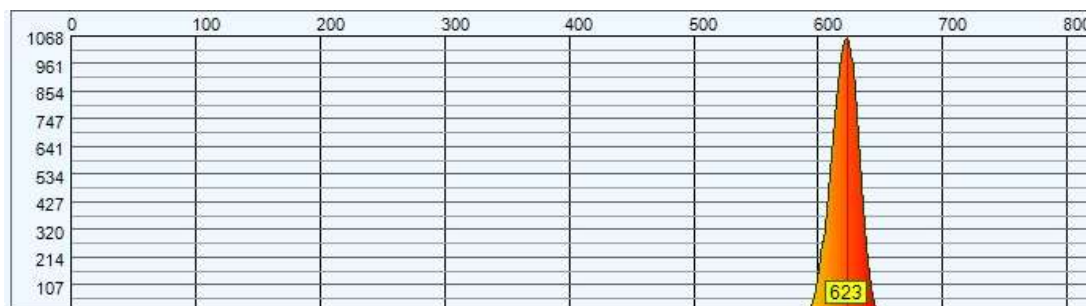
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

O comprimento de onda teórico do LED azul, de acordo com dados da Tabela 1, situa-se na faixa de 435 a 480 nm, sendo 464 nm um valor comum relatado para LEDs comerciais. A proximidade entre o valor obtido experimentalmente e o valor teórico indica que o espectrômetro forneceu medições precisas.

4.2 LED VERMELHO

Na determinação do comprimento de onda do LED vermelho utilizando, o espectrômetro resultou em um valor de 623 nm. Figura 35

Figura 35 – Espectro do LED vermelho obtido experimentalmente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

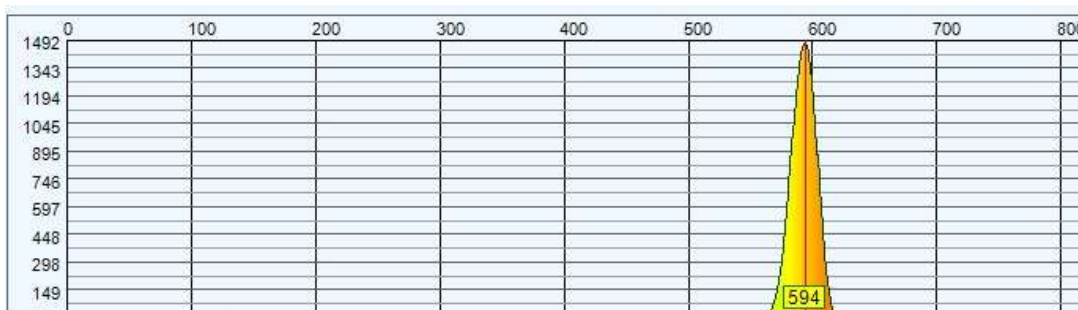
Esse resultado experimental comparando-se ao valor teórico esperado para LEDs vermelhos, conforme a Tabela 1, está dentro do valor esperado que é na faixa de 620 a 780 nm.

4.3 LED LARANJA

Na Figura 36 para o comprimento de onda do LED laranja obtido, o valor foi de 594 nm. Esse valor pode ser comparado ao comprimento de onda teórico esperado

para LEDs laranja, que, segundo tabelas de referência, situa-se em aproximadamente 500 a 650 nm.

Figura 36– Espectro do LED laranja obtido experimentalmente



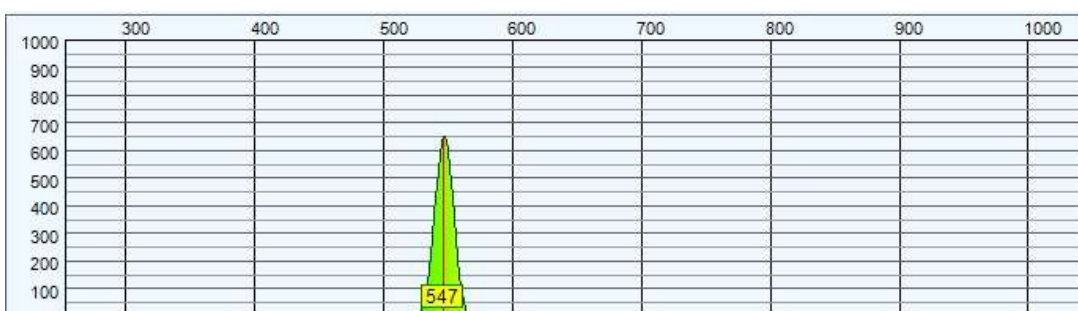
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

O comprimento de onda medido experimentalmente está muito próximo do valor teórico, indicando que a medição foi precisa e que o LED analisado emite luz dentro da faixa esperada para essa cor.

4.4 LED VERDE

O comprimento de onda emitido pelo LED verde, obteve-se um valor experimental de 547 nm. Figura 37.

Figura 37 – Espectro do LED verde obtido experimentalmente



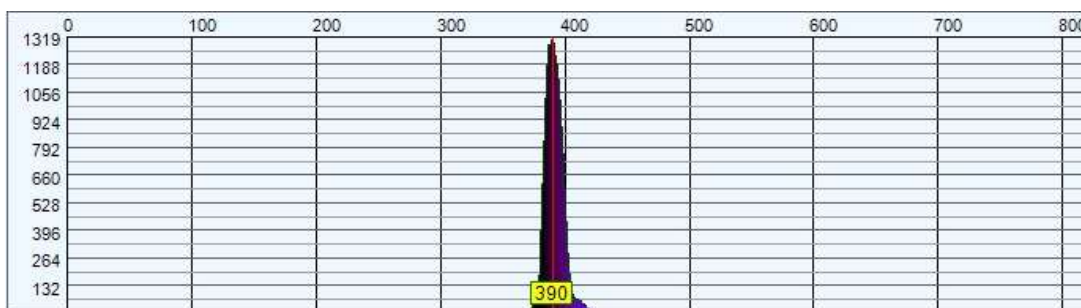
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

A faixa de comprimento de onda da cor verde entre 520 nm e 560 nm ainda corresponde à região do verde no espectro visível, corroborando a identificação do LED como verde.

4.5 LED ULTRAVIOLETA

O comprimento de onda da luz emitida experimentalmente do LED ultravioleta foi de 390 nm. Figura 38.

Figura 38 – Espectro do LED ultravioleta obtido experimentalmente



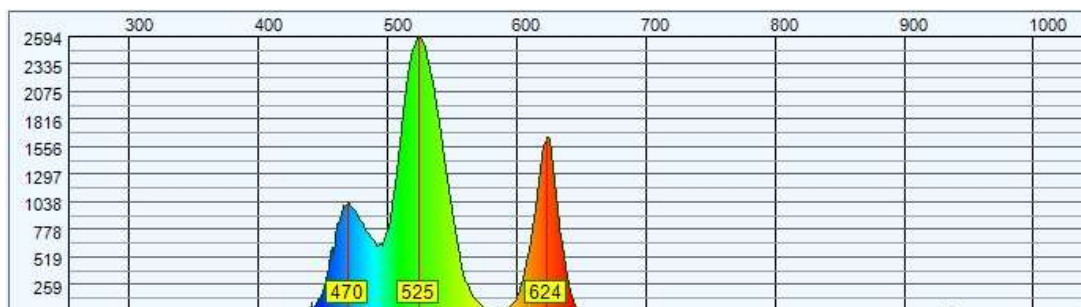
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Esse resultado valida o funcionamento do espectrômetro e confirma que a emissão do LED que ocorre na região esperada do espectro eletromagnético, próxima ao limite inferior da faixa do ultravioleta próximo (UV-A), que vai de aproximadamente 300 nm a 400 nm.

4.6 LED RGB

Os comprimentos de onda das cores emitidas pelo LED RGB foram analisados experimentalmente, obtendo-se os seguintes valores: 470 nm para a cor azul, 525 nm para a cor verde e 624 nm para a cor vermelha. Figura 39:

Figura 39 – Espectro do LED RGB obtido experimentalmente



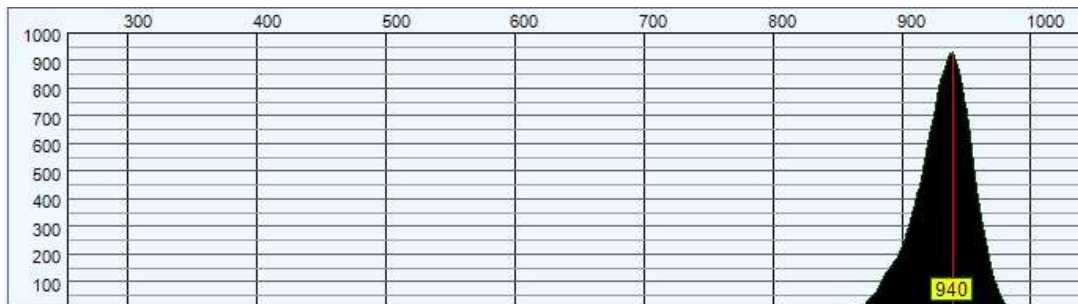
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

É possível notar que os valores obtidos estão próximos dos valores teóricos, conforme a Tabela 1, confirmando que os LEDs analisados seguem os padrões esperados para a emissão das cores azul, verde e vermelho.

4.7 LED INFRAVERMELHO

Na determinação da emissão espectral do LED infravermelho. O comprimento de onda obtido experimentalmente foi de 940 nm. Figura 40.

Figura 40 – Espectro do LED infravermelho obtido experimentalmente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

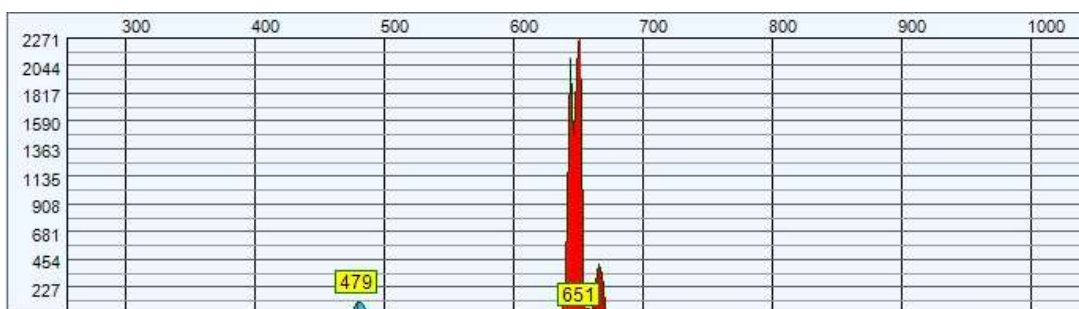
Para tanto, os LEDs infravermelhos emitem uma radiação dentro da faixa do infravermelho aproximadamente entre 700 nm à 1000 nm.

Entre a faixa do espectro teórico e experimental, a proximidade dos resultados confirma a precisão do método empregado. A emissão do LED se manteve dentro da faixa espectro eletromagnético, validando assim a eficiência da técnica utilizada na determinação do comprimento de onda.

4.8 LASER VERMELHO

Na Figura 41 adquiridas no experimento mostra as medições espectroscópicas do laser vermelho apresentaram picos de emissão próximos aos comprimentos de onda de 651 nm. Esses valores estão dentro da faixa esperada para lasers de diodo vermelho, que geralmente variam entre 600 nm e 780 nm, dependendo do tipo e da fabricação do dispositivo.

Figura 41 – Espectro do laser vermelho obtido experimentalmente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

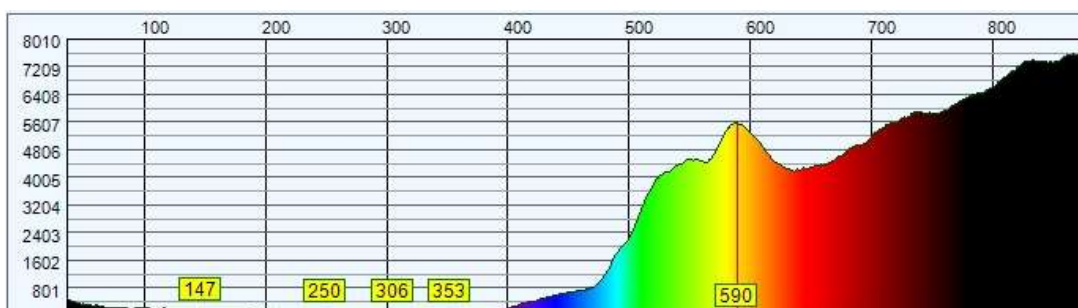
É importante notar que a análise espectral do laser vermelho mostrou a presença de picos bem definidos dentro da região do espectro visível correspondente à cor vermelha. Os valores obtidos são consistentes com lasers de diodo semicondutor, que operam por emissão estimulada em faixas discretas de comprimento de onda.

O espectro analisado, obtido experimentalmente quanto o espectro da literatura confirmam que o laser vermelho apresenta comprimentos de onda dentro da faixa esperada para esse tipo de fonte de luz coerente. As medições foram bem-sucedidas e demonstraram a aplicabilidade do espectrômetro na caracterização de fontes luminosas, sendo uma boa ferramenta para o ensino de espectroscopia e física da luz.

4.9 LÂMPADAS INCANDESCENTE DE 25W E 15W

O espectro obtido para a lâmpada incandescente de 25 W mostra uma distribuição contínua de emissão, com uma intensidade crescente à medida que se avança para maiores comprimentos de onda. O pico de intensidade foi observado na região amarela em aproximadamente 590 nm e uma grande faixa na região do infravermelho. Figura 42:

Figura 42 – Espectro da lâmpada incandescente 25W

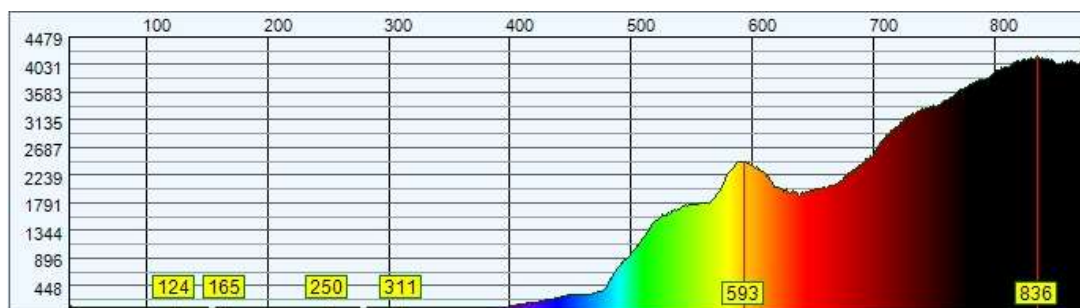


Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Esse comportamento está de acordo com a literatura, que descreve a emissão contínua de fontes térmicas. A distribuição do espectro está de acordo com a temperatura do filamento, que emite radiação visível e infravermelha.

O espectro da lâmpada incandescente de 15 W apresenta uma distribuição semelhante à da lâmpada de 25 W, mas com menor intensidade. O pico de emissão ocorre em torno de 593 nm, e o espectro se estende até a região do infravermelho. Figura 43:

Figura 43 – Espectro da lâmpada incandescente 15W



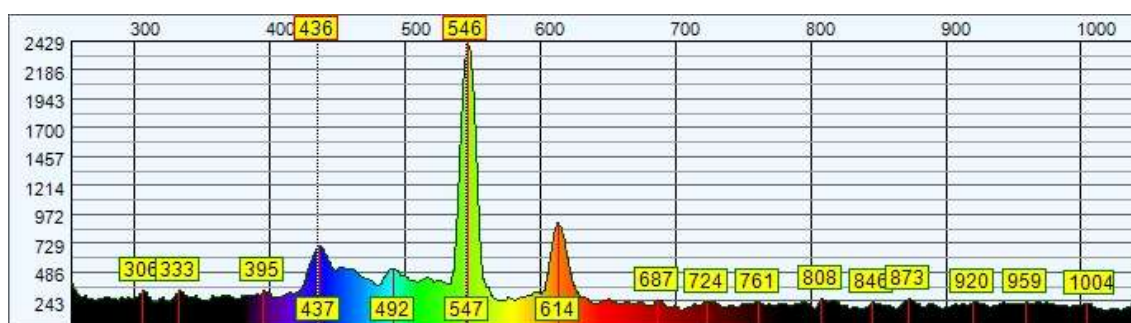
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

A temperatura na emissão espectral também é evidente, pois uma menor potência leva a uma menor temperatura de incandescência e, conseqüentemente, um espectro com menor intensidade, ou seja, apresenta um deslocamento para comprimentos de onda maiores.

4.10 LÂMPADA FLUORESCENTE

Diferentemente das lâmpadas incandescentes, a lâmpada fluorescente apresenta um espectro descontínuo, com picos de emissão em comprimentos de onda específicos. Os picos mais notáveis foram registrados com valores 436 nm (azul), 546 nm (verde) e 614 nm (laranja-avermelhado).

Figura 44 – Espectro da lâmpada fluorescente



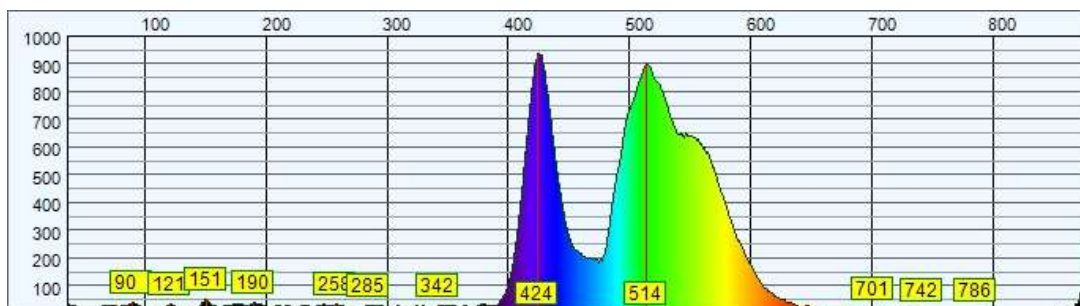
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Esse espectro indica que a luz emitida pela lâmpada fluorescente é resultado da excitação e relaxamento de átomos de mercúrio, combinado com a emissão secundária dos materiais fluorescentes. A presença dessas linhas espectrais está de acordo com a literatura, que descreve as descargas de mercúrio e a fluorescência dos fósforos presentes no revestimento interno da lâmpada.

4.11 LED BRANCO FRIO

A Figura 45 mostra a obtenção do espectro de emissão de um LED branco frio, com picos em torno de 424 nm (azul-violeta) e 514 nm (verde).

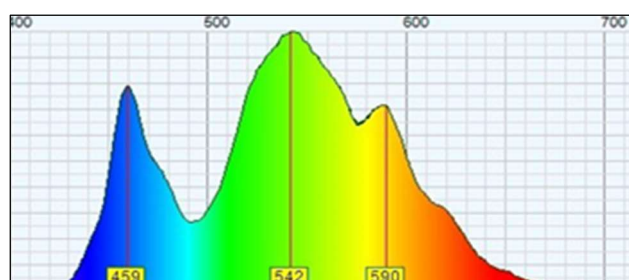
Figura 45 – Espectro do LED branco frio obtido experimentalmente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Os valores são compatíveis com os valores da literatura sobre LEDs brancos frios, que geralmente possuem: Pico no azul de 459 nm, e mais dois picos na faixa do verde e amarelo de (542-590 nm). Figura 46:

Figura 46 – Referencia teórica do Espectro do LED branco frio



Fonte: Theremino 2024

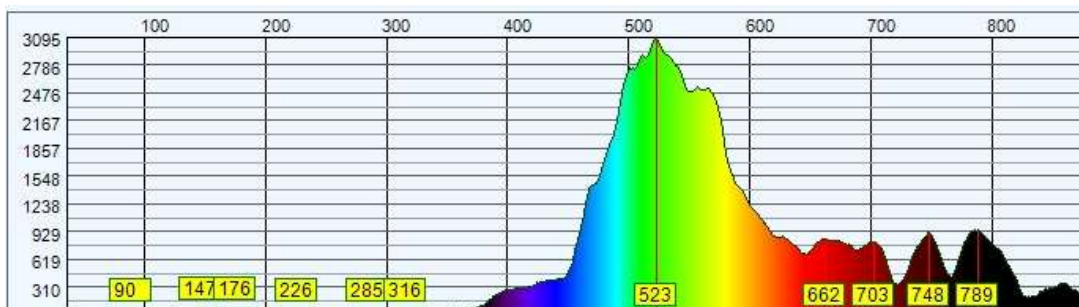
O espectro obtido experimentalmente demonstra os comprimentos de onda predominantes emitidos por um LED branco frio, ou seja, apresenta características gerais que bate com a literatura, mas com pequenas variações nos comprimentos de onda observados. A presença de um pico azul em 424 nm, em vez de 459 nm, pode ser resultado de variações nos materiais do LED ou no processo de medição. Já o pico verde também varia 514 nm, enquanto o valor teórico é 542 nm, mas que está dentro do esperado, garantindo a percepção de luz branca pelo olho humano.

4.12 LUZ SOLAR

A Figura 47 apresenta as linhas de absorção do espectro do Sol obtido no espectrômetro experimentalmente, neste espectro aparece várias marcações

numéricas que correspondem a picos e vales específicos, relacionadas às frações de absorção de elementos na atmosfera e/ou no próprio Sol.

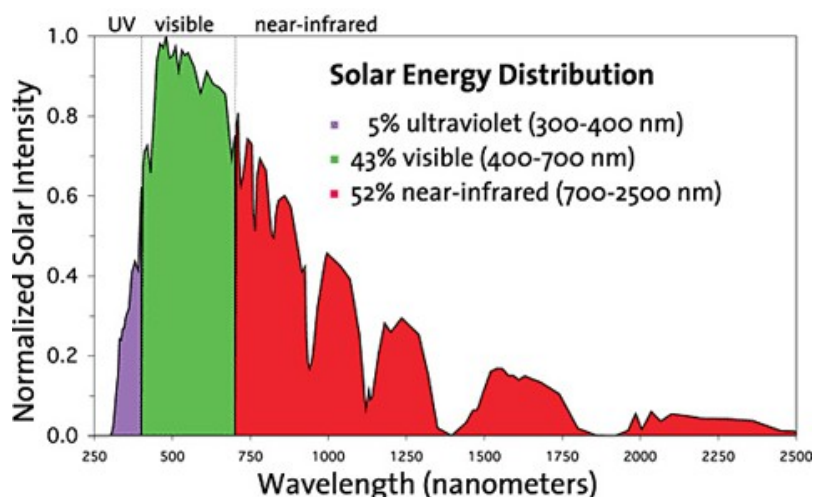
Figura 47 – Espectro do sol obtido experimentalmente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Na Figura 48, mostra as linhas de absorção do espectro do Sol na literatura, tanto na literatura quanto do espectro obtido, ambos espectros mostram um pico na região do verde de aproximadamente de 520 nm, a distribuição espectral diminui tanto para o azul que representa (curto comprimento de onda) quanto para o vermelho/infravermelho que representa (longos comprimentos de onda).

Figura 48 – Espectro do sol



Fonte: SIRTAP radiometrie 2025

Vale notar a influência atmosférica no espectro experimental é afetado pela absorção atmosférica terrestre, especialmente em comprimentos de onda associados ao vapor d'água e ao oxigênio, o que pode atenuar ou modificar certas regiões do espectro. E para espectro teórico, representa o espectro solar acima da atmosfera terrestre, não incorporando os efeitos de absorção atmosférica local.

Com base nos resultados experimentais apresentados, o espectrômetro de emissão construído demonstrou ser uma ferramenta eficaz na caracterização de diversas fontes de luz, tanto artificiais quanto naturais. As medições dos picos de intensidade obtidos experimentalmente para cada fonte de luz analisada estão alinhadas com os valores teóricos esperados, validando a precisão do método empregado.

Em geral, o estudo demonstra a aplicabilidade do espectrômetro na análise de diferentes fontes luminosas, corroborando os valores teóricos e práticos. As pequenas variações observadas nos comprimentos de onda podem ser atribuídas a fatores como interferências ambientais, qualidade dos LEDs, composição dos materiais semicondutores e condições elétricas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento de espectroscopia construído, o espectrômetro de emissão, demonstrou eficácia ao atingir os objetivos propostos. A análise dos espectros de diferentes fontes de luz, como LEDs, lasers, lâmpadas incandescentes e fluorescentes, revelou uma notável concordância entre os dados experimentais e os valores teóricos esperados. A precisão dos resultados valida a construção do espectrômetro e a metodologia empregada, evidenciando a importância da espectroscopia na compreensão da natureza da luz e da estrutura atômica dos elementos.

A obtenção experimental dos espectros de emissão das fontes de luz selecionadas aprofundou a compreensão dos fenômenos envolvidos na espectroscopia, além de ilustrar a riqueza de informações contidas nos espectros e suas aplicações em diversas áreas, como Física Moderna, Química e Astrofísica.

Este trabalho contribui significativamente para o ensino de espectroscopia, demonstrando como um experimento simples, porém eficaz. A construção do espectrômetro e sua utilização em sala de aula ou laboratório pode oferecer uma abordagem prática e visual dos conceitos abordados, familiarizando os alunos com a instrumentação científica e incentivando o aprendizado e a experimentação.

Adicionalmente, este trabalho propõe uma sequência didática para o ensino de Física Moderna, com dois roteiros experimentais para utilização do espectrômetro. Essa proposta visa facilitar a abordagem de conceitos como espectros de emissão e absorção, tornando o aprendizado mais acessível e significativo para alunos e professores.

Em suma, a construção do espectrômetro e sua inserção no contexto educacional apresentam um grande potencial para o ensino de Física, especialmente nas áreas de Física Moderna, Espectroscopia e Física Quântica. Acreditamos que a utilização do espectrômetro como ferramenta de ensino, aliada a uma sequência didática bem planejada, proporcionará aos alunos uma experiência de aprendizado mais engajadora e significativa, estimulando a curiosidade, o questionamento e a busca por conhecimento.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Francisco Augusto Ferreira. **Jornal científico escolar: uma proposta metodológica para o ensino de física**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2019.
- ALVES, V. de F. **A inserção de atividades experimentais no ensino de Física em nível médio: em busca de melhores resultados de aprendizagem**. 2006. 133f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2006.
- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. *Revista Brasileira de ensino de física*, v. 25, p. 176-194, 2003.
- BARROS, Nicholas; SARAIVA, Charles; SCHMIEDECKE, W. **O “Experimento Crucial” Das Cores De Newton E Algumas Contribuições No Processo De Formação De Professores De Física**. *Rev. Interfaces*. N.5 (9) Jul, 2017.
- COSTA; Nielce Lobo da; PRADO, Maria Elisabette Brisola Brito; **A Integração das Tecnologias Digitais ao Ensino de Matemática: Desafio constante no cotidiano escolar do professor**. *Revista do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS) Mato Grosso do Sul – Brasil*, v. 8, n. 16, mar – out, 2015.
- DA SILVA, M. L. **O uso de materiais de baixo custo para experimentação nas aulas de densidade e pressão hidrostática**. *Revista Prática Docente (RPD)*. V. 2, n. 1, p. 62-70, jan./jun 2017.
- DUSSEL, I.; CARUSO, M. **A Invenção da sala de aula: uma genealogia das formas de ensinar**. São Paulo: Moderna, 2003.
- FARIAS FILHO, Benedito B. et al. **A química analítica aplicada aos estudos de pigmentos rupestres: uma revisão**. *Química Nova*, v. 45, n. 10, p. 1265-1277, 2022.
- FILGUEIRAS, C. A. L. **A espectroscopia e a química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica**. *Química nova na escola*, São Paulo, v. 3, p. 22-25, mai. 1996.

FRANCO, Donizete Lima. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio.** *Revista triângulo*, v. 11, n. 1, p. 151-162, 2018.

GODINHO, GABRIELA MÁXIMO. **"O uso de tecnologias no ensino de física."** (2021). Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade de Uberaba, Uberaba, 2021.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física: Ótica e Física Moderna**, Vol.4. 10 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HECHT, Eugene. **Optics**, 5 ed. Pearson Education Limited 2017.

HOLLAS, Michael J. **Modern Spectroscopy**. 4º Edição. England: Chichester: Wiley, 2003.

LEITE, D. O.; PRADO, R. J. **Espectroscopia no infravermelho: uma apresentação para o Ensino Médio.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 2504, 2012.

Martins, Wendel Vendregler Araujo, Clóves Gonçalves Rodrigues, and EV ANDRADE. **"O ensino sobre força de empuxo auxiliado por experimentos de fácil acesso."** *Revista Mais Educação*, [s.l.], v. 5, n. 1, (2022). Disponível em: <https://www.revistamaiseducacao.com/artigosv5-n1-marco-2022/84>. Acesso em: 4 jan. 2025.

PAGANELLI, Eduardo. **"Astronomia e Espectroscopia."** (2022). Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Santa Catarina, Jaraguá, 2022.

PARMA, Fabiano Willian. **Sentidos atribuídos por licenciandos de Física sobre o papel da experimentação em atividades de estágios de regência.** 2020. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Bauru, 2020.

PAVONI, J. F. et al. **Uma montagem experimental para a medida de fluorescência.** *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, p. 4501, 2014.

PEREIRA, Josimara Lobato. **"Proposta de experimentação de baixo custo no ensino de física."** (2021). Monografia (Graduação em Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2021.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antônio de Toledo. **Os fundamentos da física: volume 3: eletricidade, introdução à física moderna, análise dimensional**. 9.ed. São Paulo: Moderna, 2007.

Rios, Luiz Daniel Alves, et al. "**Construção de um kit didático de baixo custo para o ensino de Física: Construction of a low-cost didactic kit for teaching Physics.**" *Brazilian Journal of Development* 8.12 (2022): 78534-78556.

SANTANA, Fábio Bartolomeu; DOS SANTOS, Paulo José Sena. **Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no ensino médio**. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.

SOUZA, Fabiula Fernandes de. **Tecnologias de Informação e Comunicação Digitais no ensino: produção de um Material Didático e Instrucional para apoio às aulas práticas de física**. 2021. 113 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-Graduação em Educação, Diamantina, 2021.

UGALDE, Maria Cecília Pereira; ROWEDER, Charlys. **Sequência didática: uma proposta metodológica de ensino-aprendizagem**. *Educitec-Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, v. 6, p. e99220-e99220, 2020.

VICENTINI, Alexandre et al. **O ENSINO DE FÍSICA DE PARTÍCULAS ELEMENTARES COMBINANDO AS METODOLOGIAS ENSINO SOB MEDIDA E INSTRUÇÃO PELOS COLEGAS**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, PR, 2019.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A.; FORD, A. Lewis. **Física IV: Sears e Zemansky: Ótica e Física Moderna**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2016.

ZABALA, Antoni. **A Prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE A – SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Sequência Didática – Física Moderna e Espectroscopia

Objetivo Geral: Compreender os princípios da espectroscopia, explorando os espectros de emissão e absorção e suas aplicações na Física Moderna.

Sequência didática voltada para o estudo de Física Moderna e/ou Espectroscopia		
Etapas	Descrição da atividade	Duração
1. Situação-Problema: Como sabemos a composição do Sol sem nunca termos ido até lá?	Levantamento de hipóteses pelos alunos sobre como cientistas descobrem a composição de estrelas distantes. Discussão sobre métodos na ciência. Problematicar a obtenção de informações a partir da luz do Sol.	1 h
2. Contexto histórico: A História da Espectroscopia	Apresentação cronológica da História da Espectroscopia, desde Isaac Newton, William Herschel, William Hyde Wollaston, Joseph Von Fraunhofer, até os experimentos de Bunsen e Kirchhoff. Use uma linha do tempo.	1 h
3. O arco-íris e o Código das Cores	Discussão sobre o arco-íris como exemplo natural de espectroscopia. Introdução aos conceitos de espectros de emissão e absorção. Demonstração com prisma e lâmpada branca.	1 h
4. Espectros de Emissão e Absorção – Identificação de Elementos	Análise qualitativa de espectros. Comparação dos espectros de diferentes elementos e sua relação com a composição de materiais e astros. Evidencie a diferença de espectros de absorção, emissão e contínuo.	1 h
5. A Quantização da Energia e o Modelo Atômico de Bohr	Explicação do modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio e sua relação com espectros de emissão e absorção.	1 h
6. Os saltos Quânticos para o Átomo de Hidrogênio	Associar quantização das órbitas com o aspecto discreto do espectro de emissão do átomo de hidrogênio. Análise das séries de Lyman, Balmer e Paschen.	1 h
7. Difração e Rede de Difração	Explicar o fenômeno da difração da luz com base na equação de onda; Analisar o comportamento da luz ao atravessar uma fenda única e múltiplas fendas (rede de difração).	1 h

8. Experimento com Espectrômetro e Software Theremino	Demonstração do funcionamento do espectrômetro e do software Theremino para obtenção e análise de espectros.	1 h
Atividade I – Espectro da Luz Solar	Análise do espectro solar e identificação das linhas de Fraunhofer. Comparação com espectros da literatura.	1 h
Atividade II - Espectros de Emissão	Obtenção dos espectros de Lâmpadas fluorescentes e incandescentes, e LEDs de diferentes cores (vermelho, verde, azul, laranja, ultravioleta, RGB).	1 h
Total de aulas: 10 (1 hora cada)		

Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

APÊNDICE B – ROTEIRO EXPERIMENTAL I

Atividade I – Espectro da Luz do Sol

Recursos Necessários: Espectrômetro, Computador e software Theremino e Luz do Sol.

Objetivo: Analisar a variação do espectro da luz solar ao longo do dia utilizando um espectrômetro e o software Theremino. Identificar as linhas de absorção (linhas de Fraunhofer) e compreender a influência da atmosfera sobre os diferentes comprimentos de onda.

Procedimento:

Configuração do Equipamento:

- Posicione o espectrômetro em um local ao ar livre, evitando sombras e reflexos.
- Conecte o espectrômetro ao computador e abra o software Theremino.

Medição do Espectro da Luz Solar:

- Realize a primeira medição pela manhã (entre 8h e 9h) e salve os dados no computador;
- Repita o procedimento ao meio-dia (entre 12 h e 14 h);
- Repita a tarde (entre 16h e 18h).

Análise dos Dados:

- Compare os espectros obtidos nos diferentes horários.
- Identifique variações na intensidade e na distribuição das linhas de absorção.
- Discuta como a atmosfera influencia a composição espectral ao longo do dia.

Avaliação

Elabore um relatório com as observações e interpretações dos dados descrevendo as principais conclusões sobre a variação espectral da luz solar. Trazendo quais os comprimentos de onda são mais absorvidos pela atmosfera? Como as linhas de Fraunhofer nos ajudam a entender a composição da atmosfera terrestre?

APÊNDICE C – ROTEIRO EXPERIMENTAL II

Atividade II – Espectros de Emissão

Recursos Necessários: Espectrômetro, Computador e software Theremino; Lâmpadas fluorescentes, incandescentes e LEDs coloridos e laser.

Objetivo: Analisar os espectros de emissão de diferentes fontes de luz utilizando um espectrômetro, comparar os resultados experimentais com valores teóricos e calcular as incertezas associadas.

Procedimento: Configuração do Equipamento

1. Instale e configure o software Theremino Spectrometer no computador.
2. Conecte o espectrômetro ao computador e verifique seu funcionamento.
3. Posicione a fonte de luz a uma distância adequada do espectrômetro para obter uma leitura clara.
4. Ajuste os parâmetros do software para garantir uma aquisição correta dos dados.

Coleta de Dados

1. Ligue a lâmpada fluorescente e calibre o software Theremino;
2. Cada aluno deve realizar três medidas para cada LED;
3. Capture o espectro da lâmpada incandescente;
4. Repita o processo para a lâmpada fluorescente;
5. Faça medições para diferentes LEDs (vermelho, azul, verde, laranja, RGB e ultravioleta).

Análise dos dados

1. Compare os espectros obtidos com os valores teóricos disponíveis na literatura.
2. Cálculo de Erros e Desvio Padrão:
3. Calcular a média, o erro absoluto, erro relativo e desvio padrão.
4. Comparar a precisão das medidas e discutir fontes de erro.

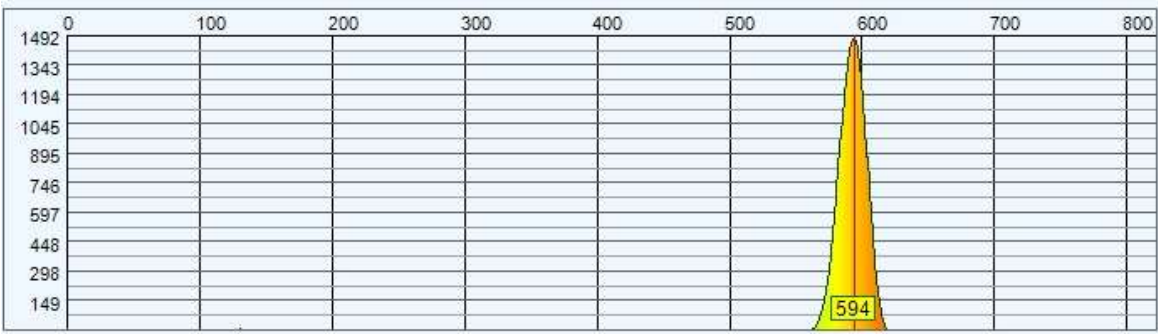
Na tabela abaixo registre as medições dos LEDs e os cálculos dos erros e o desvio padrão:

Cor do LED	Medida 1 (nm) λ	Medida 2 (nm) λ	Medida 3 (nm) λ	Média (nm)	Erro Absoluto (nm)	Erro Relativo (%)	Desvio Padrão (nm)
Vermelho							
Laranja							
Azul							
Verde							
RGB							
Ultravioleta							

Exemplo e Formulas para os cálculos:

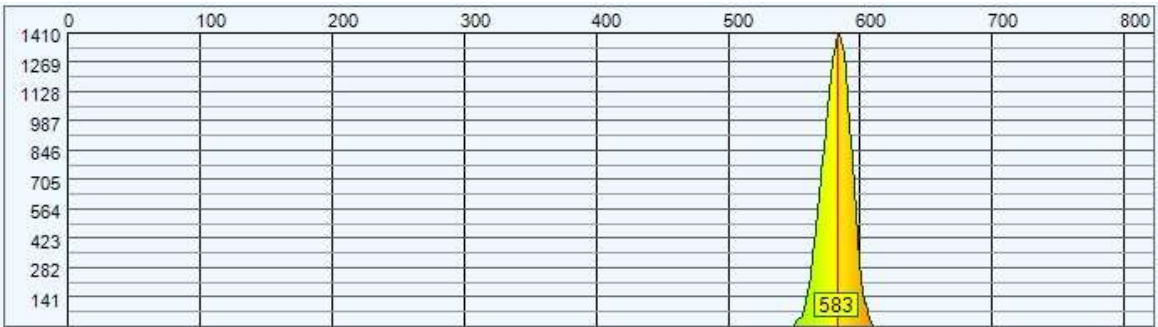
- Três medição do espectro do LED laranja

Figura 1 – Espectro do LED laranja obtido experimentalmente



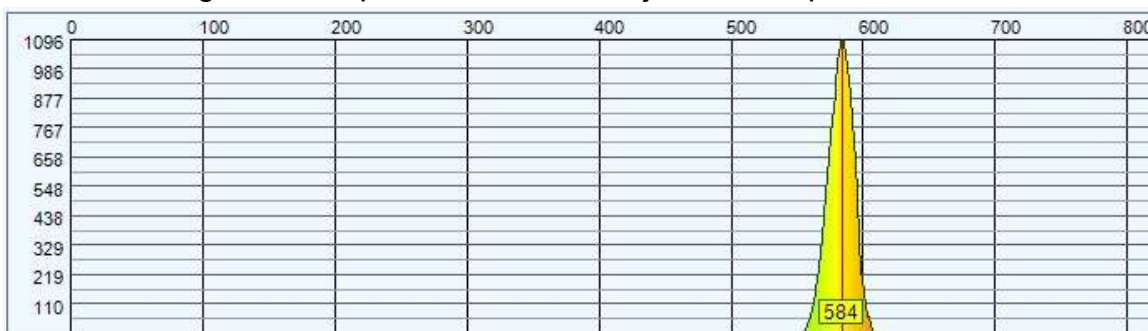
Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Figura 2 – Espectro do LED laranja obtido experimentalmente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

Figura 3 – Espectro do LED laranja obtido experimentalmente



Fonte: Elaborado pela autora, (2025).

- **Média:**

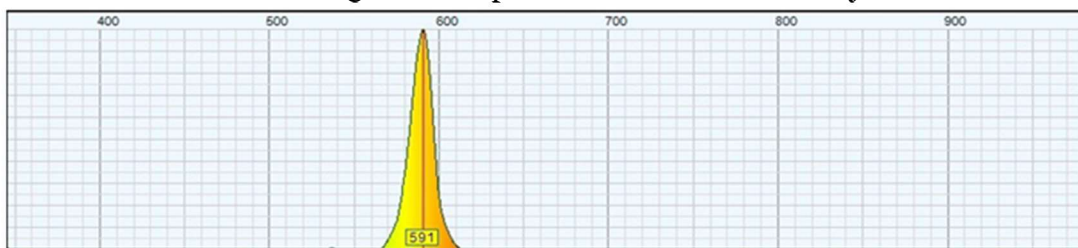
$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3}{3}$$

$$\bar{x} = \frac{594 + 583 + 584}{3}$$

$$\bar{x} = 587 \text{ nm}$$

- **Erro absoluto:**

Figura 4 – Espectro teórico do LED laranja



Fonte: Theremino 2024

O erro absoluto ε_{abs} é obtido da diferença algébrica entre o valor medido experimentalmente x_{med} e o valor real x_{real} da grandeza, assim temos:

$$\varepsilon_{abs} = x_{med} - x_{real}$$

$$\varepsilon_{abs} = 594 - 591$$

$$\varepsilon_{abs} = 3 \text{ nm}$$

- **Erro relativo:**

De outro modo, o erro relativo ε_{rel} é obtido da razão entre o erro absoluto ε_{abs} e o valor real x_{real} , isto é,

$$\varepsilon_{rel} = \frac{\varepsilon_{abs}}{x_{real}}$$

$$\varepsilon_{rel} = \frac{3}{591}$$

$$\varepsilon_{rel} = 0,005$$

$$\varepsilon_{rel} = 0,5 \%$$

- **Desvio padrão:**

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2}{N}}$$

Onde $N = 3$ é o número de medições.

Sendo: $\bar{x} = 587 \text{ nm}$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(594 - 587)^2 + (583 - 587)^2 + (584 - 587)^2}{3}}$$

$$\sigma = 4,96 \text{ nm}$$

- **Discussão Final**

O professor deve recapitular os conceitos aprendidos juntamente com os alunos, compare também os espectros obtidos com os valores teóricos. E quais fatores podem influenciar nos resultados?

- **Avaliação**

Relatório final tendo os espectros obtidos, os cálculos de erros e a análise comparativa.