

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUÍMICA**

**EXPERIMENTOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ESTRUTURA  
ATÔMICA: MOTIVAÇÃO PARA O APRENDIZADO NO ENSINO DE  
QUÍMICA**

**MÁRCIO DOS REIS DA SILVEIRA\***

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE PROFISSIONAL EM QUÍMICA, área de concentração: ENSINO DE QUÍMICA.

**Orientador: Prof. Dr. Alejandro López Castillo**

**\* Escola Estadual Dr. Custódio Ângelo de Lima**

**São Carlos – SP  
2018**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**

Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Química

---

**Folha de Aprovação**

---

Assinaturas dos membros da comissão examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato Márcio dos Reis da Silveira, realizada em 22/11/2018:

---

Prof. Dr. Manoel Gustavo Petrucelli Homem  
UFSCar

---

Profa. Dra. Cíelia Mara de Paula Marques  
UFSCar

---

Prof. Dr. Orlando Roberto Neto  
CTA/IEAv

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

*Albert Einstein*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alejandro López Castillo, pela paciência, perseverança, confiança e pelo incentivo para o desenvolvimento deste trabalho;

Ao meu amigo Ms. Márcio Aparecido de Oliveira, por me direcionar para esta nova fase da vida na UFSCar;

À Profa. Dra. Clelia Mara de Paula Marques, pelo grande incentivo e ensinamentos que me auxiliarão por toda vida;

Ao meu amigo Denis Claus de Oliveira, por não medir esforços para me auxiliar em que fosse preciso para conclusão desse trabalho;

Ao meu “protetor” irmão Miguel Luiz da Silveira, por passar parte da sua vida, preocupado com o futuro dos irmãos mais novos, e com isso, fez o possível e o impossível para me apoiar e acompanhar em mais uma jornada;

À minha querida e amada mãe Aparecida de Lourdes da Silva Silveira, por tudo, simplesmente tudo que ela fez, pois se não fosse por seus ensinamentos, amor, carinho, respeito, dedicação, compreensão, auxílio, uma imensa fé, jamais eu estaria aqui;

À minha querida esposa Silvana Aparecida de Lima Silveira, pela paciência, compreensão, apoio, carinho e por entender o motivo de minha ausência devido a dedicação neste trabalho;

À minha amada filha Maria Clara da Silveira, por ser o meu maior incentivo nesta vida, e com isso, aprimorar cada vez mais;

Aos meus irmãos Marcelo, Maria Marlene, Marcos, Marly e Mauro, que de certa forma colaborou com essa pesquisa;

À Direção e equipe da Escola Estadual Maria Joaquina de Arruda, em especial a Diretora Profa. Ida Carolina Tambolim, por me apoiar intensamente neste trabalho; a Diretora da Escola Estadual Dr. Custódio Ângelo de Lima, Profa. Lisânia Felipe Baldi Torquato por corroborar com este trabalho;

Aos colegas do Laboratório Quiteo, doutorandos: Alexandre e Anderson e ao mestrando Leonardo, desculpem-me por atrapalhar suas pesquisas, com perguntas em prol deste trabalho e com isso obtive vários ensinamentos;

Aos amigos e colegas que participaram de alguma forma direta ou indiretamente dessa pesquisa;

Agradecemos também ao Prof. Cláudio Hiroyuki Furukawa (USP/UNIFIEO) pela idealização e confecção original dos experimentos de efeito fotoelétrico e de espectro atômico.

Ao Programa de Pós-Graduação em Química da UFSCar por me proporcionar a oportunidade de obter novos conhecimentos que foram utilizados para a confecção deste e que serão de suma importância para minha atuação profissional futuramente.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.4 - Incidência de radiação.....	10
FIGURA 2.4 - Espectroscópio caseiro a partir de materiais recicláveis. ....	24
FIGURA 3.4 - Materiais utilizados para demonstrar o experimento do Efeito Fotoelétrico.....	26
FIGURA 4.4 - Prisma de cores.....	14
FIGURA 5.4 - Espectro Atômico de diferentes elementos. ....	15
FIGURA 6.4 - Teste de chama e o espectro dos elementos. ....	17
FIGURA 7.4 - Experimento de Espectro Atômico utilizando materiais recicláveis. ...	35
FIGURA 8.4 - Experimento alternativo para observação de Espectro Atômico utilizando materiais recicláveis. ....	37
FIGURA 9.4 - Esquema das montagens correta e incorreta da Pilha de Volta. ....	50

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**EFII** – *Ensino Fundamental II.*

**EM** – *Ensino Médio.*

**ES** – *Ensino Superior.*

**CTSA** - *Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente.*

## RESUMO

EXPERIMENTOS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE ESTRUTURA ATÔMICA: MOTIVAÇÃO PARA O APRENDIZADO NO ENSINO DE QUÍMICA: Este trabalho propõe aos docentes (específicos ou de áreas afins) roteiros explicativos, de como confeccionar e utilizar os experimentos de forma didática, sobre os Tópicos: Efeito Fotoelétrico e Espectro atômico, para servirem de apoio e unir a teoria com a prática. Expõe-se a experiência do professor, que ao se deparar com as problemáticas como evasão, desinteresse, desmotivação e outros agravantes, que estão relacionados com os baixos níveis de participação dos estudantes, nos níveis, Ensino Fundamental, Ensino Médio e Superior nas aulas de Física e Química, com a prática de experimentação, após o conteúdo teórico ser exposto. Salienta-se que, nas Propostas Curriculares Nacionais dessas disciplinas, não são enfatizados os tópicos que abordam principalmente os conceitos básicos pertinentes a Mecânica Quântica. Desta maneira, e por meio das atividades experimentais com abordagem em Ciências, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, se busca aperfeiçoar o aprendizado sobre as questões fundamentais da disciplina, para incentivar e motivar os estudantes a participação e o trabalho em equipe. Diante dessa perspectiva de oferecer incentivo e motivação, a pesquisa aponta como apoio, o aprofundamento dos conhecimentos dos discentes nas áreas de Física e Química, procurando também estimular o professor a diversificar suas aulas práticas. O trabalho aborda a construção de experimentos com materiais alternativos, reciclados e de baixo custo, a sugestão de modelos de experimentos, seguido de roteiro explicativo para sua realização e questionário, possivelmente a parte mais importante deste estudo didático, que permitira o docente dirigir os experimentos de maneira didática e científica simultaneamente. As explicações teóricas, aplicadas de forma prática nesse contexto, despertam o interesse e expectativas nos estudantes e faz com que esses possam entender melhor como ocorre os processos e fenômenos físicos e químicos através de experiências realizadas nos diferentes níveis de ensino.

**PALAVRAS-CHAVE:** *EXPERIMENTOS, MECÂNICA QUÂNTICA, ESPECTRO ATÔMICO E EFEITO FOTOELÉTRICO.*



## ABSTRACT

EDUCATIONAL EXPERIMENTS FOR THE TEACHING OF ATOMIC STRUCTURE: MOTIVATION FOR LEARNING CHEMISTRY TEACHING: This work proposes to educators (specific or related areas) explanatory scripts, how to make and use the experiments in an educational way, about the topics: Photoelectric Effect and Atomic Spectrum, to serve as support and unifying theory with practice. It exposes the experience of the educator, who is experiencing the problems such as evasion, disinterest, demotivation and other aggravating circumstances, which are related to the low levels of student's participation in physics and chemistry classes, at elementary, high school and higher education with the practice of experimentation, after the theoretical content is exposed. It is shown that, in the National Curricular Proposals of these disciplines, the topics that mainly address the basic concepts pertinent to quantum mechanics are not emphasized. In this way, and through experimental activities with an approach in science, technology, society and environment, it seeks improvement in learning about the fundamental questions of the discipline, encouragement and motivation of students to participate and to teamwork. The research points out as support, this perspective of offering encouragement and motivation, the deepening of the knowledge of students in the areas of physics and chemistry, also seeking to stimulate the educator to diversify their practical classes. The work discusses the construction of experiments with alternative, recycled and low-cost materials, the suggestion of models of experiments, followed by explanatory script for its accomplishment and questionnaire, possibly the most important part of this educational study, which allows the educator to direct the experiments in a didactic and scientific manner simultaneously. The theoretical explanations, applied in a practical way in this context, awaken the interest and expectations in the students and make them understand better how the processes and physical and chemical phenomena occur through experiences performed in different levels of education.

KEY WORDS: EXPERIMENTS, QUANTUM MECHANICS, ATOMIC SPECTRUM AND PHOTOELECTRIC EFFECT.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 2 – QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. QUESTÃO DE PESQUISA .....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. OBJETIVOS.....</b>	<b>5</b>
<b>CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1. - EFEITO FOTOELÉTRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.2. - ESPECTROS ATÔMICOS.....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1. – QUESTÕES COM RESPOSTAS E EXPERIMENTAÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE FÍSICA E QUÍMICA REFERENTE AO EFEITO FOTOELÉTRICO E O ESPECTRO ATÔMICO.....</b>	<b>18</b>
<b>4.1.1. – ALGUMAS PERGUNTAS COM RESPOSTA SOBRE A TEORIA ATÔMICA DE BOHR.....</b>	<b>18</b>
<b>4.2. – EXPERIMENTO - EFEITO FOTOELÉTRICO .....</b>	<b>21</b>
<b>4.2.1. – ALGUMAS PERGUNTAS COM RESPOSTA REFERENTE AO EXPERIMENTO EFEITO FOTOELÉTRICO: .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3. - EXPERIMENTO – ESPECTRO ATÔMICO.....</b>	<b>34</b>
<b>4.3.1. - ALGUMAS PERGUNTAS COM RESPOSTA REFERENTE AO EXPERIMENTO ESPECTRO ATÔMICO: .....</b>	<b>39</b>
<b>4.4. – PILHA DE VOLTA (TEMA COMPLEMENTAR) .....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>55</b>
<b>CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS .....</b>	<b>57</b>

## **CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO**

Diante da minha experiência como docente em Química na educação básica e anos finais do ensino fundamental, vinha observando durante os debates nas reuniões pedagógicas, as problemáticas como desinteresse e desmotivação de alguns professores em poder aprimorar suas aulas para melhorar o interesse dos alunos em participarem com mais entusiasmo e envolvimento das atividades.

Ao ministrar minhas aulas, comecei a desenvolver experimentos em sala, no qual observei um maior interesse por parte dos estudantes, em relação a docentes de outras disciplinas, que ministram somente aulas expositivas, no qual ressalto, que são de suma importância.

Desta maneira, o exposto me motivou a desenvolver este trabalho, visando uma perspectiva de melhorias no contexto da área do ensino de Física e Química. Entretanto, no atual cenário da educação básica no Brasil, tem sido apontado pelos professores nos últimos anos, como um grande desafio a se enfrentar, tomando como meta, aprimorar e até mesmo descobrir ao longo de suas experiências formas de contribuir com o ensino e aprendizagem nos diferentes níveis de ensino. Desta forma, deve-se incentivar e motivar os estudantes a permanecerem na escola, evitando possíveis problemas como em alguns casos indisciplina, evasão escolar, desinteresse entre outros agravantes que afligem a vida escolar num todo, deixando para o futuro, uma sociedade com déficit de entendimento nessas e em áreas do conhecimento.

A maioria dos docentes apresentam dificuldades, desinteresse e falta de motivação para lidar com essa problemática que assola a educação, muitas vezes por falta de capacitação para tal atividade. Somando-se ainda a esse contexto educacional, o distanciamento com os benefícios que as aulas de Química, mais especificamente aquelas relacionadas à Química Geral, Inorgânica e Físico-Química, que podem trazer para os estudantes, a compreensão, o entendimento e os seus benefícios, ao entender o como é interessante a ciências química e a posterior, podendo nortear em sua vida cotidiana e/ou acadêmica.

[...] Das disciplinas ministradas, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, a Química é citada pelos alunos como uma das mais difíceis e complicadas de estudar, e que sua dificuldade aumenta por conta de ser abstrata e complexa. Eles alegam a necessidade de memorizar fórmulas, propriedades e equações químicas. Dessa forma é grande a responsabilidade do professor de química, que tem o papel de desmistificar o que os alunos pensam da Ciência que é obrigatório o seu entendimento para que o ser humano tenha qualidade de vida mais saudável. [...]. (DA SILVA, 2011, p.7)

Partindo dessa premissa, propõe-se com esse trabalho, a confecção e a utilização de experimentos para que possam auxiliar os docentes a prática pedagógica e realizar atividades com experimentos sobre Efeito Fotoelétrico e Espectros Atômicos, buscando contextualizar as atividades com a vida habitual dos estudantes. Pois, Oliveira (2016, pg.-13) afirma que "A contextualização das atividades contribui para o aperfeiçoamento do processo de compreensão dos estudantes, além do aprimoramento das competências já adquirido pelas práxis".

Assim, serão utilizados materiais pós-uso, ou de baixo custo e elaborados com materiais alternativos e/ou recicláveis, visando a prática diferenciada e motivadora, para que os alunos compreendam não só os conceitos básicos, trabalhados na disciplina, mas que possam associar os fenômenos observados por meio dos experimentos, e também incentivar a metodologia científica.

Os materiais utilizados para realizar os trabalhos experimentais sobre o Efeito Fotoelétrico e Espectro Atômico, estão no contexto dos três (Rs), estes, já inclusos no conjunto das quatro dimensões da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA).

Poderão proporcionar aos participantes da pesquisa, um melhor e mais amplo entendimento sobre a conscientização da reutilização de materiais pós-uso, despertando nos estudantes um novo conceito sobre qualidade de vida, sustentabilidade, entendimento das questões socioambientais, interação e trabalho em equipe.

Diante da perspectiva de aprimoramento dos conceitos socioambientais e por meio das atividades experimentais, Oliveira (2016) ao

observar o término de uma das atividades experimentais sobre reutilização, aplicado a um grupo de alunos salienta:

[...]Conclui-se que nesta atividade experimental, os participantes interagiram-se entre si, discutiram os resultados e trabalharam em equipe, cuja consequência foi o desenvolvimento de suas competências e habilidades [...] (p. 73).

Portanto, as aplicações de experimentos após as aulas teóricas podem despertar nos participantes não só a curiosidade, mas também a interação num âmbito geral, estimulando a trabalharem outros experimentos aprimorando suas competências e desenvolvendo habilidades que estavam implícitas num todo.

Com o desenvolvimento desse trabalho, podemos compreender melhor os fenômenos ocorridos e aprimorar a cultura científica relacionada as diversas áreas da CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). Cachapuz destaca em sua obra:

[...] Irão permitir também refletir sobre os processos da Ciência e da tecnologia bem como as inter-relações com a sociedade e ambiente, facultando aos alunos uma aprendizagem científica e tecnológica, uma maior possibilidade de tomar decisões informadas, de agir responsabilmente, bem como de permitir o desenvolvimento de atitudes e valores, na esteira de uma ética da responsabilidade. A lógica de tal escolha deve inserir-se e articular-se com o movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade e Ambiente (CTSA) [...] (CACHAPUZ, 2000, p. 49).

Os experimentos básicos, que serão propostos como o Efeito Fotoelétrico e Espectros Atômicos, estão relacionados com os conteúdos lecionados no Ensino fundamental II (EFII), Ensino médio (EM) e Ensino Superior (ES), podendo ser trabalhados interdisciplinarmente em qualquer área da ciência, servindo como motivadores à prática docente e ao raciocínio científico. Experimentos, que complementam o conteúdo trabalhado, atuam como incentivador para o aprendizado, pois rompem com a rotina de sala de aula fazendo com que os alunos participem da aula tornando o aprendizado mais significativo. Assim,

[...] Pôde-se perceber que a dificuldade dos alunos em compreender conteúdos das ciências exatas, principalmente Química, pode ser superada/minimizada através da utilização de aulas experimentais, que o auxilia na compreensão dos temas abordados e em suas aplicações no cotidiano, já que proporcionam uma relação entre a teoria e a prática. Quanto ao professor, ao desenvolver atividades práticas em sala de aula,

estará colaborando para que o aluno consiga observar a relevância do conteúdo estudado e possa atribuir sentido a este, o que o incentiva a uma aprendizagem significativa e, portanto, duradoura. (BUENO, *at. al*, 2008, p.6)

Alia-se ainda como proposta o desenvolvimento de práticas que utilizem materiais do cotidiano dos alunos, pois, dessa forma, rompe-se com paradigmas de que o conhecimento científico exige local controlado e materiais elaborados. Além disso, o trabalho com materiais recicláveis permite uma tomada de consciência crítica frente ao mundo contemporâneo, carente de planejamento quanto aos excedentes provocados pelas práticas consumistas.

O presente contexto educacional carece de estímulos para os discentes se interessarem pelos conteúdos de Física e Química. Para tanto, entende-se que a utilização de experimentos básicos elaborados com materiais alternativos, pode ajudar na melhora desta realidade. Além disso, tais propostas podem torná-los mais participativos e críticos na sociedade atual, onde o conhecimento acadêmico influencia em suas relações sociais dando argumentos para esses se posicionarem frente a suas respectivas opiniões.

O emprego de experimentos básicos de Física e Química, aplicados na formação dos alunos nos diferentes níveis de ensino como EFII, EM e ES, pode proporcionar uma mudança de hábitos relacionados à leitura, pesquisa, e despertar a curiosidade pela ciência, em um âmbito mais geral, buscar novos conhecimentos para sua formação e auxiliar no aprendizado de conteúdos mais avançados e modernos, por exemplo: luz e suas características, dualidade onda/partícula, teoria e estrutura atômica, tipos de metais, radiação e sua frequência, partículas de luz (fóton), função trabalho, comprimento de onda, fontes de luz, sensibilidade do olho humano, espectro contínuo e discreto, linhas espectrais, nível de energia, emissão e absorção da luz.

## **CAPÍTULO 2 – QUESTÃO DE PESQUISA E OBJETIVOS**

### **2.1. QUESTÃO DE PESQUISA**

Como os experimentos sobre o Efeito Fotoelétrico e Espectro atômico, podem incentivar os estudantes do EFII, EM e ES para a aprendizagem de conceitos sobre a Estrutura Atômica?

### **2.2. OBJETIVOS**

Confeccionar roteiros explicativos de experimentos com materiais pós-uso e/ou de baixo custo, sobre o Efeito Fotoelétrico e Espectro Atômico para auxiliar os docentes de Física, Química nas atividades pedagógicas. E por meio das atividades experimentais com abordagem em Ciências, Tecnologia, Sociedade e ambiente - CTSA, aprimorar os conceitos sobre as questões socioambientais, para incentivar e motivar os estudantes a participação em sala de aula, e o trabalho em equipe.

## CAPÍTULO 3 – REFERENCIAL TEÓRICO

A educação no Brasil passa por dificuldades que tornam a realidade educacional muito adversa para as pessoas que fazem parte desta. Isso torna o ambiente escolar um espaço aversivo tanto para os alunos – que não encontram motivação para aprender – quanto para os docentes, que se frustram com o fracasso do processo de ensino-aprendizagem. Collares (1992) descreve em sua obra que outros fatores aliam-se a esses e acabam por agravar as dificuldades das escolas e dos docentes em realizarem seus objetivos de preparar esses alunos para a vida profissional e acadêmica que posteriormente irão desenvolver, podendo citar a falta de estrutura desejável que as instituições de ensino público possuem, que logo, limitam as variáveis didáticas dos docentes que ali exercem função, como por exemplo, não possuir laboratórios ou não possuir materiais necessários nesses para o pleno desenvolvimento de experimentos básicos dos conteúdos lecionados.

Alia-se ainda a essa dificuldade, a realidade dos discentes da escola pública que, em sua grande parte, é precária e carece de tempo para se dedicar a estudos mais aprofundados fora do ambiente escolar, pois necessitam auxiliar seus responsáveis em afazeres ou financeiramente no período contrário ao escolar e muitos não possuem incentivos (de seus responsáveis ou de materiais para estudo), para aprimorarem seus conhecimentos, haja visto, que o estudo pós sala de aula é fundamental para interpretar de forma mais significativa o conteúdo aprendido.

Alguns docentes também influenciam e contribuem para as dificuldades no processo educacional, limitando sua atuação, seja por falta de base teórica, para conseguir explicar o conteúdo de forma estruturada, ou por falta de domínio didático, para diversificar essas e conseguir apresentar e adaptar o conteúdo para torná-los compreensíveis a seus alunos.

Chassot comenta que alguns professores também não sabem responder a esta questão, pois nunca pensaram no assunto, ou respondem de forma simplista. O estudo da química deve-se principalmente ao fato de possibilitar ao homem o desenvolvimento de uma visão crítica do mundo que o cerca, podendo analisar, compreender e utilizar este conhecimento no cotidiano,



tendo condições de perceber e interferir em situações que contribuem para a deterioração de sua qualidade de vida, como por exemplo, o impacto ambiental provocado pelos rejeitos industriais e domésticos que poluem o ar, a água e o solo. (CARDOSO e COLINVAUX, 2000, p.1)

No que diz respeito às aulas de Química, certas características acabam por dificultar o aprendizado da mesma. Uma dessas é o fato de os conteúdos serem distantes, à primeira vista, da realidade dos alunos. Aparentemente para esses, não há motivação para se aprender tais conteúdos que, assim, além de complexos, serão inúteis para sua vida. Desta forma, torna-se crucial para o docente auxiliar o aluno a superar tal visão estereotipada das disciplinas e auxiliá-lo a identificar aplicabilidade teórica e prática de tais conteúdos em sua vida cotidiana e posteriormente acadêmica, que tornam as disciplinas necessárias como componente curricular.

O presente documento reafirma a contextualização e a interdisciplinaridade como eixos centrais organizadores das dinâmicas interativas no ensino de Química, na abordagem de situações reais trazidas do cotidiano ou criadas na sala de aula por meio da experimentação. Fazendo parte da contextualização, as situações reais nem sempre são adequadas e suficientemente tratadas nos processos de ensino-aprendizagem, sendo importante construir novos entendimentos e novas práticas sobre elas, em atenção aos eixos organizadores já mencionados. (MÉDIO, 2015).

Essa distância da realidade dos alunos é oriunda também de metodologias de ensino desenvolvidas por docentes que não partem do conhecimento prévio dos alunos, mas sim dos conteúdos ensinados segundo a diretriz curricular. Isso torna o conteúdo pouco significativo para o aluno, dificultando ainda mais a aprendizagem. Soma-se ainda as dificuldades dos alunos, a necessidade que aprender tais disciplinas exige de ter domínios básicos de outras disciplinas como português (interpretação) e matemática (cálculos), tornando o aprendizado interdisciplinar, conforme defende Bueno e outros (2008).

O ensino da disciplina de Química é uma exigência das Diretrizes Curriculares Nacionais (LDB 9394/96), que em suas normas define e descreve o conteúdo obrigatório desta. Além disso, em seus PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais), que descrevem metodologias e estratégias que podem ser utilizadas no ensino dos conteúdos, dentre essas a aula expositiva, seminários, dialógica ou também experimental.

[...] O tratamento contextualizado do conhecimento é o recurso que a escola tem para retirar o aluno da condição de espectador passivo. Se bem trabalhado permite que, ao longo da transposição didática, o conteúdo do ensino provoque aprendizagens significativas que mobilizem o aluno e estabeleçam entre ele e o objeto do conhecimento uma relação de reciprocidade [...]. (BRASIL, 1999, p. 79).

Frente as diversas possibilidades metodológicas para se trabalhar didaticamente de forma mais efetiva, leva-se em consideração neste, os diversos benefícios e possibilidades que a utilização de experimentos pode trazer para os docentes utilizarem em suas aulas. A utilização da experimentação, segundo Amaral (1996), partindo da mediação do docente, aproxima o conteúdo do cotidiano dos alunos, principalmente quando utiliza materiais do dia-a-dia dos mesmos. Também consegue tornar o conteúdo mais compreensível, pois, muitos podem apresentar dificuldades em aprender apenas a partir de explicações teóricas, porém, com a visualização na prática do conteúdo, o mesmo tende a compreender melhor tais conteúdos, elucidando possíveis dúvidas. A utilização de experimentos gera também uma maior interação entre professor-aluno, promovendo a diminuição dos conflitos entre ambos e incentivando a parceria no processo de aprendizagem.

Com relação à experimentação, é importante considerar que ela, por si só, não assegura a produção de conhecimentos químicos de nível teórico-conceitual significativos e duradouros, mas cumpre papel essencial, ajudando no desenvolvimento de novas consciências e de formas mais plenas de vida na sociedade e no ambiente. [...] Ou seja, é essencial que as atividades práticas, em vez de se restringirem aos procedimentos experimentais, permitam ricos momentos de estudo e discussão teórico/prática que, transcendendo os conhecimentos de nível fenomenológico e os saberes expressos pelos alunos, ajudem na compreensão teórico-conceitual da situação real, mediante o uso de linguagens e modelos explicativos específicos que, incapazes de serem produzidos de forma direta, dependem de interações fecundas na problematização e na (re)significação conceitual pela mediação do professor. (MÉDIO, 2015, p.124)

Busca-se por meio deste trabalhar com experimentos de Física e Química utilizando materiais de baixo custo, e de preferência alternativos (recicláveis, por exemplo), e permitir que os docentes os confeccionem para facilitar o trabalho em sala de aula posteriormente. Os experimentos aqui apresentados como modelo, serão confeccionados pelos alunos, com a mediação do professor, sendo que poderão ser utilizados no EFII, EM e ES. Com esta metodologia, almeja-

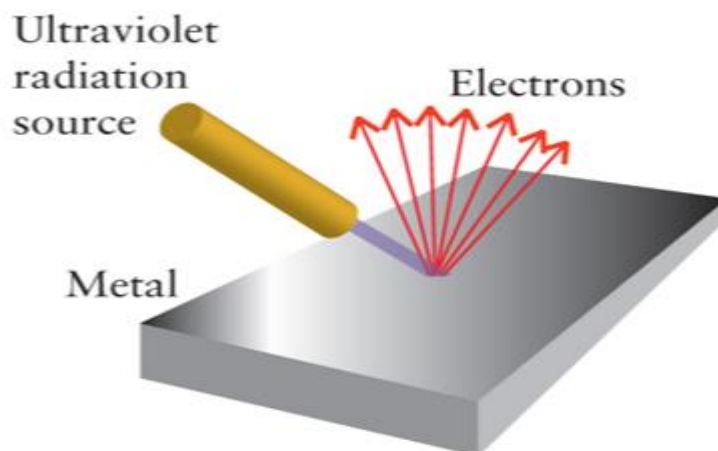
se despertar e incentivar os alunos a criatividade e motivá-los ao trabalho em equipe para que possam ser utilizados na sua vida acadêmica e/ou na vida cotidiana.

Além disso, almeja-se que os alunos consigam correlacionar os conhecimentos teóricos e experimentais em sala em seu dia-a-dia. Através do desenvolvimento histórico e dos conhecimentos oriundos da mecânica quântica – com contribuições de grandes autores como Albert Einstein, Werner Heisenberg, Max Planck, Louis de Broglie, Niels Bohr, Erwin Schrödinger, Max Born, John Von Neumann, Paul Dirac, Wolfgang Pauli, Richard Feynman e outros – pode-se adquirir bases teóricas e empíricas para contribuir ao avanço da Física e da Química. Busca-se que o aluno entenda em quais objetos, simples e corriqueiros, há contribuições deste avanço científico como, por exemplo, sensores, circuitos elétricos, baterias e computadores. A viabilidade de se aplicar esses conceitos a diversos níveis educacionais dependerá da abordagem do professor. Por exemplo, alguns desses personagens ou seus feitos já são conhecidos pelo público e mídia, bastaria explorar esses conhecimentos prévios para motivar. Diversas aplicações do dia-a-dia utilizam conceitos da mecânica quântica e isso poderia ser o principal ponto de partida para o aprendizado dessa importante disciplina.

### **3.1. - EFEITO FOTOELÉTRICO**

O Efeito Fotoelétrico ocorre quando uma luz (radiação eletromagnética) é direcionada sobre uma superfície metálica e em consequência esta libera elétrons para o ambiente (pode gerar corrente a partir desses fotoelétrons), que vale a ressalva, não são captados para gerar energia, logo se diferencia do efeito fotovoltaico.

FIGURA 3.1 - Incidência de radiação.



**Fonte:** Atkins Chemical Principles 5e figure 1.15.jpg

Em 1905 foi considerado o *annus mirabilis* - em latim, ano miraculoso, pois Albert Einstein apresentava cinco trabalhos extraordinários, sendo um desses sobre o Efeito Fotoelétrico, que mudou completamente a face da ciência moderna, fazendo-o assim o cientista mais famoso do século passado.

Albert Einstein afirmou que a radiação eletromagnética, sendo visível ou não, é absorvida ou transmitida em “pacotes de energia” (pacotes estes também conhecidos como Quanta), ou seja, em pequenas quantidades de maneira descontínua. Dessa forma discorda da teoria clássica da luz, pois segundo seus estudos, a energia eletromagnética não se propaga de forma ondulatória como a teoria clássica afirmava, mas sim se concentra em pacotes de energia, que posteriormente foram denominados de Fótons. A relevância da teoria de Einstein é que a partir desta se fundamenta e subsidia a teoria corpuscular da luz e não ondulatória.

A energia ( $E$ ) de um fóton com certa frequência ( $f$ ) é simbolizada pela fórmula  $E=h.f$ , sendo  $h$  a constante de Planck ( $h=6,63 \times 10^{-34} \text{J.s}$ ). Phillip Lenard, baseando-se nas observações de Heinrich Hertz, defendia que para cada metal seria necessária uma radiação de frequência mínima (ou cor) para se liberar elétrons de metais (figura 3.1). Albert Einstein, continuando com esses estudos relativo ao efeito fotoelétrico, sugeriu que a radiação eletromagnética pode ser absorvida, emitida e se propagar no espaço de forma descontínua.

Einstein teorizou também sobre a necessidade de haver uma energia mínima para que ocorra a liberação dos elétrons, energia esta que denominou de **função trabalho** (simbolizado por  $W_0$ ).

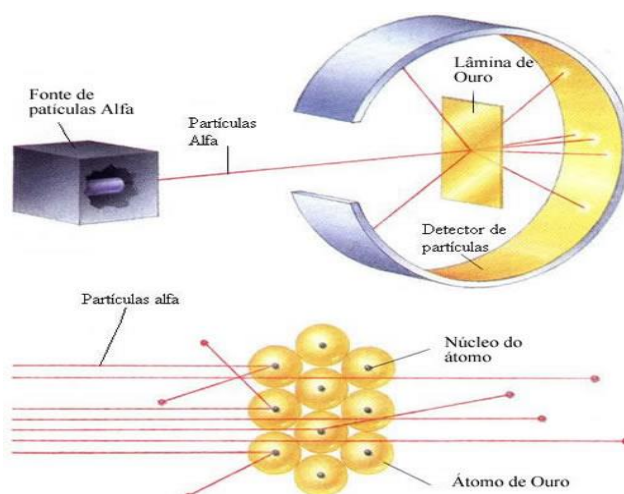
## Modelos Atômicos e sua descrição

Para que possamos melhor compreender e esclarecer algumas informações sobre os experimentos relacionados aos Modelos Atômicos de Rutherford e Bohr, apresentamos uma pequena descrição:

### O Modelo Atômico de Rutherford

Observamos em vários livros didáticos e em apostilas destinados ao Ensino Médio o seguinte: Quando se descreve o famoso experimento de Rutherford, representa-se uma partícula alfa colidindo com uma finíssima folha de ouro ( $\sim 4 \times 10^{-7}$  mm). Essa partícula é sempre representada com grande desvio de sua trajetória original. Entretanto, essa representação não seria estatisticamente correta, conforme a figura abaixo:

FIGURA 3.2 – Experimento de Rutherford com partículas alfa.

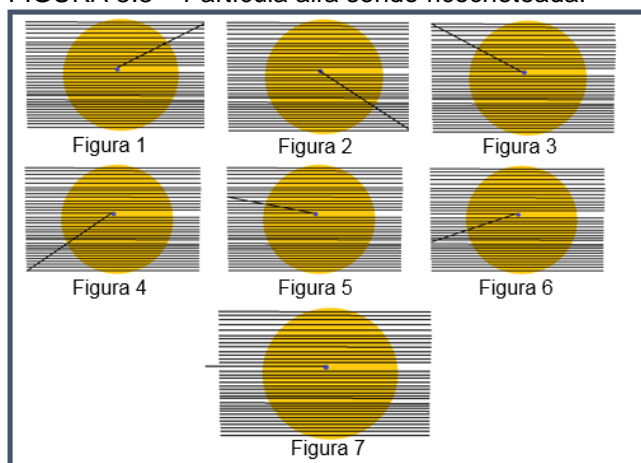


Fonte: <http://quimicacoma2108.blogspot.com/2010/03/atomico-de-rutherford-primeira.html>

O correto seria representar ou indicar que somente uma partícula alfa a cada 20 000 sofreria desvio significativo.

Observa-se que aproximadamente 1 em 20 000 partículas (sofreriam uma colisão frontal em média) são ricocheteadas pelos átomos da lâmina de ouro com o desvio de ângulo maior que  $90^\circ$ , isso não seria esperado segundo a concepção vigente da matéria. Observe as figuras abaixo:

FIGURA 3.3 – Partícula alfa sendo ricocheteada.

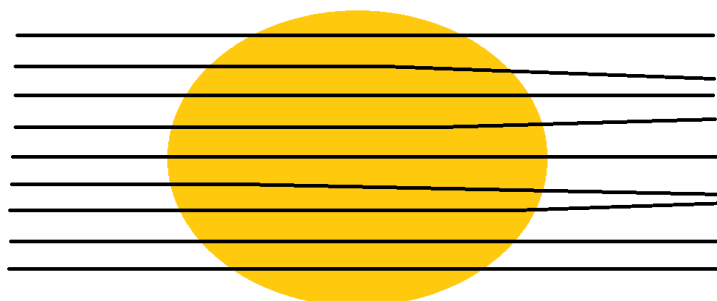


Fonte: autoria própria.

Alguns casos observados foram: a) Partículas alfas passavam sem sofrer desvios quando colidiam com a lâmina, sendo aproximadamente de 99,995%; b) Trajetórias que apresentassem um ângulo agudo em relação às trajetórias originais representariam colisões frontais com átomos de Au da lâmina; c) Trajetórias formando ângulos obtusos descreveriam repulsão devido à colisão frontal. Rutherford conseguiu estimar que a distância média entre os núcleos de Au era de aproximadamente  $6 \times 10^{-10}$  cm.

Se o Modelo atômico de Thomson fosse correto quase todas as partículas alfas deveriam ser desviadas em suas trajetórias mesmo que em pequenos ângulos como mostra a figura 3.4.

FIGURA 3.4 – Partículas alfas sofrendo pouco desvio.



**Fonte:** autoria própria.

Comparando o resultado do experimento de Rutherford com a previsão do modelo de Thomson podemos inferir que esse modelo não é correto. O experimento de Rutherford indica que a massa dos átomos de Au deveria estar concentrada em um volume pequeno e muito denso que foi denominado de núcleo. Estima-se que o raio do núcleo é cerca de  $10^5$  vezes menor que o raio do átomo. Os núcleos são formados por prótons e nêutrons cuja soma define a massa nuclear. Experimentos foram realizados com outros átomos distintos e obteve-se que quanto maior era a massa nuclear do elemento maior seria o número de partículas alfas espalhadas.

## O Modelo Atômico de Bohr

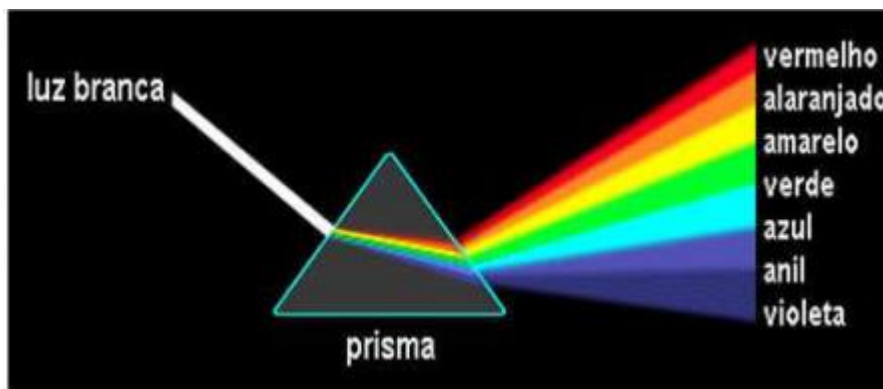
O modelo de Bohr foi desenvolvido com o intuito de se obter os níveis de energias do átomo de hidrogênio e também de outros átomos (cátions) com um elétron, como o  $\text{He}^+$ . De acordo com o modelo atômico de Bohr apresentado por alguns livros didáticos e apostilas para o Ensino Médio, podemos observar que eles somente exemplificam a transição de um nível mais baixo de energia para um de mais alta energia com a absorção de um fóton. Também mostra o sistema decaindo espontaneamente a um estado de mais baixa energia, geralmente ao estado

fundamental, emitindo um fóton. Esses fenômenos de absorção e emissão também acontecem para os outros átomos com mais de um elétron.

### 3.2. - ESPECTROS ATÔMICOS

Para se compreender a definição de Espectro, retornemos ao século XVII com Isaac Newton, pois este almejava explicar a existência e a formação do arco-íris e as respostas às quais chegou, foram determinantes para definir tal conceito. Utilizando um prisma (figura 3.5) Newton concluiu que o arco-íris era resultado de um fenômeno denominado refração da luz solar. Passando pela atmosfera, a luz solar era refratada nas gotículas de água presentes no ar e se decompunha nas cores visíveis (espectro contínuo).

FIGURA 3.5 - Prisma de cores.



Fonte: <http://profbiriba.blogspot.com.br/2012/02/aula-o-artigo-de-isaac-newton-1672.html> -

Continuando as pesquisas sobre o Espectro, Johann Wilhelm Ritter, em 1801, analisou sais de prata em laboratório e concluiu que estes escureciam de forma ainda mais intensa quando expostos à região além do violeta. Desta forma chega à conclusão de que existem “cores” (frequências) além das visíveis ao olho humano, a qual ele chamou de ultravioleta, além do violeta.

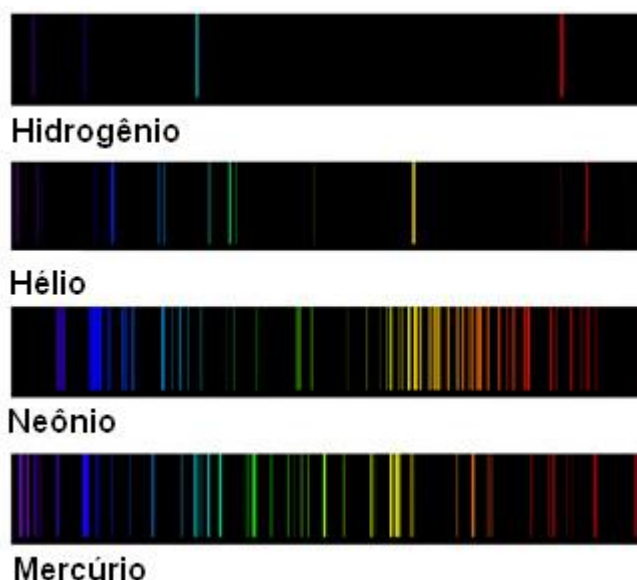
William Ruschel posteriormente analisando termômetros de mercúrio, percebeu que quanto mais próximo da luz vermelha do espectro, a temperatura aumentava de forma mais rápida. Porém quando exposto aquém da luz vermelha a



temperatura subia de forma ainda mais acelerada. Chegou ao resultado então, que havia uma frequência aquém desta também, que denominou de infravermelho.

Utilizando dispositivos ópticos mais avançados, Joseph Fraunhofer constatou que no espectro solar havia centenas de linhas negras, que se localizavam não apenas nas regiões visíveis, como também nas não visíveis. Verificou que para cada espécie atômica havia uma configuração específica de linhas negras (figura 3.6) e mapeando essas, se poderia determinar a qual elemento pertencia. No século XIX, o matemático Johann Jakob Balmer conseguiu determinar uma fórmula para o Hidrogênio que expressava a equação das relações entre as linhas espectrais:  $\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$ . Para outros elementos a fórmula de Balmer se altera, porém, mantendo a mesma estrutura geral, a exemplo dos elementos alcalinos (Li, Na, K...), nos quais a fórmula ficaria:  $K = \frac{1}{\lambda} = R \left[ \frac{1}{(m-a)^2} - \frac{1}{(n-b)^2} \right]$ .

FIGURA 2.6 - Exemplo de Espectro Atômico de diferentes elementos.



Fonte: <http://quimicacompleta14.blogspot.com/2014/04/espectros-de-emissao-e-de-absorcao-e.html>

A Análise Espectral (figura 3.6) também pode ser aplicada à luz ou fóton liberada por um átomo quando neste um elétron perde energia, descobrindo-se assim quais os elementos que compõe a substância que alterou a quantidade de

energia. Para melhor compreensão de que forma esse processo ocorre, retornemos à teoria atômica de Ernest Rutherford.

Rutherford, almejando melhor compreender e comprovar o conceito de átomo de Thomson (que o átomo seria uma grande massa positiva com partículas subatômicas negativas), realiza uma experiência na qual “bombardeia” uma lâmina de ouro com partículas alfa, oriundas de um elemento radioativo. Como resultado dessa experiência, verificou três resultados concomitantes: o primeiro resultado foi que algumas destas partículas alfa passaram entre os átomos da lâmina de ouro sem nada sofrer.

O segundo resultado obteve-se que algumas das partículas alfas desviaram suas trajetórias e no terceiro as partículas alfas foram refletidas. Concluiu que os elétrons teriam carga elétrica negativa (contrária ao da partícula alfa) e orbitavam um núcleo de carga elétrica positiva, dando origem ao denominado “Modelo Planetário” de um átomo. Recomendamos, para melhor compreensão, o tópico acima que se discute o Modelo atômico de Rutherford.

Os Físicos, da época de Rutherford, criticaram seu modelo atômico, pois entendiam que os elétrons acelerados (aceleração centrípeta) por possuírem carga elétrica sofreriam desaceleração por emissão de radiação e se chocariam com o núcleo. Niels Bohr, complementando o modelo atômico de Ernest Rutherford e respondendo às críticas dos físicos clássicos, comprovou que os elétrons circulam o núcleo através de energia quantizada, ou seja, cada órbita (ou camada) exige um valor específico de energia para que o elétron se mantenha nela e desta forma não se choque com o núcleo. Vale ressaltar que segundo a teoria de Bohr, quanto mais longe do núcleo menos ligado está o elétron ao núcleo e vice-versa.

Bohr constatou também que quando se altera a quantidade de energia (adicionando calor ou eletricidade), sobre o elétron, este pode “saltar” de camada. Este átomo libera um quantum de energia extra na forma de energia luminosa quando está em algum estado excitado.

FIGURA 3.7 - Teste de chama e o espectro dos elementos.



Fonte: <http://rpsil.blogspot.com/2013/06/teste-da-chama.html>

## **CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA**

A metodologia tem por embasamento a aplicabilidade dos experimentos com roteiros explicativos para sua confecção e utilização, seguidos de questionários com respostas, para auxiliar o professor a complementar as atividades práticas, realizadas com os estudantes, e constando como o escopo norteador, a descrição de figuras dos equipamentos e protótipos de experimentos.

A partir da descrição teórica apresentada, referentes a temas básicos que compõem as diretrizes curriculares para o estudo de Física e Química, apresenta-se uma aplicação prática do mesmo, sugerindo-se materiais e composição para o tal. Os mesmos podem ser desenvolvidos em diversos ambientes escolares como, por exemplo: laboratórios, salas de aula, quadras poliesportivas, no pátio ou em outros que possuam espaço e acomodação para a confecção e observação.

Também serão apresentadas sugestões de perguntas/respostas para orientar os docentes e sanar possíveis dúvidas pertinentes e corriqueiras cujos conceitos algumas vezes não estão colocados de maneira objetiva em textos didáticos.

### **4.1. – QUESTÕES COM RESPOSTAS E EXPERIMENTAÇÃO DE CONCEITOS BÁSICOS DE FÍSICA E QUÍMICA REFERENTE AO EFEITO FOTOELÉTRICO E O ESPECTRO ATÔMICO**

#### **4.1.1. – ALGUMAS PERGUNTAS COM RESPOSTA SOBRE A TEORIA ATÔMICA DE BOHR.**

Algumas dificuldades encontradas na leitura sobre o modelo de Bohr:

1) Que tipo de energia que o átomo absorve e libera? De onde vem essa energia?

R: Os átomos absorvem e emitem radiação eletromagnética. A energia corresponde da interação entre campo eletromagnético com a matéria carregada. Exemplos de fontes de radiação eletromagnética: corpos aquecidos (corpo negro) como o Sol e lâmpadas incandescentes.

2) A absorção e a emissão de radiação eletromagnética também são válidas para outros átomos além do H?

R: Sim, pois esse processo acontece em todos os átomos. O modelo de Bohr só é válido para átomos com um elétron, por exemplo, H, He<sup>+</sup>, Li<sup>2+</sup> etc. Para átomos com mais de um elétron são necessários modelos efetivos do tipo Bohr ou resolver a equação completa do problema quântico (equação de Schroedinger).

3) Como a emissão da radiação eletromagnética em átomos explica as cores apresentadas nos fogos de artifícios?

R: Inicialmente, em uma explosão química ocorre da transformação de reagentes sólidos em produtos gasosos e com liberação de energia. Se à mistura explosiva forem adicionados sais de metais, esses átomos adquirem altas velocidades por meio de colisões com os gases liberados e conseqüentemente são aquecidos. Os átomos de metais são excitados por meio das altas temperaturas. Esses átomos emitem radiação eletromagnética quando decaem a estados de mais baixa energia. As cores apresentadas nos fogos de artifícios estão relacionadas a esses decaimentos e são específicas de cada elemento presente nos fogos de artifícios. Veja fig.3.7.

4) Porque o átomo não permanece no estado excitado?

R: O átomo pode permanecer no estado excitado, normalmente por um tempo curtíssimo (menor que bilionésimo de segundo), mas invariavelmente todos os átomos decaem ao estado fundamental depois de um tempo curto para a escala humana de tempo.

5) Teria como fornece energia para o átomo para que ele permaneça no estado excitado?

R: Seria muito complicado manter um átomo sempre no estado excitado. Seria necessário fornecer energia na eminência do decaimento, somente em condições muito controladas isso poderia ser realizado. Em princípio, podemos dizer que sempre que um átomo está no estado excitado ele decairá de forma espontânea. Entretanto, alguns estados excitados demoram mais que outros para decaírem.

6) Como o átomo absorve energia do meio externo?

R: O átomo absorve energia por meio de colisões, com a energia de translação sendo transferida para os graus de liberdade interno dos átomos, como transição eletrônica. A transição eletrônica pode ser entendida como a passagem do elétron de um nível de energia mais baixo para um nível de energia mais alto. O átomo também pode absorver energia eletromagnética pela interação dos campos elétricos e magnéticos com as cargas dos átomos, ou seja, interagindo com os elétrons e núcleos dos átomos.

7) Como Pauling obteve a ordem energética apresentada no seu diagrama?

R: A ordem energética pode ser obtida via experimental observando os espectros atômicos ou resolvendo o problema quântico (Equação de Schrodinger).

8) Qual é a importância de conhecermos o espectro atômico e também qual a sua utilização prática?

R: Sabemos que o espectro atômico é um conjunto de transições entre os níveis de energias de um átomo e que se caracteriza por linhas discretas e são distintas para cada átomo. Através do estudo de espectros conseguimos descrever, por exemplo, a atmosfera de estrelas e prever a qual geração a estrela pertence. Explicando: O elemento primordial do Universo é o H. Os elementos químicos, até o átomo de Fe, são fundidos em estrelas. A quantidade relativa de elementos fundidos dependerá essencialmente da massa da estrela. Elementos com Z maiores, são sintetizados nas explosões de supernovas. Essas explosões, e outras de estrelas menores, espalharão elementos químicos pelo Universo. Futuramente esses restos de estrelas formarão novas estrelas já enriquecidas por elementos fundidos

anteriormente, como o caso do Sol. Esses elementos químicos poderão ser analisados por meio de seus espectros atômicos. Também podemos utilizar os espectros atômicos para realizar análises químicas de diversas substâncias com a técnica, por exemplo, de absorção atômica.

## 4.2. – EXPERIMENTO - EFEITO FOTOELÉTRICO

Veremos agora os materiais utilizados e como montar o experimento Efeito Fotoelétrico, observando o passo a passo de acordo com as figuras abaixo:

### **Materiais:**

1 lata de alumínio

1 papel laminado de alumínio

Substância secante\*

Fita adesiva

Lâmina para cortar

1 Bexiga

1 Régua

Caneta

Tesoura

Lixa (100)

Recipiente plástico

1 Fio de cobre (25cm)

Lâmpada Ultravioleta

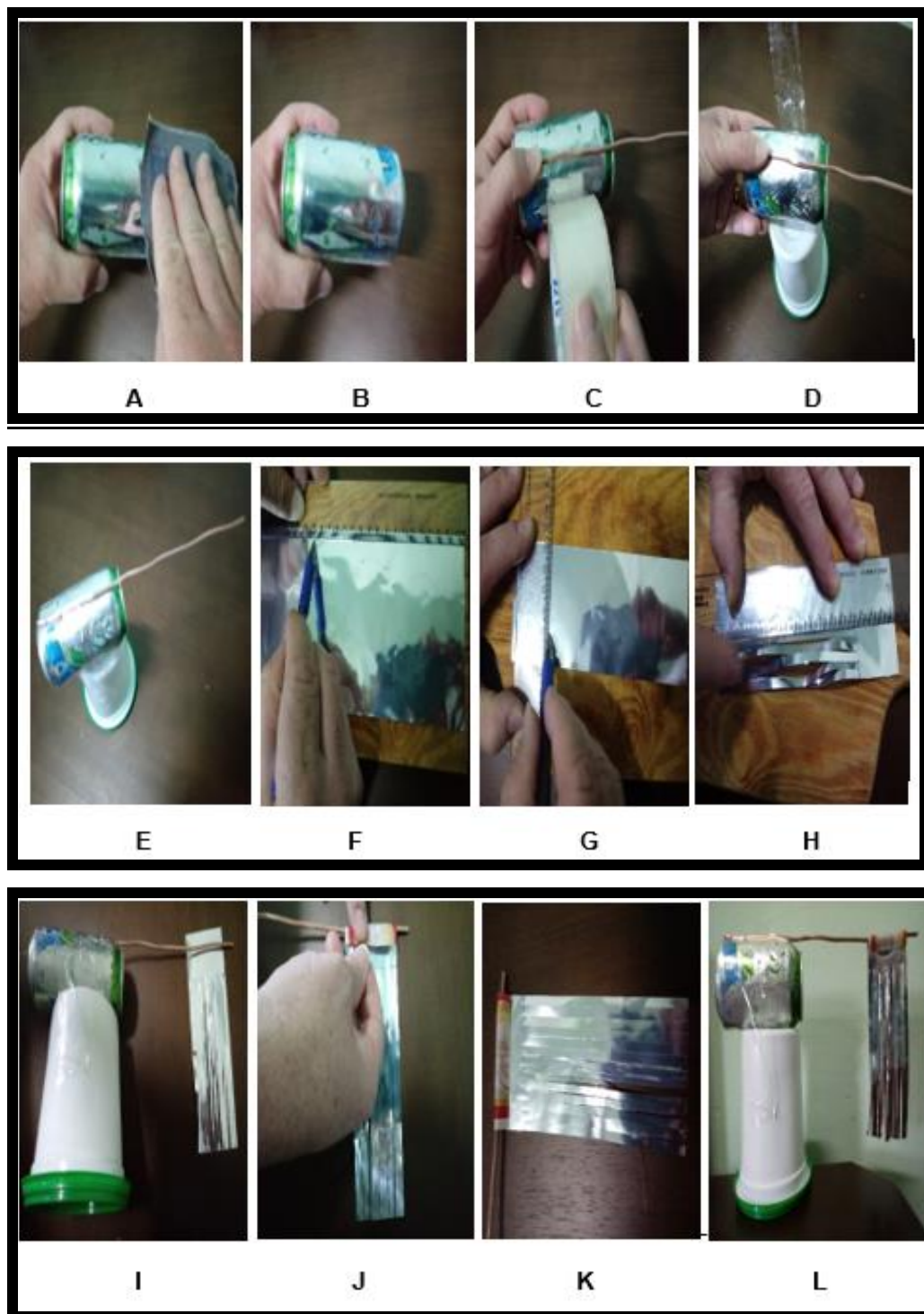
Lâmpada Incandescente

Lâmpada Luz Negra.

\*Sílica anidra ou  $\text{CaCl}_2$  anidro, esse último pode ser encontrado facilmente em supermercados como antimoho (ou evita mofo).

### **Montagem**

FIGURA 4.1 - Procedimentos para montagem do Espectroscópio.



Fonte: Próprio autor.

**A** - Pegue a lata de alumínio e lixe sua superfície.

**B** - É necessário que seja retirada a sua tinta deixando o metal alumínio visível.



**C** - Após lixar a superfície da lata, coloque o fio de cobre em contato com o metal. Utilize a fita adesiva, para fixar o fio de cobre sobre a lata.

**D** - Pegue a lata com o fio de cobre fixado e coloque sobre o recipiente de plástico (para isolar o sistema) e fixe o conjunto com auxílio da fita adesiva.

**E** - Veja a junção do recipiente plástico com a lata de alumínio e com o fio de cobre.

**F** - Utilizando uma superfície reta, pegue o papel laminado de alumínio e com o auxílio da régua e da lâmina, corte um pedaço de 18 cm por 6 cm.

**G** - Com a ajuda da régua e da lâmina de cortar, pegue o papel laminado de alumínio e faça uma marcação de 14 cm da base.

**H** - Faça tiras de aproximadamente 4 mm com o auxílio da lâmina de cortar e da régua, sendo que estas tiras serão iniciadas a partir da marcação e não do início do papel laminado.

**I** - Colocaremos o papel laminado de alumínio em volta do fio de cobre.

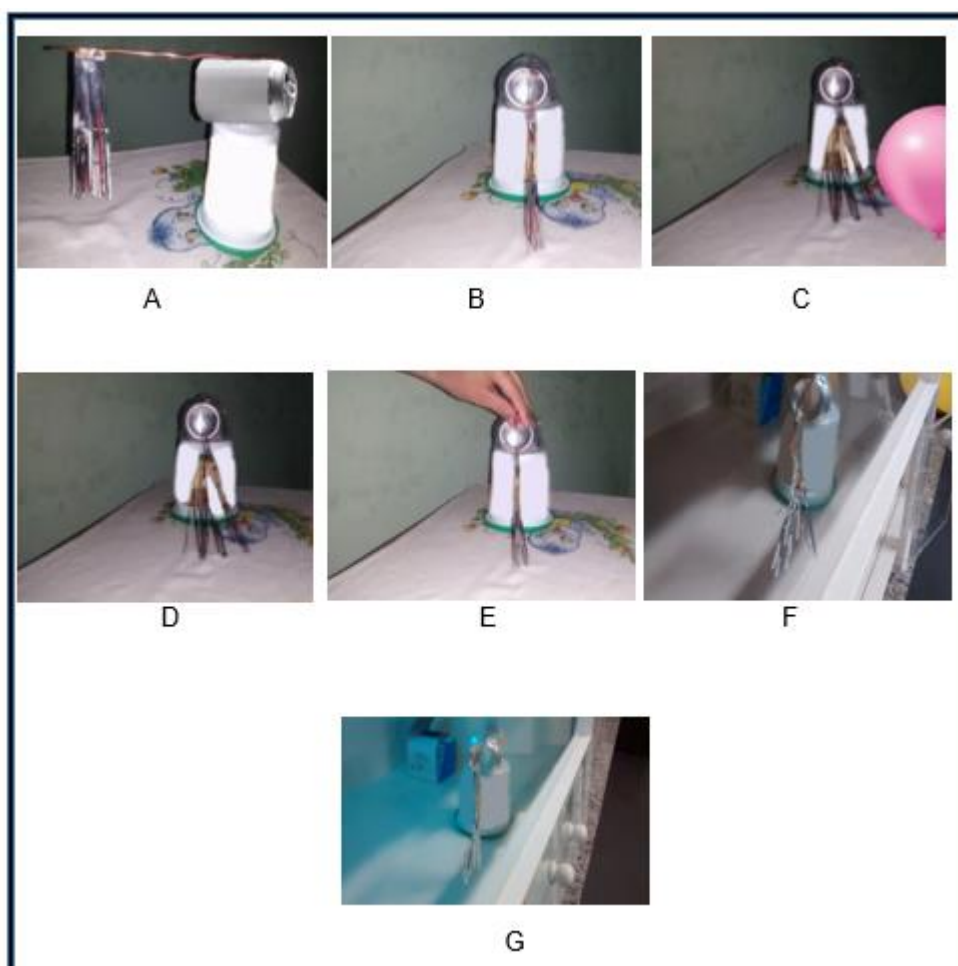
**J** - Com a fita adesiva, fixe o papel laminado de alumínio ao fio de cobre, mantendo-o em contato entre a parte contendo alumínio e o fio de cobre.

**K** - Observe a fixação do papel laminado de alumínio no fio de cobre.

**L** - Vejamos como deve ficar o protótipo do espectroscópio caseiro a partir de materiais recicláveis.

## Procedimento

FIGURA 4.2 - Espectroscópio caseiro confeccionado de materiais recicláveis.



Fonte: Próprio autor.

**A** - Vista do experimento pronto para ser utilizado.

**B** - Destaque para o papel laminado **não** eletrizado.

**C** - Destaque para o papel laminado **eletrizado** (eletrização obtida através do atrito de uma bexiga cheia de ar, com o cabelo e aproximou-se do papel laminado).

**D** - Observamos o papel laminado eletrizado.

**E** - Perda de elétrons do papel laminado, através do contato da mão com o fio de cobre (volta ao estado de repouso).

**F** - Destaque para o papel laminado **eletrizado** novamente.

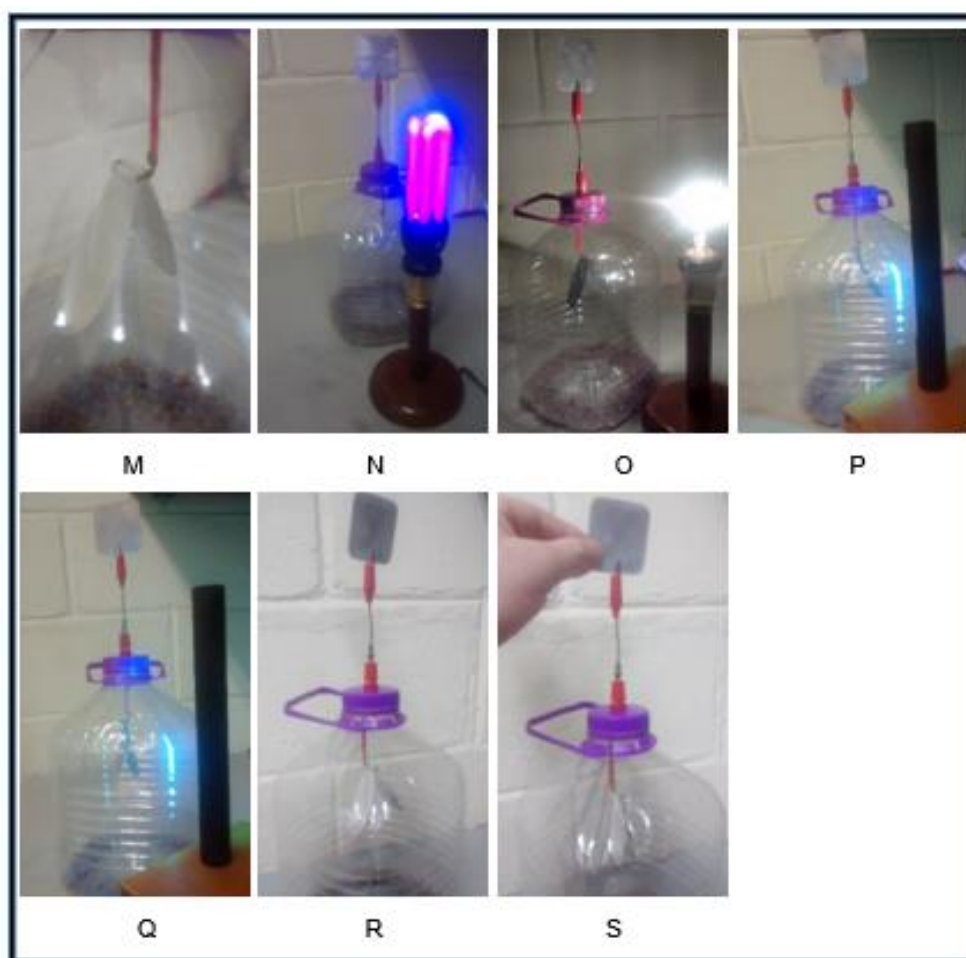
**G** - Perda de elétrons do papel laminado, através da exposição à luz ultravioleta (efeito fotoelétrico). Esse descarregamento não acontece com uma lâmpada incandescente e com a lâmpada luz negra.

**Observação:** Importante ressaltar que se o ar estiver úmido será necessário que este experimento seja realizado em um ambiente seco, que poderia ser simulado por um saco plástico transparente. Dentro desse saco, junto com o experimento, deve-se colocar uma substância secante para retirar a umidade. Deve-se aguardar algum tempo para prosseguir com o experimento. Algumas dessas substâncias secantes de baixo custo podem ser encontradas facilmente em supermercado.

Abaixo temos exemplos de equipamentos para a realização do experimento do Efeito Fotoelétrico. Esses equipamentos foram montados pelo Prof. Cláudio Hiroyuki Furukawa (USP/UNIFIEO).

FIGURA 4.3 - Materiais utilizados para demonstrar o experimento do Efeito Fotoelétrico.





**Fonte:** (Cláudio Hiroyuki Furukawa (USP/UNIFIEO)).

- A** - Suporte com lâmpada Luz negra.
- B** - Suporte com lâmpada Incandescente.
- C** - Suporte com lâmpada UV (utilizada em purificador de água) sem protetor.
- D** - Suporte com lâmpada UV. O protetor evita que a radiação ultravioleta atinja os olhos.
- E** - Modelo de espectroscópio.
- F** - Parte superior do espectroscópio.
- G** - Parte interna do espectroscópio.
- H** - Alguns materiais utilizados para carregar (eletricamente) o espectroscópio.
- I** - Atramos o PVC utilizando um papel.

**J-** Espectroscópio sendo carregado com o atrito do papel com o PVC, sendo que o mesmo está sendo carregado negativamente.

**K-** Atramos o acrílico utilizando um papel.

**L-** Espectroscópio sendo carregado com o atrito do acrílico, sendo que o mesmo está sendo carregado positivamente.

**M-** Espectroscópio carregado.

**N-** Espectroscópio exposto a luz negra, observamos que o espectroscópio não descarrega ou descarrega fracamente.

**O-** Espectroscópio exposto a luz incandescente, observamos que ele não descarrega.

**P-** Espectroscópio exposto a luz UV, observamos que no início o espectroscópio está carregado.

**Q-** Espectroscópio exposto a luz UV, observamos que após alguns poucos segundos o espectroscópio descarrega.

**R-** Espectroscópio carregado.

**S-** Espectroscópio sendo descarregado em contato com a mão.

#### **4.2.1. – ALGUMAS PERGUNTAS COM RESPOSTA REFERENTE AO EXPERIMENTO EFEITO FOTOELÉTRICO:**

Estudaremos a descarga de um eletroscópio carregado por meio de luz (radiação eletromagnética).

1) O que é luz (radiação eletromagnética)?

R: A luz se propaga no vácuo, com velocidade aproximada de  $3 \times 10^8$  m/s, e na matéria. A luz é formada por campos elétricos e magnéticos oscilantes e perpendiculares entre si. Uma radiação de determinada “cor” corresponde a uma determinada frequência (f). Esse campo pode ter comportamento ondulatório ou também condensado em pacotes denominados fótons, dependendo de como interage com a matéria. Disso trataremos durante esses experimentos.

2) O que é um fóton?

R: Denomina-se fóton a condensação espacial de campos eletromagnéticos. Em certos experimentos a luz se comporta como partícula. A melhor explicação para descrever o experimento do efeito fotoelétrico é obtida considerando a luz como um pacote ou partícula.

3) Em 1905 Albert Einstein obteve um modelo para descrever o experimento do efeito fotoelétrico? Qual foi esse modelo?

R: Einstein afirmou que a radiação eletromagnética, sendo visível ou não, é absorvida ou transmitida em “pacotes de energia” (pacotes estes também conhecidos como Quanta), ou seja, em pequenas quantidades de maneira descontínua. Esse comportamento da radiação discorda da teoria ondulatória da luz, pois para esse caso radiação se concentrava em pacotes de energia, que posteriormente seriam denominados de fótons.

4) Qual foi a contribuição de Heinrich Hertz e Philipp Lenard ao efeito fotoelétrico?

R: Hertz foi o pioneiro, ele observou que a incidência de luz ultravioleta em um metal facilitava a descarga deste por meio de faíscas potentes. Lenard carregou diversas placas metálicas com excesso de cargas negativas e incidiu radiação ultravioleta com frequências distintas. Ele observou que diferentes metais necessitavam uma frequência mínima diferente para provocar uma corrente fotoelétrica, ou seja, liberar elétrons dos metais.

5) Quais seriam as principais características que uma substância deveria possuir para a realização do experimento de carga e descarga de um metal? Que tipo de material deveria ser?

R: A substância deve permitir basicamente um dos três processos eletrização: por atrito, por contato (condução) e por indução com aterramento. Para eletrizar por atrito, utilizamos materiais considerados isolantes. Por indução, precisamos de um material condutor para induzir cargas de sinal oposto ao indutor e posterior aterramento das cargas de mesmo sinal do indutor. Na eletrização por contato, é imprescindível que um dos dois seja condutor elétrico. A série tribo-elétrica apresenta uma relação de materiais ordenada pela facilidade de perder ou ganhar elétrons. Por exemplo, o PVC pode ser carregado negativamente e a lã carregado positivamente quando ambos são atritados.

6) Porque se pode eletrizar o papel laminado ou placa de alumínio? Como essas cargas podem ser geradas?

R: Ambos apresentam características metálicas e são bons condutores elétricos. Desta forma, eles podem ser eletrizados por contato ou por indução com aterramento. Por contato, o papel laminado ou placa de alumínio fica com cargas de mesmo sinal do material eletrizado. Porém, ficam com cargas de sinal contrário caso sejam eletrizados por indução e aterramento. Objetos isolantes que irão eletrizar os metais podem ser carregados através do atrito de diversos materiais, por exemplo, atritando um bastão de PVC com papel ou uma bexiga em contato com o cabelo, ambos ficariam eletrizados.

7) Com quais tipos de cargas podemos carregar um papel laminado ou placa de Al? Explique como se dá as cargas negativas e as positivas.

R: É possível carregar o papel laminado ou a placa de Al com cargas positivas ou negativas. Cargas negativas são obtidas com excesso de elétrons e as positivas com falta de elétrons. Para compreender como obter essas cargas utilizaremos a série tribo elétrica, estudada inicialmente por Benjamin Franklin. Nesta série encontraremos materiais ordenados em uma escala decrescente de tendência em perder elétrons: 1 - Carregados positivamente (maior tendência de perder elétrons): pele humana seca, couro, pele de coelho, cabelo humano, acrílico e papel. 2 - Carregados negativamente (maior tendência de ganhar elétrons): teflon, PVC,



polietileno, isopor, poliéster e borracha. Por exemplo, podemos carregar negativamente um eletroscópio com tubo de PVC atritado com papel e positivamente com uma régua de acrílico atritado com papel. Portanto, podemos eletrizar um papel laminado ou placa de Al (devem estar isolados de quaisquer outros materiais condutores ou a terra) por contato ou por indução com aterramento. Se a eletrização for por contato, o papel laminado ou placa de alumínio fica com o mesmo sinal da carga do material eletrizado. Se a eletrização for por indução com aterramento, os sinais das cargas serão opostos.

8) Porque em contato com nosso corpo o papel laminado eletrizado ou placa de Al torna-se neutro? Qual o papel que o nosso corpo assume nessa descarga?

R: Como a quantidade de cargas nestes materiais eletrizados é muito pequena comparada com as cargas num fio condutor ligado à rede elétrica, o nosso corpo pode servir como um bom fio terra. A terra é um absorvedor ou fornecedor de cargas e serve para neutralizar corpos eletrizados. Por exemplo, se um corpo estiver carregado negativamente (excesso de elétrons), a terra irá absorver estes elétrons em excesso. Caso o corpo esteja carregado positivamente (falta de elétrons), a terra irá fornecer elétrons para descarregar o corpo eletrizado. Podemos considerar o planeta Terra como sendo um grande reservatório de cargas, podendo neutralizar grandes quantidades de cargas.

9) Resuma o efeito fotoelétrico considerando o experimento.

R: Um eletroscópio carregado negativamente, utilizando os procedimentos já descritos anteriormente, será descarregado por meio de radiação ultravioleta, fornecida por uma lâmpada de Hg. Caso o eletroscópio esteja eletrizado positivamente, ele não será descarregado por meio desta mesma radiação ultravioleta. Para que ocorra o efeito fotoelétrico, o fóton incidente no metal deverá ter uma energia mínima suficiente para “arrancar” o elétron do metal. Esta energia mínima depende do metal e é chamado de função de trabalho.

10) Qual a região de energia (ou frequência) da radiação eletromagnética que está envolvida no efeito fotoelétrico? Descreva os diferentes tipos de radiação eletromagnética.

R: A região de energia (ou frequência) da radiação eletromagnética que está envolvida no efeito fotoelétrico é geralmente a radiação ultravioleta. Existem vários tipos de radiações eletromagnéticas, apenas uma pequena parte do espectro pode ser visível a olho nu. As radiações eletromagnéticas diferem no comprimento de onda ou frequência. O espectro eletromagnético ordenado desde baixas a altas frequências é aproximadamente dado pelas radiações: rádio, micro-ondas, infravermelho, visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

11) Descreva a teoria Clássica da luz.

R: A teoria clássica da luz considera que a luz se comporta sempre como ondas e que a energia, que essas carregam, só dependeria de sua amplitude ou intensidade.

12) Explique a relevância da teoria de Einstein que fundamenta e subsidia a teoria corpuscular da luz.

R: Para Einstein a luz deveria se comportar como partícula para que a constatação observacional da presença de uma frequência limite da radiação da retirada de elétrons de uma superfície metálica fizesse sentido. Isto é, a luz deveria estar concentrada no espaço na forma de pacotes e que a energia desse pacote dependesse somente da frequência. Como complemento, a amplitude (intensidade) da luz daria a quantidade desses pacotes e não a energia de cada pacote.

13) Descreva experimentos simples que poderiam fundamentar o efeito fotoelétrico?

R: Diversos experimentos são possíveis, os principais se baseiam na construção de eletroscópios. Existem diversos modelos de eletroscópios utilizando

lâminas finas de Al que podem ser montados dentro de recipientes (Figura 3.6) ou mesmo ao “ar livre” (Figura 3.5). Células fotoelétricas ou fotocélulas comerciais também podem ser utilizadas para ilustrar o fenômeno.

14) O que acontece quando se irradia luz ultravioleta sobre o papel laminado ou placa de Al carregado? Explique.

R: A luz ultravioleta incidindo na superfície metálica (metal eletrizado) poderá retirar elétrons se esses estiverem em excesso. Esses elétrons serão ejetados e “absorvidos” pelas moléculas da atmosfera. Caso o Al ou o papel laminado estiver carregado positivamente (com falta de elétrons), não serão observadas descargas no eletroscópio, pois não há como neutralizar o eletroscópio com a retirada de mais elétrons.

15) O que aconteceria com a descarga se trocasse a fonte luminosa (por exemplo, incandescente, fluorescente ou LED)?

R: As fontes luminosas citadas poderiam não apresentar radiação eletromagnética com energia necessária para proporcionar a foto-emissão dos elétrons da superfície metálica.

16) Quais metais poderiam ser utilizados para se observar o efeito fotoelétrico? Qual a fonte de radiação eletromagnética, necessária para promover o efeito fotoelétrico, depende do metal?

R: Todos, ressaltando que para cada metal existe uma frequência mínima e necessária para que o elétron seja removido do metal. Radiação visível pode descarregar metais alcalinos e alcalinos terrosos, para os demais metais é necessária radiação na região do ultravioleta.

17) Qual seria a interpretação Clássica para o efeito fotoelétrico? Quais são as principais falhas dessa?

R: Para a teoria clássica do experimento do efeito fotoelétrico, a luz deveria se comportar como ondas. Como nessa descrição (clássica) a energia da luz estaria essencialmente relacionada à amplitude (intensidade) desta, então qualquer radiação poderia arrancar elétrons de uma superfície, bastando para isso somente acumular energia suficiente. Entretanto, se observa a existência de uma frequência limite da radiação para retirar elétrons de uma superfície metálica. Se esse limiar de frequência não é atingido, o aumento de intensidade da luz não provoca a emissão de elétrons. Acima desse limiar de frequência o aumento de intensidade (amplitude) da luz faz aumentar o número de elétrons ejetados (corrente elétrica). Essas observações contradizem a visão clássica da luz.

18) O que é a função trabalho ( $\phi$ ) do metal?

R: A função trabalho é a energia mínima necessária para remover um elétron de um metal.

#### **4.3. - EXPERIMENTO – ESPECTRO ATÔMICO**

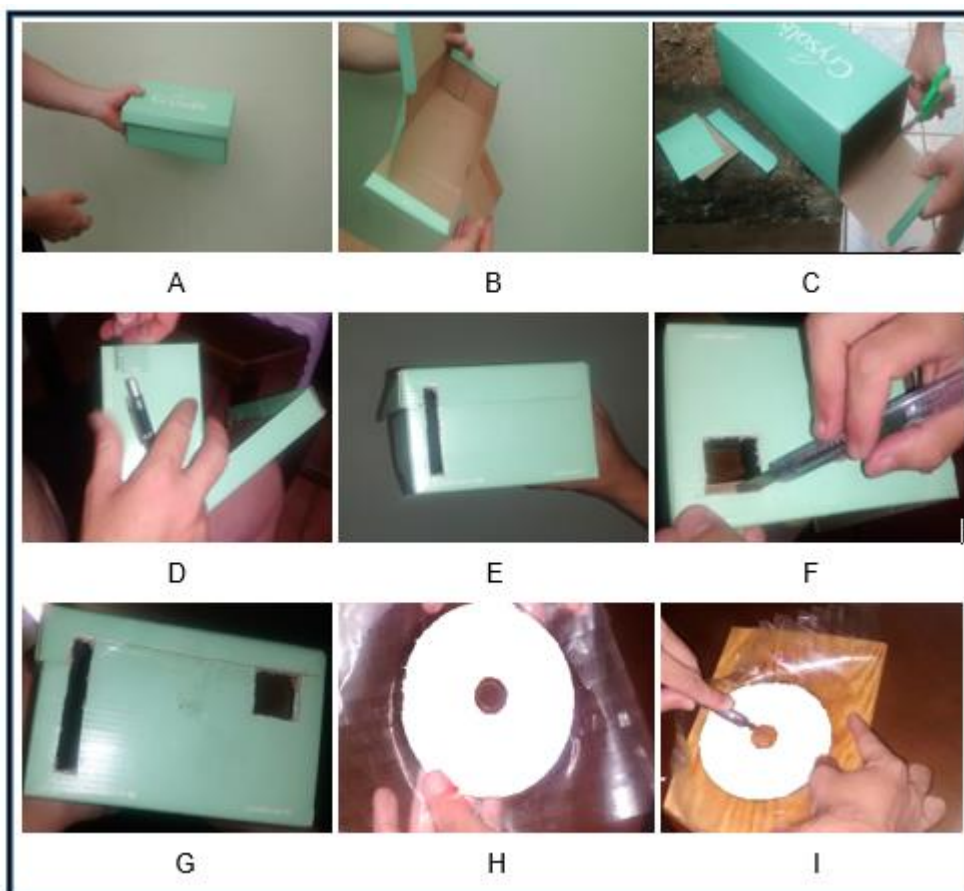
Vejamos os materiais e a montagem do experimento Espectro Atômico que estão descritos abaixo e com o passo a passo para sua confecção.

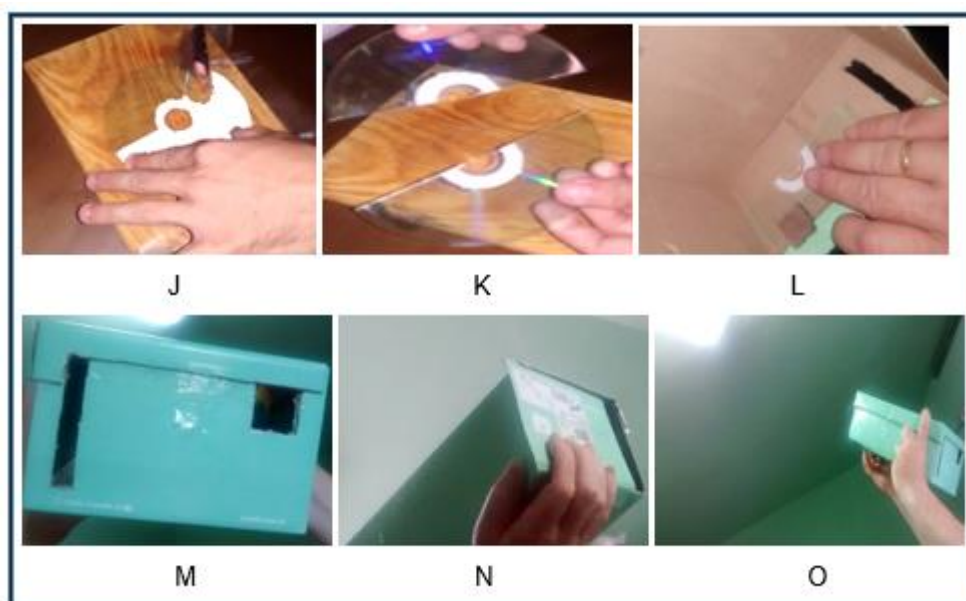
##### **Materiais:**

- 1 caixa de papelão
- 1 disco compacto - CD
- 1 Lâmina para cortar
- 1 Fita adesiva
- 1 Régua

## Montagem

FIGURA 4.4 - Experimento de Espectro Atômico utilizando materiais recicláveis.





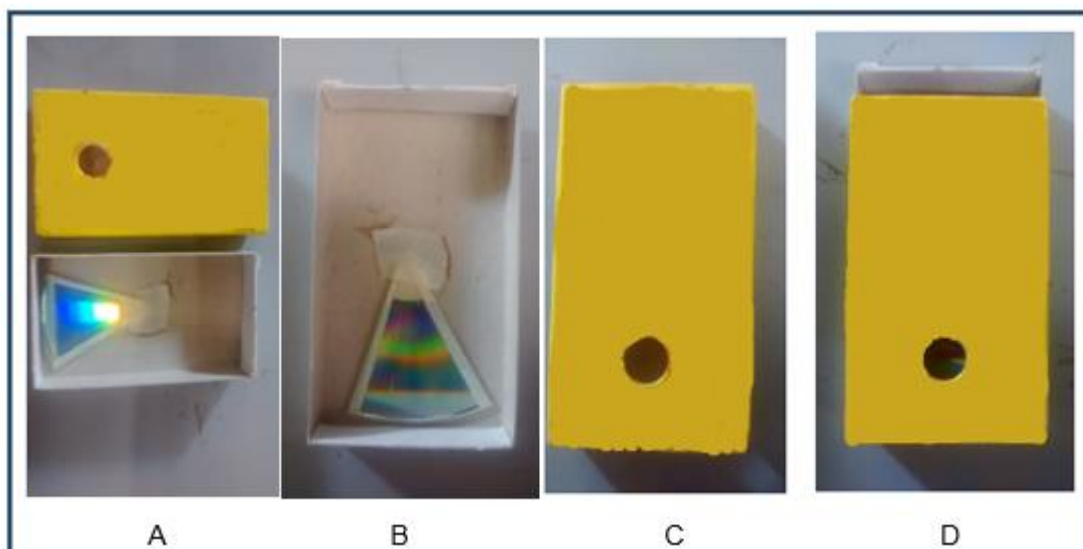
Fonte: Próprio autor.

- A** - Caixa a ser utilizada no experimento.
- B** - Extremidades da caixa que serão cortadas.
- C** - Cortando as extremidades.
- D** - Espaço de 1,5 cm da margem da caixa, para realizar o corte de 1,0 cm de largura por 7,0 cm de comprimento.
- E** - Modo ao qual o corte de 1,0 cm por 7,0 cm, deve ficar.
- F** - Cortando um quadrado de 2,5 cm.
- G** - Modo ao qual deve ficar os cortes realizados.
- H** - Fita adesiva colada sobre toda a superfície com o logotipo do CD.
- I** - Corte com o estilete, para retirar o logotipo do CD.
- J** - Puxando a fita adesiva para retirar o logotipo do CD.
- K** - CD cortado ao meio sem o logotipo.
- L** - Parte do CD fixada na parte interna da caixa, sobre o quadrado de 2,5 cm.
- M** - Lado da caixa com os cortes e parte do CD já anexada ao interior do quadrado de 2,5cm.
- N** - Regulador móvel da entrada de luz, feito com uma das sobras da caixa.
- O** - Experimento pronto e sendo utilizado.

## Procedimento

Aponte para uma fonte de luz o lado que possui o regulador móvel, de forma que apenas um feixe passe através do mesmo (não apontar diretamente para o sol, pois pode prejudicar a visão), como mostra as figuras 14 e 15. Olhe, no outro lado da caixa, através do quadrado previamente feito e será possível observar a formação de espectros, originários da refração da luz captada. Uma fonte usual seria uma lâmpada fluorescente que contém vapor de mercúrio (Hg). Os átomos de Hg excitados emitem linhas específicas de radiação que podem ser separadas e analisadas.

FIGURA 4.5 - Experimento alternativo para observação de Espectro Atômico utilizando materiais recicláveis.





**Fonte:** (Cláudio Hiroyuki Furukawa (USP/UNIFIEO)).

**A** - Caixa de fósforos com um furo próximo da extremidade, e na outra parte da caixa um pedaço de CD fixado com uma fita adesiva.

**B** - Observando a fixação do CD na caixa.



**C** - Caixa de fósforos fechada com o furo.

**D** - Caixa de fósforos com uma pequena abertura. Observa-se que o CD está posicionado do lado do furo da caixa.

**E** - Protótipo para observar o experimento.

**F**- Parte inferior do equipamento com um espelho inclinado (aproximadamente 45°) dentro do mesmo.

**G**- Parafusos para fixar o suporte interno, e o mesmo é colado no espelho.

**H**- Orifício para observar o experimento.

**I** - Equipamento sem a parte inferior com um corte para que o mesmo seja encaixado e não atrapalhe o espelho que estará posicionado.

**J** - Na parte inferior do equipamento abaixo do corte, foi colocado internamente um papel preto com uma fenda.

**K** - Parte superior do equipamento onde se observa a fenda.

**L** - Observando a fenda internamente.

**M** - Cano cilíndrico sem a parte superior e a inferior.

**N** - Posição para utilizar o protótipo.

## **Procedimento**

É só posicionar em direção a luz e aproximar seu olho ao visor.

(Aconselhamos não posicionar em direção ao Sol, e de lâmpadas UV, pois poderá acarretar danos para sua visão).

### **4.3.1. - ALGUMAS PERGUNTAS COM RESPOSTA REFERENTE AO EXPERIMENTO ESPECTRO ATÔMICO:**

1) O que é luz?

R: A luz é formada por campos eletromagnéticos oscilantes com determinada frequência (f). A luz se propaga no vácuo e na matéria. Um campo

eletromagnético é formado por um campo elétrico oscilando (com frequência  $f$ ) perpendicularmente a um campo magnético também oscilante, que se propagam a velocidade aproximada de  $3 \times 10^8 \text{ m/s}$  no vácuo. Esse campo pode ter comportamento de onda ou também condensado em pacotes denominados fótons dependendo de como interage com a matéria. Disso trataremos durante esses experimentos.

2) O que é refração? Dê exemplos.

R: É um fenômeno ótico, que se refere à mudança da velocidade da luz devido ao meio onde ele se propaga, por exemplo, ar e água. O índice de refração ( $n$ ) dá a medida do efeito de refração,  $n=1$  para o vácuo e  $n=1,3$  para a água, ou seja, na água a velocidade da luz é  $1/1,3$  menor que no vácuo. Esse índice também depende da frequência ( $f$ ) da luz, quanto maior a  $f$ , maior  $n$ .

3) Como se dá refração da luz nas gotas de água das nuvens para dar origem ao arco-íris?

R: A luz “branca” do Sol, composta por ondas eletromagnéticas de diferentes frequências, incide nas gotas de água. Devido ao fenômeno de refração essa luz se decompõe em infinitas “cores” sendo visível a olho nu apenas algumas. As cores com maiores frequências refratam mais. Por exemplo, a luz azul refrata mais que a luz amarela, por isso a separação das cores se torna possível.

4) Qual é a fonte de radiação (luz) que forma o arco-íris?

R: É a radiação emitida pelo Sol gerada pelo aquecimento do plasma solar por meio de reações de fusão nuclear. A superfície do Sol tem uma temperatura de aproximadamente  $5800\text{K}$  e emite um espectro de um corpo aquecido a essa temperatura, análogo a um filamento de uma lâmpada incandescente.

5) Quais as cores que mais refratam? E as que menos refratam?

R: Dentro do espectro visível da luz do Sol a que mais se refrata é a violeta e a que menos se refrata é a vermelha.

6) Porque o “céu” é azul quando observado sob a atmosfera da Terra?

R: O céu é azul pelo fenômeno do espalhamento (ou espalhamento de Rayleigh) da luz branca. O espalhamento ocorre quando as partículas que espalham a luz têm dimensões menores que o comprimento de onda da luz espalhada. O espalhamento na atmosfera ocorre preferencialmente em frequências elevadas ( $\sim \lambda^{-4}$ ). A cor mais espalhada é a violeta, mas como existe mais campo eletromagnético no espectro solar com frequência correspondente ao azul (do que a violeta) e nossa visão é mais sensível ao azul, então o azul acaba dominando. Se o Sol fosse mais quente o “céu” teria um tom mais violáceo e se fosse mais fria o “céu” seria mais esverdeado.

7) Porque o pôr do Sol é avermelhado?

R: No pôr do Sol, observamos a radiação de coloração avermelhada, pois essas são as menos espalhadas pelas partículas da atmosfera que têm dimensões menores que o comprimento de onda da radiação. Devido ao arranjo geométrico entre o Sol e nossa vista, observamos mais pronunciadamente os raios de luz correspondentes à cor vermelha (com maior comprimento de onda) da região do espectro visível uma vez que as cores de menores comprimentos de onda são mais espalhadas e chegam menos às nossas vistas. A radiação menos espalhada seria aquela da região do infravermelho, mas essa não enxergamos.

8) Um corpo aquecido emite radiação que pode ser visível, por exemplo, o Sol. A luz do Sol quando decomposta (refratada) dá origem ao arco-íris, que possui um contínuo de cores denominado espectro contínuo. Seria possível quantificar visualmente quantas cores formam o arco-íris?

R: As cores são infinitas, na região visível do espectro da luz solar conseguimos classificar aproximadamente sete sub-regiões contínuas

caracterizadas pelas cores principais: violeta, anil, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho.

9) Qual a relação que existe entre a luz do Sol e a luz de uma lâmpada incandescente?

R: Ambas as fontes são de origem térmicas que irradiam campos eletromagnéticos com espectros contínuos. Esses corpos aquecidos também podem ser denominados de corpos negros. A fonte de aquecimento do Sol se deve à fusão nuclear e do filamento é devido ao efeito Joule com origem na movimentação dos elétrons proporcionada por corrente elétrica.

10) a) O que é um espectro?

b) Qual a diferença entre um espectro contínuo e um discreto (linhas)?

c) Como é o espectro da luz de uma lâmpada fluorescente comum (com a camada de substância fluorescente)?

d) Como seria o espectro da luz dessa lâmpada sem a camada da substância fluorescente, ou seja, de uma lâmpada (ultravioleta) de mercúrio?

e) Como se origina a luz de uma lâmpada de LED ou da tela de computador?

R: a) Um espectro pode ser contínuo é emitido por um corpo incandescente, como discutido anteriormente, ou discreto, por exemplo, emitido por um átomo. Baseado no modelo atômico de Bohr, transições entre os níveis de energia podem ocorrer. Se houver decaimento de um nível de mais alta energia para um de mais baixa energia, um espectro (de emissão) discreto pode surgir devido a emissão de radiação eletromagnética de frequência  $f = \Delta E/h$ , onde o  $f$  representa a frequência da radiação,  $\Delta E$  indica a diferença da energia entre os níveis que

corresponde a transição de um fóton e  $h$  é a constante de Planck. ( $6,626069 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ ).

R: b) O espectro contínuo é emitido por um corpo aquecido, exemplo: uma lâmpada incandescente (filamento aquecido) e o Sol. O espectro discreto (absorção e emissão) é específico para cada átomo, pois os átomos apresentam transições diferentes entre seus níveis de energia. Um espectro contínuo, não contém “falhas” no espectro. Um espectro discreto, contém interrupções, por exemplo, espectros formados por linhas de emissão.

R: c) O espectro de uma lâmpada fluorescente é contínuo devido à emissão de fluorescência pela substância a base de fósforo (clorofluorofosfato de cálcio) a fonte da radiação discreta é o mercúrio, que emite na região do ultravioleta, e essa é absorvida pela substância que fluoresce (tungstato de magnésio ou silicato de zinco).

R: d) Apresentaria as linhas típicas do elemento mercúrio na forma de um espectro discreto. Tal espectro contém algumas linhas na região do visível, mas a maior parte da radiação está na região do ultravioleta.

R: e) A luz da lâmpada de LED é proveniente de um componente eletrônico semiconductor (diodo), que tem a função de transformar energia elétrica em luz. Isso acontece devido à transição entre os níveis de energia [decaimento da banda de condução (estado excitado) para a banda de valência (estado fundamental) com liberação na forma de luz da energia absorvida.

11) Qual o seu entendimento sobre o átomo?

R: A partir dos estudos da atomística hoje conhecemos o átomo como: É um conjunto de partículas microscópicas, que possui um núcleo denso composto por prótons (carga positiva) e nêutrons (sem carga), e uma eletrosfera (caracterizada por meio de camadas ou níveis de energia) formada por elétrons (carga negativa) orbitando o núcleo. Classicamente podemos comparar o átomo como um modelo

planetário. Na tabela Periódica percebe-se indiretamente a estrutura atômica por meio de propriedades periódicas. As periodicidades são governadas pela distribuição dos elétrons na eletrosfera.

12) Descreva o modelo de Bohr para o átomo de hidrogênio?

R: Bohr construiu um modelo do átomo de hidrogênio constituído por um núcleo, o próton, e um elétron orbitando esse núcleo percorrendo órbitas circulares com energias bem definidas. A diferença entre as energias dessas órbitas concordava com os espectros de emissão e absorção obtidos experimentalmente para o átomo de hidrogênio. Segundo o modelo de Bohr o elétron passaria de uma órbita (nível de energia) para outra somente se uma quantidade específica de energia (quantum) fosse absorvida ou emitida.

13) Após compreensão das questões anteriores responda: o que é um espectro atômico?

R: É um conjunto de transições estabelecidas entre os níveis de energia de um átomo, que se caracteriza por um espectro discreto, que são distintos para cada átomo.

14) No experimento do espectro atômico, qual é o elemento químico envolvido e como se dá o processo da emissão de radiação?

R: No experimento do espectro atômico, o elemento químico é o mercúrio. A radiação eletromagnética emitida pelo átomo de mercúrio, que foi excitado por elétrons emitido por um pequeno filamento da lâmpada, é absorvida pela substância fluorescente. Essa substância emite uma luz visível contínua resultante do processo de fluorescência.

15) No experimento do espectro atômico, explique as cores das linhas (na região do visível). O que elas significam?

R: As cores das linhas estão relacionadas a cada transição entre os níveis de energia do átomo de mercúrio. Cada transição tem uma radiação característica e, portanto, uma cor.

16) Os espectros atômicos são diferentes para átomos de diferentes elementos químicos?

R: Sim, pois cada átomo apresenta distintos níveis de energia. Portanto, as frequências associadas a cada transição são distintas para átomos de diferentes elementos.

17) Como os átomos pertencentes a diferentes elementos químicos diferem em termos de luz (espectro) emitida?

R: Átomos diferem em seus níveis de energias e, portanto, a luz emitida também difere.

18) Quais os elementos da tabela periódica podem ser utilizados para gerar um espectro atômico?

R: Todos os elementos químicos da tabela periódica podem originar espectros e esses são distintos.

19) Sabemos que cada elemento químico tem seu próprio espectro de raias. Desta forma, a observação das raias (linhas) luminosas poderia ser utilizada para determinar elementos químicos e misturas de elementos químicos?

R: Sim, pois através destes espectros conseguimos identificar os elementos químicos que compõe uma mistura. Isso ocorre porque os átomos de cada elemento possuem um espectro atômico próprio. Dessa forma, analisando a luz emitida e decompondo o espectro, pode-se identificar os elementos que a originou.

20) Como a luz pode viajar longos trechos no espaço “vazio”, podemos decompor essa luz para estudar estrelas, nuvens interestelares, galáxias, etc? Quais informações poderiam ser obtidas com o estudo dessa luz?

R: Sim. Através do espectro de transições eletrônicas, podemos definir a composição atômica (estrelas) e molecular (nuvens interestelares). A partir do espectro de corpo negro podemos inferir a temperatura; a partir do efeito Doppler medido nos espectros pode-se determinar a velocidade e a distância, por exemplo.

21) Explique como ocorre o processo de excitação dos átomos.

R: Os elétrons do átomo absorvem energia de uma fonte externa, dessa forma sai de seu estado fundamental (de mais baixa energia), passando para o estado de excitação (mais energético). Há o deslocamento dos elétrons em diferentes órbitas e, ao retornarem, emitem luz na forma de radiação (fóton). No caso particular da lâmpada de mercúrio, o bombardeio de elétrons emitido por um filamento da lâmpada excita os átomos de Hg por meio de colisões.

22) Qual a diferença entre linhas de emissão e de absorção?

R: Linhas de absorção são observadas quando um átomo absorve fótons, e seus elétrons mudam de camadas saindo de um estado de mais baixa energia, para o estado fundamental, para um nível mais energético. Quando os elétrons retornam para sua camada de mais baixa energia, o sistema libera fótons, e é nesse caso que se pode observar linhas de emissão.

23) Como varia a sensibilidade visual entre os seres vivos? A visão humana é mais sensível em qual região do espectro eletromagnético? O que difere a nossa visão em relação aos demais animais? Descreva as regiões do espectro eletromagnético onde existe uma maior sensibilidade visual de animais como, por exemplo, répteis e aves.



R: Em função de fotorreceptores da retina, denominado cones ou bastonetes, a visão humana difere de outros animais. Os cones são os responsáveis pela identificação das cores, na visão humana são três (cujas regiões de sensibilidades são: azul, verde e vermelho; as demais cores são combinações que o cérebro faz e com isso conseguimos identificar outras cores) enquanto nos animais variam. Por exemplo, o gato e o cachorro têm dois tipos de cones (tendo uma melhor percepção nos bastonetes). As aves e os répteis apresentam quatro tipos de cones, os pombos apresentam cinco tipos de cones e um tipo de camarão (*Squilla mantis*) apresenta doze tipos de cones. Os humanos não conseguem ver a luz na região do ultravioleta próximo, mas alguns animais como cães, gatos, aves e moscas conseguem. Alguns répteis apresentam visão semelhante ao infravermelho, e detecta sua presa através da emissão de radiação na região do infravermelho decorrente da temperatura corporal da presa, o que facilitando a caça noturna.

24) Onde poderiam ser observados espectros atômicos (ou moleculares) no cotidiano? Explique.

R: Espectros estão presentes em vários processos envolvendo emissão de luz e radiação: luz do Sol e de estrelas, vários tipos de emissores de luz, essencialmente lâmpadas de descargas, chamadas em geral, raios de tempestades e fogos de artifícios.

25) O que é difração? Dê exemplos de difração com ondas luminosas e materiais.

R: É um fenômeno ondulatório que ocorre quando uma onda encontra um obstáculo. Ao encontrar o obstáculo, a onda tende a se curvar ou contornar em volta dele. Por exemplo, ao passar por um obstáculo com uma pequena abertura (fenda) a onda difrata nos dois lados da fenda criando outras duas frentes de onda. A interferência entre as duas frentes de ondas, que resultam da passagem pelas duas fendas, forma uma figura de difração, que podem ser observadas em um anteparo. Exemplos: a luz emitida por um laser, passando por duas fendas, irá formar uma figura de difração; essa mesma luz laser quando encontra um obstáculo

também pode sofrer o efeito de difração; ao jogar duas pedras simultaneamente (e próximas) em um lago observaremos interferência das frentes de ondas materiais (água) que se propagam.

26) Exemplifique um aparato para observar um espectro atômico baseado no fenômeno de difração? Explique a função da fenda?

R: No experimento, utilizamos um CD ou DVD como uma rede de difração. As linhas (quase paralelas) impressas no CD ou DVD funcionam como uma rede de difração. A separação dos picos de interferência, devida à difração, depende do comprimento de onda da luz. Desta forma, podemos decompor a luz em diferentes comprimentos de onda e observar espectros atômicos semelhante àquele que observamos com um prisma.

27) Qual a relação entre o fenômeno da difração e o tamanho da fenda ou obstáculo? Explique.

R: O tamanho das fendas ou dos obstáculos deve ser da ordem do comprimento de onda para que ocorra o fenômeno da difração.

28) O que é uma rede de difração? Como as linhas marcadas no CD ou DVD se comparam a uma rede de difração?

R: A rede de difração é formada por várias fendas (paralelas e de mesma largura) que difratam os raios da luz. Um CD ou DVD apresentam linhas aproximadamente paralelas que podem simular uma rede de difração.

#### **4.4. – PILHA DE VOLTA (TEMA COMPLEMENTAR)**

O foco deste trabalho é essencialmente apresentar propostas de forma científica respeitando os diferentes graus de conhecimento dos estudantes de

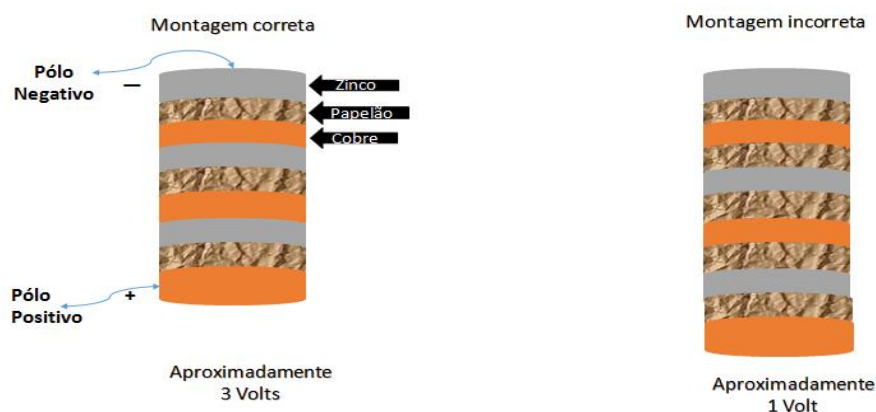
escolas públicas. Com isso gostaríamos aqui considerar um exemplo onde graves problemas aparecem na descrição de um sistema utilizado no aprendizado. Por exemplo, a descrição da pilha de Volta e dos modelos de Rutherford e de Bohr apresentam certas dificuldades de interpretação. Essas dificuldades advêm do fato de que muitas vezes essas são realizadas por meio de compilações de outras fontes sem um critério adequado, como pelo menos esmiuçar o que se reproduz. Um dos exemplos mais gritantes é aquele que descreve a Pilha de Volta. Apesar deste tema não ser um dos escolhidos para compor este trabalho, entende-se ser relevante destacar o mesmo devido à importância deste no conteúdo da disciplina de Química nas séries de Ensino Médio (fazendo parte da diretriz e parâmetros curriculares da disciplina de Química). Ou seja, nossos estudos não envolve a descrição da Pilha de Volta, mas tomaremos esse exemplo como uma forte motivação para se questionar o que se copia e se lê. Analisando alguns materiais didáticos e outras fontes de informações que descrevem a Pilha de Volta, pode-se observar que as informações sobre a construção desta estão na maioria das vezes esquematizadas de forma errônea. Veja abaixo a construção correta de uma pilha de Volta e de uma pilha incorreta encontrada na literatura:

## Pilha de Alessandro Volta

O Cientista Alessandro Giuseppe Antônio Anastásio Volta contribuiu imensamente no estudo da pilha, ele foi o pioneiro nesta área. Em 1800, utilizando reações de oxirredução, ele obteve uma transformação de energia química em energia elétrica utilizando metais distintos. Nesta reação ocorria a transferência de elétrons de um metal para outro obtendo assim uma corrente elétrica (ou fluxo de cargas) em um circuito externo, que poderia transferir energia para a realização de trabalho. A pilha de Volta ou pilha voltaica pode ser construída utilizando dois metais diferentes e intercalados. Por exemplo, a sequência: disco de cobre, disco de papelão embebido em uma solução salina, disco de zinco, disco de cobre, disco de papelão, disco de zinco, etc, ou seja,  $|\text{Cu}|p|\text{Zn}|\text{Cu}|p|\text{Zn}|...$ , sendo p o papelão (figura 4.6). Essa sequência iniciando por um metal e terminando com outro, formando uma coluna, recebe o nome de pilha de Volta. Se às extremidades da pilha forem ligadas um fio condutor externo pode-se observar o surgimento de uma corrente elétrica.

Podemos observar que em diversas fontes didáticas (apostilas, livros, sites na internet), que descreve, por meio de esquemas e desenhos, a Pilha de Volta, a sequência acima não é apresentada corretamente. Por exemplo, uma única célula da pilha pode ser representada por  $|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|$ , com voltagem aproximada de 1V com o polo positivo localizado no Cu e o negativo no Zn. Para se obter uma pilha de 2V, deve-se combinar duas células em série como  $|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|$ , para 3V tem-se  $|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|$ . A descrição incorreta para duas células normalmente é apresentada como  $|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|\text{p}|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|$ . Note que sistemas como  $|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|\text{p}|\text{Cu}|$  ou  $|\text{Zn}|\text{p}|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|$  têm potencial nulo, pois o potencial da primeira célula é cancelado pela segunda. Ou seja, a pilha, iniciada por um metal e terminada por outro como  $|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|\text{p}|\text{Cu}|\text{p}|\text{Zn}|$ , construída dessa forma errônea, teria um potencial próximo de 1V independente do tamanho desta. Em contrapartida, a pilha construída de forma correta teria um potencial igual a  $nV$ , sendo  $n$  o número de células.

FIGURA 4.6 - Esquema das montagens correta e incorreta da Pilha de Volta.



Fonte: Próprio autor.

## CAPÍTULO 5 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta dissertação trata do desenvolvimento e aplicação de experimentos de Física e Química em sala de aula, nas diversas esferas que compõe a educação como Ensino Fundamental (ciclo II), Ensino Médio e Ensino Superior.

Para o desenvolvimento desses experimentos utilizou-se materiais cotidianos e/ou recicláveis com a finalidade de torna-lo mais acessíveis e auxiliar no desenvolvimento de metodologias de ensino, associadas aos temas de que essas tratam. A grande quantidade de autores que trabalham com a temática da utilização de experimentos em sala de aula, vem a fundamentar e comprovar a eficácia e benefícios que tal metodologia didática pode trazer.

Foram desenvolvidos experimentos com conteúdos teóricos, trabalhados em sala de aula, contemplados na legislação vigente. Tais experimentos permitem trabalhar as habilidades e competências necessárias, assim como trabalho em equipe, contextualização do conteúdo, adaptação de materiais, aplicabilidade da teoria, dentre outros.

A diversificação da metodologia de ensino contribui para que as aulas, com conteúdos de Física e Química, se tornem mais prazerosas e dinâmicas tanto para os docentes quanto para os alunos. Desta forma aumenta-se a interação das partes envolvidas e fomenta-se o aprendizado.

Os experimentos demonstrativos foram realizados em caráter observatório com discentes, explicados previamente em sala de aula e aplicados em laboratório na mesma, incentivaram os alunos a se interessarem pelo conteúdo e aumentou a participação nas aulas de Química e Física. Tal atitude se deveu – segundo observações – ao fato de os mesmos desenvolverem a capacidade de correlacionar a teoria na prática através da utilização da experimentação.

Os conteúdos trabalhados neste foram selecionados segundo a Diretriz Curricular do Estado de São Paulo em conformidade com a legislação vigente para as disciplinas de Química e Física. Porém, vale ressaltar que, os temas: Espectro Atômico e Efeito Fotoelétrico, por serem mais elaborados que outros trabalhados nas respectivas séries, não apresentam nos materiais disponibilizados pela rede explicações suficientemente satisfatórias para a compreensão dos alunos.

Paralelamente, desenvolveu-se com tal trabalho uma desmistificação da Física Quântica, pois através das explicações e discussões sobre os

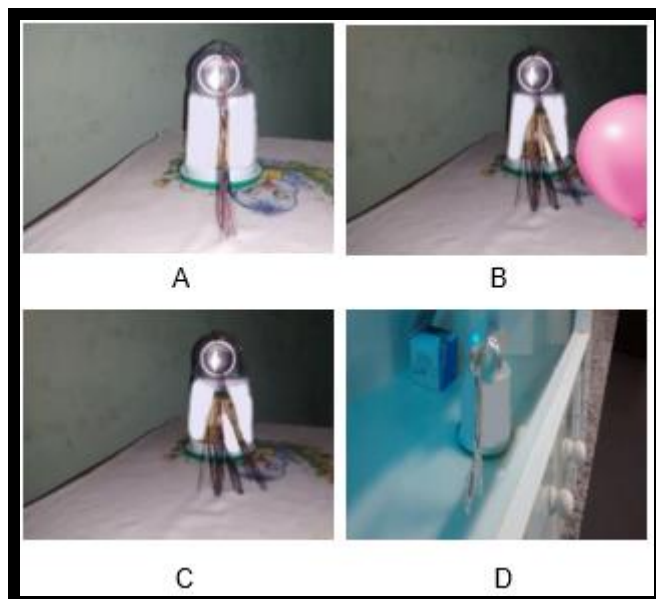
experimentos mostra-se para os alunos que a mesma não é “impossível” de se aprender, como o senso comum normalmente afirma.

Em termos de resultados qualitativos, a ativa participação (com questionamentos, interesse de participação no processo e exposição do que foi aprendido), dos discentes durante todo o processo desenvolvido, demonstra que a metodologia didática por essa pesquisa realizada traz sim benefícios para o processo de aprendizagem e consegue desenvolver uma aproximação do aluno para com o conteúdo, melhora a relação professor-aluno, e a interação entre os discentes, e com isto, desenvolver o espírito crítico e de pesquisa.

Dois pontos são importantes nesse trabalho: 1) A realização dos experimentos por meio de confecção própria por parte dos estudantes, que proporciona um melhor entendimento do processo estudado. Na construção pode-se observar a importância e finalidade de cada material utilizado o que favorece o aprendizado; 2) O questionário foi elaborado em função de dúvidas que surgiram durante a realização dos experimentos confrontadas com as explicações que a maioria dos livros didáticos apresenta. O questionário é uma forma de roteiro que vai detalhando, de forma didática e científica, os diversos conceitos que permeiam os experimentos. Diversas outras perguntas, diferentes daquelas apresentadas no questionário, podem surgir e é isso exatamente o que se deve incentivar.

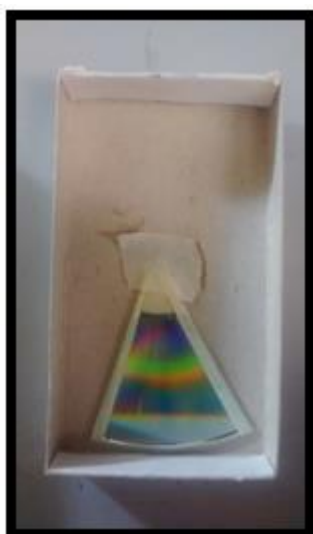
A experimentação foi realizada em caráter de observação, e com isso, podemos analisar algumas figuras que apresentam os resultados adquiridos dos experimentos: Efeito Fotoelétrico e Espectro Atômico conforme desejado. Notemos:

FIGURA 5.1 – Espectroscópio.



Para o Efeito Fotoelétrico, as figuras A, B, C e D estão representados os resultados do funcionamento com este espectroscópio, sendo que o mesmo necessita de um tempo seco para que possa ter um bom funcionamento.

FIGURA 5.2 – Espectro Atômico.



Para o Espectro Atômico, podemos observar que o próprio “CD” já nos representa um espectro contínuo, sendo bem eficaz para o entendimento do experimento.

Ressalta-se que para a realização deste, utilizou-se a experimentação como caráter de observação e analítico, conseguindo, a partir dessas constatar possíveis benefícios como por exemplo, a compreensão da estrutura atômica, espectroscopia, radiação eletromagnética e outros que auxiliam na metodologia então aplicada.

Os experimentos – Efeito Fotoelétrico e Espectro Atômico – demonstraram, de forma prática, o quanto a utilização de metodologias didáticas diversificadas - a exemplo da experimentação - podem auxiliar na compreensão dos fenômenos aplicados à tecnologia.

Destaca-se ainda que, partindo da metodologia didática proposta, possibilita-se um trabalho interdisciplinar (como por exemplo a descrição escrita dos dados observados, mensuração e variações quantitativas alteradas, aplicação na sociedade dos resultados, dentre outros) que fomenta a interação de disciplinas e auxiliam o discente participante a se expressar e compreender os fenômenos observados. Além disso, conforme destacado como um dos objetivos, busca-se desenvolver paralelamente uma correlação entre a teoria aprendida e o cotidiano do aluno, tornando o aprendizado algo significativo e, logo, compreensível.



## **CAPÍTULO 6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No processo ensino-aprendizagem, a pesquisa propôs a confecção de experimentos para motivar os estudantes a uma melhor participação e interação com as disciplinas, física e química, e com isto, obter maior interesse pelos assuntos relacionados a ciências.

Destaca-se que o roteiro de experimentos elaborados e propostos, proporcionou praticidade nos métodos pedagógicos, diminuindo as dificuldades que os alunos apresentavam para compreender os conteúdos e incentivar os mesmos a participar mais ativamente das aulas.

Vale ressaltar que, em relação a confecção dos experimentos pelos alunos, os mesmos foram confeccionados com materiais recicláveis ou de baixo custo – de preferência encontrados no cotidiano dos mesmos – e estão no currículo das Ciências, Tecnologias, Sociedade e Ambiente; pois essa temática desperta a consciência ambiental nos alunos, tema esse destacado nas diretrizes educacionais.

A respeito dos conceitos da Física Quântica, pode-se dizer que por meio dos experimentos básicos sobre os Tópicos, Efeito Fotoelétrico e Espectro Atômico por este apresentado, se facilitou a compreensão da mesma.

Através dos esclarecimentos e discussões realizadas com os alunos após a realização dos experimentos, constatou-se também um enriquecimento na aprendizagem dos conteúdos da Física e da Química.

Ao contrário do que muitos docentes afirmam que o conteúdo mais elaborado não deve ser explicado em níveis de ensino menos avançado (séries básicas), através dos argumentos apresentados pelos alunos, ficou evidenciado que apesar do conteúdo ser não comumente tratado, os mesmos conseguiram interpretar de forma científica os fenômenos ocorridos durante a realização dos experimentos.

Quanto a participação dos estudantes nas aulas, constatou-se um maior interesse e atenção dos mesmos, justificando-se assim a utilização de intervenções práticas (como a experimentação, que foi tema deste), auxiliando na

aprendizagem da teoria, pois assim aumenta-se também a possibilidade de resultados mais satisfatórios.

## CAPÍTULO 7 – REFERÊNCIAS

AMARAL, Luciano do. Trabalhos práticos de química. São Paulo, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio; bases legais. Brasília: MEC/SEMTEC, 1999. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/BasesLegais.pdf>. Acesso em: 30 de janeiro de 2019.

BUENO, L., MOREIA, K. D. C., SOARES, M., DANTAS, D. J., WIEZZEL, A. C., e TEIXEIRA, M. F. . O ensino de química por meio de atividades experimentais: a realidade do ensino nas escolas. Segundo Encontro do Núcleo de Ensino de Presidente Prudente. São Paulo: Universidade Estadual Paulista-Publicações, 2008. Disponível em: <http://www.unesp.br/prograd/ENNEP/Trabalhos%20em%20pdf%20-%20Encontro%20de%20Ensino/T4.pdf>. Acesso em: 30 de janeiro de 2019.

CACHAPUZ, A. F., Perspectivas de Ensino. org. Antônio. F. Cachapuz. 1º ed. Centro de Estudos de Educação em Ciências (CEEC) - Porto: 2000.

CARDOSO, Sheila Pressentin; COLINVAUX, Dominique. Explorando a motivação para estudar química. Química Nova, v. 23, n. 3, p. 401-404, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v23n3/2827.pdf>. Acesso em: 30 de janeiro de 2019.

COLLARES, Cecilia Azevedo Lima. Ajudando a desmistificar o fracasso escolar. São Paulo: FDE, 1992.

DA SILVA, Airton Marques. Proposta para tornar o ensino de química mais atraente. Revista de química industrial, n. 731, p. 2, 2011.

DE CAMPOS VALADARES, Eduardo; MOREIRA, Alysso Magalhães. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 15, n. 2, p. 121, 1998. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6896/7584>. Acesso em: 30 de janeiro de 2019.

DO ENSINO MÉDIO, Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza. Matemática e suas Tecnologias, MEC, 2002.

EISBERG, R.; RESNICK, R., Física Quântica, Editora Campus, 1994.

MARCONI, Dilma M. O.; BRIGHENTE, Inês M. C.; SOUZA, Teresa C. R. de. Utilização de aulas experimentais como recurso instrucional. In: Anais da 23a Reunião anual da sociedade Brasileira de química. Poços de Caldas, 2000.

MÉDIO, PARA O. ENSINO. Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e, 2015. Disponível: <http://escolas.educacao.ba.gov.br/system/files/private/midioteca/documentos/2016/orientacoes-gerais-ac3.pdf>.

MONTEIRO, Luiz Henrique Alves. Sistemas dinâmicos. Editora Livraria da Física, 2006.

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

NICOLIS, G.; PRIGOGINE, I., Self-Organization in Nonequilibrium Systems, New York: John Wiley & Sons, v.1, p. 300, 1976.

OLIVEIRA, Marcio A. D.; Utilização de atividades contextualizadas: Uma Perspectiva de Aprimoramento de Competências para o Ensino da Química de Polímeros- PET / São Carlos: UFSCar, 2016.

SALA, Oswaldo. Uma introdução a espectroscopia atômica – o átomo de hidrogênio. QUIMICA NOVA, v. 30, n. 7, p. 1773, 2007. Disponível em: <http://submission.quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2007/vol30n7/47-ED06381.pdf>. Acesso em: 30 de janeiro de 2019.

SILVA, Luciene Fernanda da; ASSIS, Alice. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, p. 313-324, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/134989>. Acesso em: 30 de janeiro de 2019.

TAKASE, Iracema et al. A geração química de vapor em espectrometria atômica. Química Nova, v. 25, n. 6/B, p. 1132-1144, 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/qn/v25n6b/13129.pdf>. Acesso em: 30 de janeiro de 2019.