

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE NACIONAL**

REGIANI NATALLI AZEVEDO

**APLICAÇÃO DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES ENVOLVENDO
FENÔMENOS ÓPTICOS NO ENSINO MÉDIO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MEDIANEIRA

2019

REGIANI NATALLI AZEVEDO

**APLICAÇÃO DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES
ENVOLVENDO FENÔMENOS ÓPTICOS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de mestrado apresentada como requisito parcial para a obtenção do grau de mestre ao Curso de Mestrado Profissional em Química em rede nacional (PROFQUI) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Campus Medianeira.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Rodrigo Stival Bittencourt

Coorientadora: Professora Dr. Michelle Budke Costa

MEDIANEIRA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

A994a

Azevedo,Regiani Natalli

Aplicação de práticas interdisciplinares envolvendo fenômenos ópticos no ensino médio/Regiani Natalli Azevedo– 2019.

110f.: il.; 30 cm.

Orientador: Paulo Rodrigo Stival Bittencourt

Coorientadora: Michelle Budke Costa

Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional. Medianeira, 2019.

Inclui bibliografias.

1.Química- Experiências. 2.Abordagem interdisciplinar do conhecimento na educação. 3.Átomos – Modelos. 4. Química – Dissertações. I.Bittencourt,Paulo Rodrigo Stival, orient. II. Costa, Michelle Budke, coorient III.Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Química em Rede Nacional. IV. Título.

CDD: 540

Biblioteca Câmpus Medianeira
Marci Lucia Nicodem Fischborn CRB 9/1219



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE PRÁTICAS INTERDISCIPLINARES ENVOLVENDO FENÔMENOS ÓPTICOS

Por

REGIANI NATALLI AZEVEDO

Essa dissertação foi apresentada às 14 horas, do dia 09 de agosto de 2019, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia de Alimentos, Linha de Pesquisa _____, no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Alimentos - PPGTA, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O(A) candidato(a) foi arguido(a) pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Prof.Dr. Paulo Rodrigo Stival Bittencourt
(Orientador(a) – PROFQUI)

Prof. Dr.Eder Lisandro De Moraes Flores
(Membro Interno – PROFQUI)

Profa. Dra.Angela Claudia Rodrigues
(Membro Interno – PROFQUI)

Prof(a). Dr(a).Maria Das Graças Cleophas Porto
(Membro Externo – Unila)

* A via original com as assinaturas encontra-se na secretaria do programa.

DEDICATÓRIA

A todos os professores, que apesar dos percalços continuam acreditando na educação como agente transformador para um mundo melhor.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

À minha mãe Terezinha e ao meu pai Pedro (*in memoriam*), pelo amor incondicional, cuidados e dedicação,

Ao meu esposo Alcenor e meus filhos, Alisson e Alessandra, pelo incentivo, paciência e companheirismo nesta caminhada.

Ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (PROFQUI) e a Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), campus de Medianeira pelo acolhimento e contribuição para o meu desenvolvimento acadêmico.

Aos professores Eder Lisandro Flores, Angela Claudia Rodrigues, Daniel Walker Tondo, Jaime da Costa Cedran, Oldair Donizete Leite, Ana Cristina Trindade Cursino, Paulo Rodrigo S. Bittencourt e Michele Budke Costa pela dedicação e partilha de conhecimentos essenciais para o nosso crescimento profissional.

Agradeço especialmente aos professores orientadores Paulo Rodrigo Stival Bittencourt e Michelle Budke Costa pelo apoio, pela confiança depositada e pelo importante auxílio para a realização desta pesquisa.

A todos os meus amigos e colegas, Alexandra, Adriane, Mario, Souza, Leandro Rosar, Leandro e Leonardo que me incentivaram e deram suporte nos momentos mais difíceis.

Aos funcionários, direção, coordenação e alunos do Colégio Estadual do Campo Castelo Branco pela disponibilidade e apoio na aplicação da pesquisa.

À Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo apoio financeiro.

À todas as pessoas que de uma forma ou de outra contribuíram para a realização deste trabalho.

AZEVEDO, Regiani Natalli. Aplicação de práticas interdisciplinares envolvendo fenômenos ópticos no Ensino Médio. 2019. Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional Em Química Em Rede Nacional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná . Medianeira, 2019.

RESUMO

O presente trabalho, de modalidade qualitativa, teve como objetivo estudar a aplicação de uma sequência didática de natureza interdisciplinar para o ensino de conceitos relacionados à óptica, aproveitando os pressupostos da aprendizagem significativa e atividades experimentais. Química e física se complementam estudando o mesmo fenômeno dentro da especificidade de cada disciplina, porém quando abordados de forma isolada, pode haver dificuldade de compreensão pelo estudante. Assim o tratamento interdisciplinar do conhecimento se faz necessário de acordo com a Lei de Diretrizes e Bases e a Base Nacional Comum Curricular. As atividades com os alunos foram desenvolvidas em 6 etapas, onde foram estudados respectivamente, os conteúdos: reflexão e refração; modelo atômicos; modelo atômico de Bohr e o início da Física Quântica; fluorescência e fosforescência. Além de aulas expositivas, leituras, debates, produção de mapas mentais e conceituais e pesquisas, os estudantes foram divididos em quatro grupos para montagem, execução e apresentação de experimentos, os quais foram sugestionados e solicitados pelo professor. Posteriormente, os mesmos experimentos foram apresentados numa feira de Ciências. O desdobramento da sequência didática elencou vários conceitos comuns entre a Física e Química, reportou a importância da Ciência na compreensão dos fenômenos e no desenvolvimento de tecnologias, abordou questões ambientais e de saúde, que foram surgindo se integrando e concretizando a contextualização. O desenrolar do trabalho indicou que as atividades experimentais associadas às discussões, elaboração de hipóteses e análise de dados, dentro de uma problematização e de caráter investigativo, podem trazer integração entre os conteúdos estudados nas duas disciplinas aqui em destaque. Desta forma, a sequência didática pode ser considerada um material que tem potencial de desenvolver a aprendizagem significativa pela predisposição dos estudantes para aprender os conteúdos aplicados, atingindo os objetivos de diminuir o limiar entre a Química e a Física, e contextualizar demonstrando que o conhecimento adquirido na escola não está em dissonância com o cotidiano.

Palavras-chave: Atividades experimentais. Interdisciplinar. Óptica. Aprendizagem significativa.

AZEVEDO, Regiani Natalli. Application of interdisciplinary practices in optical processes in high school. Dissertação de Mestrado do Programa de Mestrado Profissional Em Química Em Rede Nacional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2019

ABSTRATC

This qualitative study aimed to study the application of an interdisciplinary didactic sequence for the teaching of concepts related to optics, taking advantage of the assumptions of learning and experimental activities. Chemistry and physics should complement the study or the same phenomenon within the specificity of each discipline, but when approached in isolation, there may be difficulty in understanding by the student. Thus, the interdisciplinary treatment of knowledge requires agreement with the Law of Guidelines and Bases and the Common Common Basic Curriculum. The activities with the students were developed in 6 stages, where they were studied respectively, the contents: reflection and refraction; atomic model; Bohr atomic model and beginning of quantum physics; fluorescence and phosphorescence. In addition to lectures, readings, debates, production of mind and concept maps and research, the students were divided into four groups for assembling, executing and presenting experiments, which were suggested and requested by the teacher. Subsequently, the same experiments were presented at a science fair. The unfolding of the didactic sequence listed several common concepts between physics and chemistry, reported the importance of science in the phenomena skills and the development of technologies, addressed environmental and health issues, which emerged integrating and concretizing a contextualization. The development of the work indicates how experimental activities related to discussions, hypothesis elaboration and data analysis, within a problematization and investigative character, can bring integration between the contents studied in the two disciplines highlighted here. Thus, a didactic sequence can be considered a material that has the potential to develop meaningful learning by students' willingness to learn content, achieving the goals of reduction or limitation between chemistry and physics and contextualizing demonstrating the knowledge acquired in school is not in place. dissonance with daily life.

Keywords: Experimental activities. Interdisciplinary. Optics. Meaningful learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 01 – REFLEXÃO E REFRAÇÃO.....	30
FIGURA 02 – MODELO ATÔMICO DE THOMSON.....	35
FIGURA 03 – EXPERIMENTO DE RUTHERFORD.....	36
FIGURA 04 – FORMAS DE REPRESENTAR OS NÍVEIS DE ENERGIA DO ÁTOMO DE HIDROGÊNIO.....	40
FIGURA 05 – ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	44
FIGURA 06 – CONTEÚDOS E OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	45
FIGURA 07 – ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	54
FIGURA 08 – NUVEM DE PALAVRAS.....	55
FIGURA 09 - TABELA DOS TERMOS USADOS PELOS ALUNOS NO MAPA MENTAL “LUZ”.....	55
FIGURA 10 – PRIMEIRO MAPA CONCEITUAL.....	56
FIGURA 11 – MONTAGEM DO APARATO “DESENHANDO A VOZ”.....	57
FIGURA 12 – ALUNOS TESTANDO O APARATO “DESENHANDO A VOZ”..	58
FIGURA 13 – IMAGEM FORMADA COM O SOM GRAVE.....	59
FIGURA 14 – DISPERSÃO DA LUZ POR UM DISCO DE ACRÍLICO.....	61
FIGURA 15 – DISPERSÃO DA LUZ POR UM PRISMA.....	62
FIGURA 16 - USO DA LUZ NEGRA PARA LEITURA DE ESCRITA COM MATERIAL FLUORESCENTE.....	68
FIGURA 17 – MAPA CONCEITUAL FINAL.....	71
FIGURA 18 – IMAGEM PRODUZIDA COM MÚSICA CLÁSSICA.....	73
FIGURA 19 – IMAGEM PRODUZIDA COM GÊNERO MUSICAL ROCK.....	77
FIGURA 20 – IMAGEM GERADA PELO APARATO USADO PARA SIMULAR O FUNCIONAMENTO DA FIBRA ÓPTICA.....	73
FIGURA 21 – APARATO USADO PARA SIMULAR O PRINCÍPIO DA FIBRA ÓPTICA.....	78
FIGURA 22 – IMAGEM GERADA NO SIMULADOR DE FIBRA ÓPTICA COM LANTERNA DE LUZ VERMELHA.....	76
FIGURA 23 – CARTAZ SOBRE O FUNCIONAMENTO DA FIBRA ÓPTICA...	76
FIGURA 24 – DISPERSÃO DA LUZ BRANCA.....	77

FIGURA 25 – CARTAZ COM O ESPECTRO DE EMISSÃO DE ALGUNS ELEMENTOS QUÍMICOS.....	79
FIGURA 26 – ESPECTRÔMETRO.....	79
FIGURA 27 – IMAGEM GERADA NO ESPECTRÔMETRO A PARTIR DA INCIDÊNCIA DE UMA LÂMPADA DE LED.....	80
FIGURA 28 – DISCO DE NEWTON PARADO.....	81
FIGURA 29 – DISCO DE NEWTON EM MOVIMENTO.....	81
FIGURA 30 – APARATO COM LÂMPADAS INCANDESCENTE, HALÓGENA E FLUORESCENTE.....	83
FIGURA 31 - FOSFORESCÊNCIA EMITIDA POR PULSEIRAS DE FESTA.....	84
FIGURA 32 – MATERIAIS FLUORESCENTES: SUCO DE LIMÃO, ÁGUA SANITÁRIA E CLOROFILA.....	84
FIGURA 33 – GRÁFICO COM RESULTADOS DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO FINAL.....	92

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVOS.....	13
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	14
3.1 UM BREVE MOMENTO NA HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO.....	14
3.2 PROPOSTAS DA LEIS DE DIRETRIZES E BASES (LDB)	14
3.3 A REALIDADE DAS ESCOLAS PÚBLICAS.....	16
3.4 A INTERDISCIPLINARIDADE.....	17
3.5 A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR.....	18
3.5.1 A Base Nacional Comum Curricular e o Ensino Médio.....	19
3.6 A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	22
3.7 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	26
3.8 OS ESPECTROS ATÔMICOS E A DECOMPOSIÇÃO DA LUZ.....	27
3.8.1 Reflexão.....	29
3.8.2 Refração.....	30
3.8.3 Difração.....	31
3.8.4 Interferência.....	32
3.8.5 Polarização.....	32
3.9 MODELOS ATÔMICOS.....	32
3.9.1 O Átomo de Hidrogênio.....	38
3.9.2 O Nascimento da Física Quântica.....	41
4 METODOLOGIA.....	43
4.1 LOCAL DA PESQUISA.....	51
4.2 INSTRUMENTO DE COLETA DE DADOS.....	52
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	54
5.1 A PRIMEIRA ETAPA.....	54
5.2 A SEGUNDA ETAPA.....	56
5.3 A TERCEIRA ETAPA.....	61
5.4 A QUARTA ETAPA.....	66
5.5 A SEXTA ETAPA.....	72
5.5.1 Feira De Ciências	72
5.5.1.1 Grupo I – O som e as fibras ópticas.....	72
5.5.1.2 Grupo II – A dispersão da luz e o espectrômetro.....	76
5.5.1.3 Grupo III – Disco de Newton e as lâmpadas.....	80
5.5.1.4 Grupo IV – Lâmpada de luz negra; fluorescência e fosforescência.....	83
5.6 – Interpretação das respostas do questionário final.....	87
6 CONCLUSÕES.....	94
REFERÊNCIAS.....	96
APÊNDICE.....	101

1 INTRODUÇÃO

A Química é uma Ciência que centraliza e colabora intimamente com todas as outras, como por exemplo, a física, a medicina, a nutrição e a ecologia, fornecendo-lhes materiais e métodos e buscando o entendimento da matéria ao nível microscópico, ou seja, molecular e atômico relacionando-os com os aspectos macroscópicos. Ela está presente em toda a produtividade de bens para suprir as necessidades humanas, como combustíveis, medicamentos, alimentos, e muito mais, (TORRESI et al., 2009), sendo pertinente a interdisciplinaridade.

O ensino das Ciências Naturais abrange as disciplinas de Física, Química e Biologia e obviamente integradas a todas as demais disciplinas do currículo escolar. No entanto ainda hoje o que se observa é um limite muito grande entre o Ensino de Química e Física, visto que são disciplinas que se complementam nos conceitos ensinados, tendo assuntos similares ou relacionados ao mesmo fenômeno e que são abordados com diferentes enfoques. Esses conteúdos aplicados de forma isolada dentro das diretrizes específicas das duas disciplinas, pode trazer dificuldades de conexão pelos estudantes para compreensão mais ampla do tema estudado (BRASIL, 2014). Ainda, pode-se constatar que existem poucos materiais bibliográficos disponíveis direcionados ao ensino das Ciências Naturais de caráter experimental e interdisciplinar envolvendo Química e Física, e as avaliações externas como Prova Brasil e Enem (Exame Nacional do Ensino Médio) tem aplicado questões de condição interdisciplinar e contextualizada. Dentro da perspectiva de formação integral, Brasil (2014) esclarece que o desenvolvimento tecnológico vivido na atualidade é fruto dos conhecimentos científicos que não podem ser privados do cidadão e a contextualização do que é estudado na escola dá sentido aos fenômenos naturais e sociais vivenciados pelo mesmo.

O ensino da Química utiliza uma importante ferramenta, as práticas experimentais, Souza, et al. (2013) afirma que o uso de práticas experimentais associadas às discussões, argumentações, elaboração de hipóteses e análise de dados pode auxiliar o aluno na construção de ideias e facilitar a compreensão. Além de proporcionar ao professor a possibilidade de avaliar o nível de compreensão do aluno e nortear para uma tomada de decisões quanto aos encaminhamentos a serem tomados para atingir os objetivos de aprendizagem (SOUZA et al., 2013).

O trabalho de dissertação, de acordo com os fundamentos apresentados anteriormente, traz uma proposta de sequência didática interdisciplinar entre Física e Química, baseada nas teorias da aprendizagem significativa, fazendo uso de atividades experimentais de natureza investigativa e na busca da contextualização. A aplicação da sequência didática e análise dos dados qualitativos fornecidos, permitem fazer inferências sobre as potencialidades da mesma quanto ao desenvolvimento da aprendizagem significativa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho teve o objetivo de desenvolver e aplicar uma sequência didática elaborada com atividades experimentais interdisciplinares de natureza investigativa, dentro dos pressupostos da aprendizagem significativa, direcionadas aos professores do Ensino Médio de Química de forma a diminuir o limiar entre as duas disciplinas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- * Desenvolver encaminhamentos metodológicos que possam auxiliar e/ou suggestionar o professor atuante em Ensino Médio na dinamização de sua prática docente.
- * Proporcionar ao professor e alunos meios para a ampliação de conhecimentos que venham a integrar conceitos pertinentes à Química e a Física.
- * Aprimorar práticas experimentais investigativas na tentativa de transpor a fragmentação dos conhecimentos.
- * Articular dentro das unidades didáticas encaminhamentos metodológicos que tendam a desenvolver habilidades de pesquisa.
- * Despertar interesse do aluno mostrando a importância do desenvolvimento científico para a sociedade.
- * Analisar a potencialidade da sequência didática no desenvolvimento da aprendizagem significativa.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 UM BREVE MOMENTO NA HISTÓRIA DA EDUCAÇÃO

A história da educação brasileira, segundo Libâneo (1989) é marcada pela busca de modelos educacionais de países desenvolvidos, com um contexto social e econômico diverso do brasileiro. Todavia, na década de 80 emergem profissionais com embasamento sobre as teorias educacionais que passaram pelo país, desenvolvendo percepções críticas e reflexivas sobre as influências desses modelos importados às práticas educacionais dos professores brasileiros. Para encontrar a escola de acordo com o contexto brasileiro é preciso negar o modelo de escola atual e buscar uma escola democrática e acessível às classes mais desfavorecidas da população, que tem direito ao domínio e instrumentalização do conhecimento. Objetivo este, proposto pela Pedagogia Crítico Social dos conteúdos, pode ser alcançado com professores comprometidos e preparados. Os órgãos oficiais proclamam esses ideais, mas na contramão, a realidade escolar não dá condições para a comunidade escolar atingir estes objetivos (LIBÂNEO, 1989).

O saber social é entendido como o conjunto dos conhecimentos selecionados entre os bens culturais disponíveis, enquanto patrimônio coletivo da sociedade, em função de seus efeitos formativos e instrumentais. Longe de ser caracterizado como conjunto de informações a serem depositadas na cabeça do aluno, o saber escolar constitui-se em elemento de elevação cultural, base para a inserção crítica do aluno na prática social de vida (LIBÂNEO, 1989, p.13).

A escola é o principal ambiente para a transmissão dos conhecimentos produzidos durante a história da civilização. A falta de acesso ao conhecimento é motivo de exclusão e a seletividade. A escola de qualidade instrumentaliza o conhecimento para o desenvolvimento integral do cidadão (BRASIL, 2013a). O papel do professor é transmitir, mediar e nortear a aquisição do conhecimento dentro de um contexto social, histórico e político.

3.2 PROPOSTAS DA LEI DE DIRETRIZES E BASES (LDB)

De acordo com Brasil (2013a), a Lei de Diretrizes e Bases normatiza que o Ensino Médio tem função formativa, ofertada de forma a atender a demanda de jovens e adultos, suprimindo as suas necessidades e, possibilitando o acesso e a permanência destes jovens na escola. Tendo em vista mudar a realidade das altas taxas de evasão e reprovação nas escolas públicas e a atrair a grande parcela de jovens que nem sequer frequentam o ensino médio por situações sociais adversas, o grande desafio é ofertar o ensino médio de qualidade, de forma gratuita a todos os jovens, sob responsabilidade e financiamento do estado.

Com o projeto de formação humana integral pode propiciar aos estudantes formação nos aspectos científicos e tecnológicos, humanísticos e culturais de forma integrada, ampliando as funções do Ensino Médio de ingresso no Ensino Superior e técnica para o ingresso nas funções do trabalho (BRASIL, 2013a). Incorporando ao currículo conhecimentos que permitam a compreensão do trabalho como princípio educativo, a partir de reflexões sobre as relações sociais e saberes construídos a partir do trabalho.

A formação humana integral implica em competência técnica e compromisso ético, que se revelam em atuação profissional pautada pelas transformações sociais, políticas e culturais necessárias a edificação de uma sociedade igualitária (BRASIL, 2013a, p.34).

Segundo Brasil (2013d), as Diretrizes Curriculares para o Ensino Básico propõem preparar o indivíduo para o trabalho, para o pleno exercício da cidadania, sendo capaz de aperfeiçoar-se intelectualmente, compreendendo os fundamentos científicos e tecnológicos, e processos produtivos presentes na prática de seu cotidiano. A teoria relacionada com o experimentalismo objetivando a compreensão do mundo e produção de novos conhecimentos para a satisfação das necessidades e resolução de problemas da humanidade. O trabalho usa o conhecimento produzido, a Ciência e a tecnologia para modificar o ambiente, vencendo as barreiras naturais e criando condições para a existência dos seres humanos.

(...) o estudante do Ensino Médio tem de se inserir no mundo formal dos conhecimentos – culturalmente produzidos e sistematizados pelas ciências,

e difundidos, aplicados e socialmente valorados – para que possa participar de maneira inclusiva na dinâmica da sociedade (...) (BRASIL, 2013d, p.6).

Segundo, Brasil (2013b, p.41), as Diretrizes Curriculares Nacionais mencionam que o jovem deve ter papel ativo no processo de aprendizagem, “o aprimoramento do estudante como um ser de direitos, pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico”.

Assim nota-se a necessidade de fazer mudanças gradativas nos moldes atuais das escolas brasileiras de modo a satisfazer a necessidade da diversidade de sujeitos que compõem a sociedade brasileira (BRASIL, 2017).

3.3 A REALIDADE DAS ESCOLAS PÚBLICAS

De acordo com Brasil (2013b), no ambiente escolar é comum ouvir dos professores relatos de situações de indisciplina, falta de interesse, desmotivação, uso de dispositivos eletrônicos, rebeldia entre outros, a respeito da postura dos alunos. Por outro lado, de acordo com alunos, o dia a dia da escola é enfadonho, os conteúdos ensinados não têm aplicação e o que interessa é o diploma de conclusão de curso. Invertendo os papéis, os professores passam a ser responsabilizados pelas mazelas presentes na escola e como um obstáculo para a obtenção da ascensão escolar do aluno. Diante desse impasse, há a necessidade de uma análise da origem social e econômica com relação aos problemas encontrados na educação.

A escola, juntamente com a sociedade e o estado, tem o papel de orientar os jovens a fazerem escolhas conscientes e construir o seu acervo de valores e conhecimentos. Os jovens brasileiros atualmente são marcados pela violência, desigualdade de oportunidades, riscos e incertezas da globalização, e o desenvolvimento tecnológico acelerado quando comparado a outros períodos históricos, produzindo conflitos culturais entre as gerações. É de suma importância do conhecimento da realidade social, ou seja, do funcionamento da sociedade e dos mecanismos de exclusão social que assombra parte da população (BRASIL, 2013b). Visto que, grande parte dos jovens que frequentam a escola pública tem necessidades de trabalhar para suprir suas necessidades financeiras, de acesso ao lazer e a cultura,

de autoafirmação e independência (BRASIL, 2013e, p.2014). Esta situação interfere nas possibilidades de formação para uma carreira profissional, dentro do sistema educacional ofertado no Brasil.

3.4 A INTERDISCIPLINARIDADE

Os gregos tinham um programa de ensino denominado *enkúklios paidéia*, com ensino em gramática, dialética, geometria, música e astronomia, que articuladas, se complementavam em um saber único. Todavia, na Idade Moderna, com o Renascimento, a unidade se desintegra em saberes específicos e então surgem as disciplinas, que perduram até hoje trazendo conhecimentos cada vez mais especializados. Porém, a fragmentação do conhecimento, no ensino, pode levar a uma distorção da visão da totalidade. A contextualização forma a concepção de que o conhecimento é produzido para suprir as necessidades da humanidade, dentro de um contexto histórico e social, permitindo o questionamento (BRASIL, 2013, d).

O ensino, de acordo com o embasamento feito anteriormente, estabelece relações entre os conceitos das diversas disciplinas de forma a chegar no todo do objeto de estudo. De forma que os conteúdos sejam relacionados sem que cada disciplina perca sua especificidade.

A interdisciplinaridade, como prerrogativa para a produção e organização do conhecimento escolar, é a reconstituição da totalidade pela relação entre os conceitos originados a partir de distintos recortes da realidade, isto é, dos diversos campos da ciência (BRASIL, 2013d, p.25.)

A Química discorre sobre as propriedades da matéria e a Física, sobre a força, na explicação de um conceito. Silva et al. (2003), sugerem também o uso de atividades de escrita para melhorar o entendimento e integração conceitual, dispor de mais tempo nas discussões sobre conceitos em sala de aula e ainda, o uso de mapas conceituais nas avaliações, o que permitiria o acesso a novas informações e perceber a deficiência em determinado tópico e organização do conhecimento de forma significativa (SILVA et al., 2003).

De acordo com Bopedegera (2005), programas de ensino interdisciplinares requerem um tempo significativo para poderem proporcionar aos professores

conhecerem seus alunos e aos integrantes participarem de atividades de estudo e desenvolvimento de projetos em conjunto.

(..). Para promover uma próxima geração inovadora que tenha uma ampla gama de visões e mentes inquisitivas, é crucial desenvolver atividades interdisciplinares com fácil implementação experimentos como ferramentas motivacionais. (...) (NUMANOI, 2018).

Contudo, estas práticas experimentais para atingir os objetivos a que são propostos devem ser seguros, ecologicamente corretos, viáveis, de baixo custo, intuitivos (NUMANOI, 2018).

3.5 A BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

Segundo Brasil (2017), as propostas da BNCC e do currículo se complementam no propósito de garantir as aprendizagens essenciais estabelecidas para cada etapa da Educação Básica. Essas aprendizagens se concretizam somente através da tomada de um conjunto de decisões que caracterizam o currículo em ação. Decisões estas que adequam as proposições da BNCC com a realidade da escola e da comunidade escolar, sem restringir a autonomia dos sistemas de ensino. Referem-se às ações que assegurem a aprendizagem:

- A desfragmentação do conhecimento dentro das disciplinas, contextualizando com o cotidiano e dando sentido ao que se aprende, motivando e engajando o estudante na busca pela aprendizagem e compreensão de como a mesma pode interferir no seu projeto de vida (BRASIL, 2017).
- A seleção de metodologias diversificadas estratégias dinâmicas, interativas e colaborativas de modo a ensinar todos os alunos dentro dos seus ritmos e necessidades. Há que se destacar “propostas pedagógicas que considerem as necessidades, as possibilidades e os interesse dos estudantes, assim como suas identidades linguísticas, étnicas e culturais”. (BRASIL, 2017, p.15).

- A produção e aplicação de procedimentos de avaliação formativa, que considerem os contextos e condições do educando, de modo que estas mesmas avaliações sirvam de norte para melhorar o processo de ensino dentro da escola (BRASIL, 2017).
- Selecionar e utilizar recursos didáticos tecnológicos para facilitar o ensino e a aprendizagem (BRASIL, 2017).
- Produzir e disponibilizar materiais de orientação para o docente, como acervos de livros, filmes, obras de arte, sugestões de sequências didáticas, documentos, entre outros (BRASIL, 2017).
- Promover eventos de formação continuada para o constante aperfeiçoamento do professor, dentro da sua função docente e sobre gestão pedagógica e curricular (BRASIL, 2017).

3.5.1 A Base Nacional Comum Curricular e o Ensino Médio

Conforme Brasil (2017), última etapa da Educação Básica de direito subjetivo a todo cidadão. Porém, uma pequena parcela da população inicia e conclui esta etapa. São fatores que justificam este cenário na Educação brasileira: desempenho abaixo do esperado para o Ensino Fundamental, organização curricular muito extensa e longe da realidade cultural do estudante e de suas necessidades para ingressar no mundo do trabalho.

Com a perspectiva de um imenso contingente de adolescentes, jovens e adultos que se diferenciam por condições de existência e perspectivas de futuro desiguais, é que o Ensino Médio deve trabalhar. Está em jogo a recriação da escola que, embora não possa por si só resolver as desigualdades sociais, pode ampliar as condições de inclusão social, ao possibilitar o acesso à ciência, à tecnologia, à cultura e ao trabalho (BRASIL, 2013e, p.167).

A grande heterogeneidade dos jovens em idade para cursar o Ensino Médio e a velocidade das transformações sociais e econômicas decorrente do rápido desenvolvimento tecnológico, que também gera problemas sociais, econômicos e ambientais dificulta um currículo de Ensino Médio que atenda aos anseios de todos os jovens. Assim, cabe a escola acolher estes jovens, garantir a oportunidade de dar

continuidade aos estudos, confiando na capacidade que todos os estudantes possuem de aprender e alcançar seus objetivos. Proporcionar aprendizagens que venham de encontro as necessidades e interesses do estudante com propósito de superar os desafios da sociedade contemporânea. Estimulando o desenvolvimento de capacidades de reflexão, abstração, interpretação, proposição e ação (BRASIL, 2017, p. 465), contribuir para formar cidadãos críticos e autônomos em suas decisões, capazes de compreender fenômenos culturais e naturais tendo capacidade de aprender a partir da investigação e de iniciativa de intervenção para resolver problemas. Não apenas absorvendo conhecimentos, mas também valores, como o respeito ao ser humano e ao meio ambiente (BRASIL, 2017).

Diante do exposto, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), esclarece os princípios e as finalidade que orientam o Ensino Médio:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho, tomado este como princípio educativo, e para a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de enfrentar novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do estudante como um ser de direitos, pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV – a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos presentes na sociedade contemporânea, relacionando a teoria com a prática. (BRASIL, 2013e, p.39).

Atualmente o Ensino Médio está organizado em quatro áreas do conhecimento: Linguagens e suas tecnologias, Matemática e suas tecnologias, Ciências da Natureza e suas tecnologias, e Ciências Humanas Sociais e Aplicadas. Esta organização não exclui as especificidades e os conhecimentos historicamente construídos de cada disciplina, mas sugere a interdisciplinaridade a partir de situações de contextualização onde os professores trabalhem em conjunto no planejamento e consolidação das atividades pedagógicas de modo a concretizar a aprendizagem (BRASIL,2014).

A área de Ciências da Natureza tem como função primordial a interpretação de fenômenos naturais e a processos tecnológicos, possibilitando a apropriação de conceitos, procedimentos, teorias e linguagens pertinentes à esta área do conhecimento; de uma base de conhecimentos que permita ao estudante a capacidade de julgar, tomar iniciativas, argumentar, fazer o uso de diversas tecnologias de forma criteriosa. A interação com as outras áreas do conhecimento

favorece discussões sobre temas que envolvam ética, política, questões socioculturais e econômicas, temas estes ligados às Ciências da Natureza, sempre direcionando o ensino na formação integral do cidadão crítico, com capacidade de fazer novas leituras do mundo, se fundamentando em modelos abstratos, evidências, conhecimentos científicos na tomada de decisões para resolver “situações problemas”, considerando sempre a ética e a responsabilidade que cabe neste contexto (BRASIL,2017).

De acordo com as competências da Educação Básica e do Ensino Médio, as Ciências da Natureza têm suas competências específicas a serem alcançadas nesta etapa da escolarização:

- Desenvolver a capacidade de analisar os fenômenos que ocorrem na natureza e que levaram ao desenvolvimento recursos tecnológicos pela humanidade empregando matéria e energia disponíveis, conhecendo os Impactos socioambientais resultantes dessa evolução e as possíveis ações para minimizá-los.

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.) (BRASIL, 2017, p.539)

- O conhecimento adquirido sobre as dinâmicas da vida no planeta possibilita ao cidadão a consciência da sua responsabilidade e prever as consequências das ações do homem.

Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2017, p.539).

- A capacidade de uso das diferentes linguagens das Ciência da Natureza, bem como das tecnologias de informação e comunicação, amplia as possibilidades do exercício consciente da cidadania.

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASIL, 2017, p.539).

As competências quando atingidas, formam um cidadão atuante que conhece seus direitos deveres e mede as consequências sociais e ambientais de seus atos.

3.6 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõem a mudança de postura do professor tendo em vista a realidade social, o interesse e as necessidades de formação para o trabalho e cidadania dos indivíduos que frequentam a escola pública (BRASIL, 2013e), há que se buscar metodologias dinâmicas que busquem atender a estas demandas. Dentro deste perfil, apesar de serem produzidas na década de sessenta do século passado, as propostas da aprendizagem significativa continuam atuais para auxiliar na superação das dificuldades de ensino (MOREIRA, 2013), destacando aqui neste trabalho, a Química e a Física.

O psicólogo David P. Ausubel elaborou na década de 60, várias propostas psicoeducativas, valorizando o conhecimento prévio que o sujeito possui no processo de aprendizagem, estas contrárias as do behaviorismo, que era baseado nas ideias da influência do meio sem levar em consideração o conhecimento que o sujeito já possuía, a teoria de David Ausubel é conhecida como aprendizagem significativa (MOREIRA, 2013). De acordo com Beluzzo (2006), a teoria de Ausubel norteia na busca de condições que promovam o pensar e estabelecer conexões entre conceitos e sua estrutura e relacionar diferentes campos do conhecimento.

A teoria de Ausubel afirma que para aprender é preciso reconfigurar e ampliar o conhecimento prévio importante para a aprendizagem, nomeado por ele “subsunçor” que é um conhecimento específico, dentro da estrutura cognitiva, com capacidade de dar significado a um novo conhecimento que pode ser adquirido por descoberta ou que é apresentado ao estudante. Desta forma, o conteúdo a ser aprendido precisa ser ancorado a um subsunçor para dar sentido a aprendizagem. Caso contrário, a aprendizagem é temporária e mecânica, por se tornar sem sentido para o estudante. Então, o subsunçor vai integrando mais significados e ancorando novos conhecimentos (SILVA; RODRIGUES, 2017).

O processo de aprendizagem ocorre de fato quando o aluno tem disposição de aprender e o conteúdo tem significado a partir do conhecimento que ele já possui, ou seja, o material usado deve ser potencialmente significativo, pode ter significado lógico de acordo com o que o aluno já possui em sua estrutura cognitiva. O fato de o aluno ter disposição para a aprender é relacionado à sua dedicação de relacionar,

diferenciar e integrar conceitos para aprender com os que já estão em seu domínio cognitivo. Então, os conhecimentos prévios estabelecem relações conceituais com o que tem que ser aprendido facilitando a aprendizagem. Contudo, o estudante deve ter uma visão geral do objeto de estudo para depois diferenciar e relacionar significados, propriedades, critérios entre outros conceitos mais específicos (TAVARES, 2004).

O esquecimento pode acontecer na aprendizagem significativa, conforme um determinado conhecimento não é reforçado, mas não é um esquecimento completo, restando a significação, o que facilita o reestabelecimento da estrutura cognitiva num momento futuro quando o assunto é retomado (MOREIRA, 2013).

Ausubel diz que o fator mais importante para a aprendizagem significativa é o conhecimento prévio e sugere lançar mão dos organizadores prévios, que são recursos instrucionais utilizados na tentativa de relacionar o que o aprendiz dispõe de conhecimento prévio com o material de aprendizagem. Estes devem apresentar-se com um grau maior de abstração, generalidade e inclusividade fazendo uma ponte entre a organização cognitiva vigente e o novo conhecimento que se quer alcançar (MOREIRA, 2013). São exemplos de organizadores prévios:

Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este (MOREIRA, 2013 p.14).

A diferenciação progressiva é o processo de reestruturação de um subsunçor a partir dos novos conhecimentos. A medida que um subsunçor é usado como alicerce para novas aprendizagens, vai se transformando, e sendo refinado com posterior estabilização cognitiva, incorporando mais o significado facilitando cada vez mais os novos processos de aprendizagem. Quando acontece um aprofundamento maior, eliminando diferenças, resolvendo inconsistências e integrando conceitos, admite-se dentro das propostas da aprendizagem significativa, que ocorreu um processo denominado reconciliação integradora (TAVARES, 2004).

Os dois processos, diferenciação progressiva e reconciliação integradora ocorrem simultaneamente dentro da aprendizagem significativa e a partir deles o aluno vai integrando conceitos, uns mais específicos e outros mais gerais sobre uma determinada área do conhecimento. Em atividades colaborativas o professor pode ser o mediador da troca e negociação de significados entre os alunos, sendo que a aula

expositiva também pode ser usada como recurso para a aprendizagem significativa (MOREIRA, 2013).

Para facilitar a aprendizagem, Moreira (2013), destaca como estratégias e instrumentos didáticos, além dos organizadores prévios, os mapas conceituais. Os mapas conceituais são uma técnica de aprendizagem significativa, com a função de relacionar e hierarquizar conceitos a fim de formar uma proposição (PELLIZARI, 2002).

Os mapas podem ser utilizados para identificar os subsunçores disponíveis para o início do processo de aprendizagem, esclarecido por Beluzzo (2006, p.85), “Exploração do que as pessoas sabem, permitindo partir do conhecimento existente para a construção do novo”. Os mapas mentais são uma técnica desenvolvida pelo Psicólogo Tony Buzan nos anos 70, e são uma forma de organizar e registrar o pensamento de forma não linear e criativa, isto é possibilitar a aprendizagem de diversos conceitos ligados a um mesmo tema ou, possibilitar rastrear o pensamento estruturado em múltiplas conexões.

Os mapas conceituais caracterizam-se por serem diagramas que relacionam e hierarquizam conceitos, significados ou palavras que nomeiam conceitos, sem fazer classificação dos mesmos, podendo seguir ou não um modelo hierárquico onde os conceitos mais relevantes aparecem em primeira ordem, seguidos dos específicos ou menos abrangentes de acordo com os objetivos a serem alcançados. A técnica do mapeamento conceitual desenvolvida na década 70 por Joseph Novak, baseou-se na teoria cognitiva de aprendizagem de David Ausubel (BELUZZO, 2006).

O uso de “setas indicativas” serve para direcionar os sentidos das relações conceituais, as proposições dentro dos mapas conceituais consistem basicamente de dois conceitos ligados e de uma palavra-chave sobre a linha que os liga, evidenciando a relação entre eles, porém, os mapas conceituais não são autoexplicativos, o autor deve fazer este papel externalizando o conhecimento. Na construção de um mapa conceitual, não existem regras a seguir, apenas que a sua função seja destacar significados de conceitos ou relações entre conceitos dentro de um contexto envolvendo o conhecimento a ser ensinado, promovendo uma visão geral do tema. O aluno pode usar esse recurso para analisar artigos, trechos de livros, atividades experimentais de laboratório e romances entre outros (NOVAK; CAÑAS, 2010).

Os mapas conceituais foram criados como ferramenta para a aprendizagem significativa e se faz necessário para desenvolver esta técnica:

- Elencar a estrutura de significados presentes no objeto de estudo;
- Identificar os subsunçores (significados) básicos para que ocorra a aprendizagem significativa;
- Identificar os subsunçores que os alunos já possuem;
- Organizar os conteúdos de forma sequencial e integração curricular;
- Ensinar relacionando os significados que o aluno já possui com os novos conhecimentos que vão sendo apresentados. (MOREIRA, 2013)

A avaliação da aprendizagem significativa ocorre na busca de evidências solicitando ao aprendiz que ele externalize o que aprendeu, justifique e explique suas respostas. É uma avaliação formativa e recursiva, pois é a oportunidade de refazer tarefas, caso haja necessidade. Tem como enfoque a compreensão, a captação de significados, a capacidade de transferência deste conhecimento e uso do mesmo em novas situações. Entretanto na avaliação da aprendizagem mecânica, o professor avalia a memorização das aulas expositivas, de modelos para a resolução de problemas, de listas de propriedades e a reprodução do conteúdo em situações conhecidas causando o esquecimento após a avaliação (MOREIRA, 2013).

Na avaliação formativa, dentro da concepção construtivista, o objeto da avaliação deixa de ser somente o resultado, mas todo o processo de ensino aprendizagem e o sujeito deixa de ser o aluno e sim todos que participam do processo. A avaliação que é centrada no resultado, tem uma perspectiva de seleção e uniformização. O termo formativo vem com o propósito de melhoria e formação contínua, de forma que o professor possa avaliar cada etapa do processo para tomar as decisões que possam se adequar as necessidades do estudante. Os conteúdos procedimentais e atitudinais são muito complexos de serem avaliados ou atribuir-lhe uma nota, por serem subjetivos, a melhor forma para isso seria a observação em momentos como a organização de trabalhos em equipe, atividades esportivas, passeios, diálogos e discussões, etc (ZABALA, 1998).

As competências de aprendizagem no Ensino de Ciências, correspondem a aplicação do conhecimento científico na resolução de situações do cotidiano, aqui denominadas de contextos. O movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade, surgiu a partir da década de 70 visando o estudo e elaboração de propostas didáticas que se utilizam de contextos vivenciados pelos estudantes para o ensino de Conceitos Científicos, de modo a motivá-los e possibilitar a uma visão positiva do papel das

Ciências para atingir uma aprendizagem significativa e socialmente relevante (CARVAJAL, 2015).

A proposta curricular do Movimento de CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade), de acordo com Santos e Mortimer (2000, p.115), corresponde a:

(...)integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e socioeconômicos.

Outro objetivo das propostas didáticas utilizando contextos, é a construção de mapas mentais pelos estudantes de forma a articular os conhecimentos científico e desenvolver habilidades cognitivas que permitam a resolução de situações problemáticas do dia-a-dia. E dentro deste mesmo objetivo, levar o estudante a construir modelos teóricos para analisar, explicar, prever, decidir em situações problemas novas ou novos contextos (CARVAJAL, 2015).

Contudo, o uso de contexto em uma sequência didática totalmente expositiva, com atividades reprodutivas e de memorização pode não resultar na aprendizagem significativa, sendo necessário combinar atividades variadas como: modelagem por investigação e trabalho cooperativo, visando promover a síntese e estruturação de ideias (CARVAJAL,2015).

3.7 ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

As concepções empiristas têm um entendimento de que o conhecimento científico é inquestionável e o experimento deve sempre levar a comprovação da teoria. A observação de fatos e fenômenos são importantes para o desenvolvimento científico, porém as formulações teóricas tiveram um papel essencial no desenvolvimento da Química, tendo como exemplo as hipóteses atômicas de Dalton e da combustão de Lavoisier. O filósofo Bachelard critica as concepções empíricas quando dão supremacia as percepções dos sentidos em detrimento a argumentação, sendo necessário questionar a ciência na construção do conhecimento (LÔBO, 2012).

O problema reside quando ela está dissociada de um referencial teórico que oriente a observação dos fenômenos e quando é utilizada numa situação de ensino sem uma problematização, sem uma interrogação que suscite o levantamento de hipóteses e que, por sua vez, dê origem a novas observações e experiências, num movimento dinâmico e criativo, característico do empreendimento científico (LÔBO, 2012, p.432).

A experimentação como atividade didática pode corroborar na construção e compreensão de um conceito estudado, fornecendo mais elementos para tal e não para comprovar a teoria estudada, pois o conhecimento Químico não surge apenas da análise dos fenômenos, mas além disso, das proposições teóricas (GUIMARÃES, 2009). Visto que, a evolução da Ciência não ocorre de forma linear, envolvendo muitos sujeitos, reflexões e ideias (LÔBO, 2012).

O experimento que leva a aprendizagem é aquele em que o professor tem a habilidade de problematizar a situação, explorar dados e contextualizar com a realidade (GUIMARÃES, 2009). A experimentação de caráter investigativo tem a função de desenvolver a habilidade de reflexão e argumentação, aplicar o conhecimento em situação que se faz necessário ter controle e prever fenômenos, partindo de uma situação problema instigando a busca de informações, elaboração de hipóteses, relacionar conhecimentos prévios, realizar discussões para chegar a conclusões satisfatórias. Nestes moldes o estudante tem papel ativo na construção da aprendizagem e o professor é o mediador e facilitador, fornecendo informações, questionando, orientando nos procedimentos e verificação de dados (GUIMARÃES, 2009).

Ao planejar este tipo de atividade alguns aspectos são relevantes: determinar com clareza os objetivos a serem alcançados; definir a situação problema inicial; investigar as concepções iniciais do tema a ser estudado; definir atividades pré-laboratório, que são informações e hipóteses requisitadas aos alunos; definir a atividade experimental, que pode ser demonstrada pelo professor ou realizada pelos alunos; determinar atividades pós-laboratório, que seriam elaboradas para análise dos aspectos observados, registro dos resultados e conclusões e como aplicar os novos conhecimentos (SOUZA, 2013).

3.8 OS ESPECTROS ATÔMICOS E A DECOMPOSIÇÃO DA LUZ

Um dos objetivos do presente trabalho é auxiliar o docente no processo de interdisciplinaridade sugerindo estratégias de ensino, entre elas práticas experimentais de caráter investigativo, o que justifica o tema escolhido, os fenômenos

sofridos pela luz e sua relação com o estudo da matéria. Portanto, interdisciplinar, envolvendo de forma mais abrangente a Química e a Física.

O ser humano tem verdadeira admiração por arco-íris, várias histórias mitológicas foram criadas para justificar a beleza do fenômeno, uma delas, de origem cigana, diz que na ponta do arco-íris sempre há um pote de ouro ou um tesouro. Toda essa beleza “mágica”, lendária criada pelo senso comum é proporcionada pela luz quando atravessa gotinhas de água dispersas na atmosfera e é objeto de estudo desta unidade didática.

A Química e a Física explicam o fenômeno a partir de vários conceitos que foram sendo desenvolvidos com o estudo da constituição da matéria, das descobertas sobre as propriedades da luz e das ondas eletromagnéticas e da dispersão da luz. Primeiramente é primordial buscar a resposta para uma questão intrigante sobre a natureza da luz.

Segundo Rocha (2002), os gregos defendiam que a luz tem característica corpuscular e apresentaram explicações para o fenômeno da visão. O filósofo Demócrito (460-357 a.C.) havia estabelecido a ideia de átomo e acreditava que os feixes luminosos vinham dos objetos e adentravam nos olhos para formar as imagens. Pitágoras, presumia que o olho emitia um “fluxo visual” produzindo a visão. Permeando as duas ideias anteriores, Platão (428-348 a.C.) afirmava que raios eram emitidos pelos olhos e pelos objetos, e o encontro destes originava a visão. Por sua vez, Aristóteles (384-322 a.C.), percebendo a essência vibracional do som, atribuiu à luz a mesma propriedade, assim na comparação dessas teorias que a dualidade onda x partícula se tornaria presente na tentativa de entender a natureza da luz.

Saindo do plano filosófico que perdurou até meados do século XVII, e entrando no plano científico, Ser Protagonista (2013) relata que Isaac Newton (1642-1727) afirmava que a luz era constituída por partículas que preenchiam todos os espaços. Ele explicava a reflexão da luz em analogia com uma bola que bate numa superfície e volta. Quanto a refração, afirmava que as partículas da luz sofriam diferentes atrações de acordo com o meio por onde viajavam. Já, o holandês Christiaan Huygens (1629-1695), estudando as ondas mecânicas, afirmava que a luz tinha caráter ondulatório. Comparando a luz com as ondas do mar, quando incidem sobre uma parede a sua frente, voltam na mesma direção de onde vieram. Huygens afirmava também, que a velocidade de propagação da luz na água era menor que no ar.

Huygens concebia a luz na forma de uma perturbação mecânica que se propagava através de forças de contato entre corpúsculos. Em sua obra, como não poderia deixar de ser, não aparece qualquer referência à ideia de ação a distância, de campo eletromagnético e outros conceitos mais recentes, desenvolvidos nos séculos que lhe seguiram (SILVA, 2007, p.149).

A confirmação da teoria de Huygens relacionada com a mudança de velocidade de propagação da luz em meios de diferentes densidades, só ocorreu no século XIX com Hippolyte Fizeau (1819-1896) e Jean Bernard Léon Foucault (1819-1868). O modelo que considera o caráter ondulatório permite explicar com mais clareza outros fenômenos ópticos (SER PROTAGONISTA, 2013, p.236).

A teoria ondulatória da luz proposta por Christiaan Huygens comparava a luz aos fenômenos sonoros. Como o som não atravessa o vácuo, admitia-se que a luz do sol chegasse à Terra a partir de um meio material sutil, que preenchia todo o espaço, denominado éter luminífero (EINSTEIN; INFELD, 2008).

Em torno de 1860, Maxwell criou a teoria de que a luz seria composta por ondas eletromagnética, fato este que poderia derrubar a teoria da existência do éter, porém o próprio Maxwell reforçou a ideia de um meio material, onde hoje admite-se o vácuo, afirmando que o meio eletromagnético teria propriedades iguais a éter luminífero (BRENNAN, 2008).

A partir dos experimentos de Albert A. Michelson (1852-1931) e Edward W. Morley sobre a velocidade de propagação da luz, a teoria do éter luminífero foi sendo deixada de lado e os físicos admitiam a ideia de propagação da luz sem a necessidade de um meio material, reforçando assim a concepção ondulatória da luz e passando do conceito de éter ao conceito de campo (BRENNAM, 2008).

A propagação da luz sofre vários fenômenos, entre os principais citados a seguir. Rocha (2002), afirma que os fenômenos de reflexão e refração, podem ser descritos considerando um raio luminoso como um feixe de partículas (fig.01). Já os fenômenos de difração, interferência e polarização, são descritos considerando a luz como onda luminosa.

3.8.1 Reflexão

A reflexão caracteriza-se pela mudança de direção de um feixe de luz ao incidir sobre uma superfície que separa dois meios, sem que a luz mude de meio. No caso de um espelho, onde a superfície é polida, o feixe refletido será unidirecional, sendo

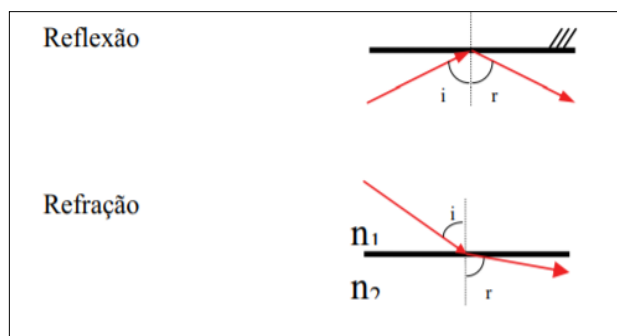
que o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão. Entretanto, numa superfície irregular, como uma parede de tijolos, as variações de inclinação na superfície farão com que os raios refletidos se empalhem para todas as direções (ROCHA, 2002).

3.8.2 Refração

A palavra “refratar”, de origem latina, significa “quebrado” e o fenômeno se caracteriza pela mudança de velocidade da luz quando ela atravessa uma superfície que separa dois meios transparentes com propriedades ópticas diferentes e torna visível um desvio sofrido pela luz na travessia (EINSTEIN; INFELD, 2008).

Um feixe de luz pode ser monocromático, ter uma só cor ou policromático, ter mais que uma cor, a luz branca é policromática e composta por todas as cores. No caso da refração de um feixe de luz monocromática, sua cor não se altera, mas a luz policromática separa-se em feixe conforme a sua composição. Esse fenômeno é conhecido como dispersão. Quando a luz branca atinge o prisma, muda de meio e sua velocidade de propagação também muda, cada cor tem uma frequência diferente. Portanto, o índice de refração é uma característica do meio. Por isso que no arco-íris, as demais cores encontram-se entre o vermelho e o violeta (FIGUEIREDO; PIETROCOLA, 2008).

Figura 01: Reflexão e refração



Fonte: Gircoreano e Pacca (2001).

Na antiguidade, um dos primeiros astrônomos a estudar a refração da luz foi Cleomedes (século I a. C.), ele afirmou que é por refração possível ver o sol, após estar abaixo do horizonte.

Conhecia também o fato de que o feixe de luz se aproxima da perpendicular de uma superfície de separação de dois meios quando passa do meio menos

denso (em geral menos refringente) para o mais denso (em geral, mais refringente) e reciprocamente, sem, contudo, dar explicações do porquê isto acontece (ROCHA, 2002, p.216).

O índice de refração depende também da cor da luz, além das propriedades do meio. Esta constatação foi feita em 1666, por Isaac Newton ao observar a passagem da luz branca por um prisma, um objeto de forma triangular composta por vidro ou cristal, separando os diferentes raios que a compõe, "a luz é um agregado confuso de raios dotados de todos os tipos de cores como elas são promiscuamente lançadas dos corpos luminosos" (ROCHA, 2002, p.220).

O espectro de luz não apresenta limite bem definido entre as cores, e foi Newton que associou as cores às notas musicais, por isso é comum referências as sete cores do arco-íris. Não existem critérios específicos para definir as cores, então essa associação é arbitrária. Antes de Newton acreditava-se que a cor obtida na travessia da luz através do prisma era devido aos componentes do próprio prisma que mudava as propriedades da luz (FIGUEIREDO; PIETROCOLA, 2008).

Robert Boyle, afirmava que objetos de cor branca refletem toda a luz que recebem, que os objetos negros não refletem a luz e as outras cores estão intermediando estes dois extremos. As cores dos pigmentos são obtidas por absorção de parte do espectro pelas partículas que compõe o pigmento e reflexão do restante. Por exemplo, um pigmento de cor vermelha ao ser iluminado por uma luz branca, reflete a luz vermelha e absorve as demais que compõe a luz (ROCHA, 2002).

3.8.3 Difração

A difração é o desvio da trajetória retilínea da luz, como se ela se curvasse quando passa por um obstáculo, uma fenda por exemplo. O fenômeno foi descoberto por Francesco M. Grimaldi (1616-1663) e descrita no livro *Physico Mathesis de Lumine Coloribus et Iride*, mas só foi publicado após sua morte (ROCHA, 2002). Quando um feixe de luz atravessa um orifício e é projetado em um quarto escuro, as sombras são maiores do que seriam se a luz incidisse em linha reta, além da formação de franjas coloridas adjacentes à sombra, Newton tenta explicar o fenômeno usando a teoria corpuscular da luz, pela existência de forças mútuas entre as partículas, que seriam responsáveis pelo fenômeno. Em contrapartida, o engenheiro Augustin Fresnel aproveitando as concepções de Huygens, que considerava as propriedades

ondulatórias da luz, calculou o desvio produzido pela difração da luz em vários tipos de obstáculos e afirmou que a difração se torna menos pronunciada a medida que a fenda do obstáculo se torna maior, e ainda, que a luz viaja em um caminho retilíneo devido ao fato de ter comprimentos de onda muito pequenos (EINSTEIN; INFELD, 2008).

3.8.4 Interferência

O fenômeno de interferência da luz foi observado e descrito no livro *Micrografia* (1665) por Robert Hooke e consiste na interação entre duas ou mais ondas de luz produzindo um efeito diferente do que seria a soma dos efeitos de cada uma separadamente. No cotidiano o fenômeno da interferência pode ser observado na formação de anéis coloridos numa bolha de sabão ou em uma mancha de óleo que se dissipa sobre o asfalto molhado (ROCHA, 2002).

3.8.5 Polarização

Consiste no fenômeno em que um objeto ao ser observado através de um polarizador tem a sua imagem duplicada ou se o cristal for girado, uma das imagens permanece fixa e a outra se desloca no sentido do movimento do cristal. Erasmus Bartholinus, em 1669, observou e publicou sobre o fenômeno que ele deu o nome de dupla refração. Mas foi Huygens, em 1678, que explicou o processo dizendo que na polarização ocorre a seleção de algumas direções de oscilação da onda. O termo polarização surgiu na teoria de Isaac Newton admitindo que os lados dos feixes luminosos teriam propriedades diferentes dependendo da direção transversal à propagação da luz, comparando a luz a um ímã reforçando a sua concepção corpuscular da luz (ROCHA, 2002).

3.9 MODELOS ATÔMICOS

A criação e o uso de modelos são muito relevantes para o desenvolvimento Científico, a Química faz o uso de modelos como ferramentas para explicar e prever o comportamento da matéria à dimensão macroscópica a partir de modelos que

reproduzam o que não é visível e se encontra à nível microscópico. Tais modelos podem ser produzidos em forma de diagramas, como o de potencial de energia; equações, como a fórmula de Boltzmann; gráficos, estruturas atômicas moleculares, modelos de comportamento, como o que explica o modelo atômico de Bohr, da cinética química ou da lei dos gases ideais. No ensino de química, os estudantes podem desenvolver raciocínios diferentes, conforme suas concepções epistemológicas, sobre a definição e a finalidade dos modelos científicos, podendo não reconhecer gráficos e equações matemáticas como tais ferramentas da Química (LAZENBY, 2019).

Através de uma análise epistemológica, excluindo os modelos formais da Matemática e da lógica, Adúriz-Bravo (2012) reconhece os modelos científicos como representações teóricas de objetos, sistemas e fenômenos, com a intenção de simplificar e responder às questões científicas, sobre as quais não são possíveis obter informações com acesso direto, de forma a alojar as evidências experimentais, podendo passar por repaginações ao longo da evolução histórica. Modelos científicos intermediam a teoria e a realidade, afirma este ainda, que os mesmos estão inseridos de forma implícita nos currículos de ensino de ciências da natureza há tempos, e recentemente, o uso de modelização vem sendo analisado com mais cuidado pelos educadores como ferramenta de ensino com características para atender aos anseios da educação deste século, norteando o raciocínio e construção de modelos internalizados, os modelos mentais dos estudantes. Considerando que a construção de modelagens ricas em detalhes e sofisticação tornam-se possíveis na atualidade.

A humanidade busca desde a antiguidade a compreensão da composição e dos fenômenos que ocorrem com a matéria. Na Grécia antiga o filósofo Demócrito afirmava que toda a matéria era formada por minúsculas partículas indivisíveis, que chamou de átomos, porém, somente no século XIX, a partir de bases experimentais, John Dalton propôs um modelo atômico que explicava como os átomos se combinam para formar compostos e fez observações sobre a massa e o volume das substâncias (BRADY; HUMISTON, 1986).

A hipótese atomística de Dalton originou-se provavelmente a partir da investigação dos métodos de análise das reações com gases na formação de diversos compostos e na tentativa de explicar como os gases se dissolviam em água. Ele pressupunha que a água absorvia os gases devido ao peso relativo das partículas que

os compunham e não por afinidade química. Em 1805, publicou uma tabela com os pesos atômicos usando como padrão de referência o hidrogênio (OKY,2007).

Ele aperfeiçoou o conceito de elemento trazida de Lavoisier. Todavia, considerava que um composto formado por dois elementos, deveria ser binário, devido à repulsão entre átomos de um mesmo elemento, não admitindo a existência de substâncias simples. Como ele não tinha clareza sobre a constituição das moléculas de gás hidrogênio e oxigênio, presumindo que fossem monoatômicas, não conseguiu determinar a fórmula correta da água. Desta forma ele atribuía o termo “últimas partículas” tanto aos átomos quanto às moléculas. Justamente esta obscuridade conceitual que trouxe contraposição à sua hipótese atômica pela comunidade científica. Na mesma época em que Dalton propôs o atomismo, Louis J. Gay-Lussac expôs uma lei sobre a relação entre os volumes estequiométricos dos gases numa reação química e não aceitava o atomismo por não ser empírico como as variáveis gasosas (OKY,2007).

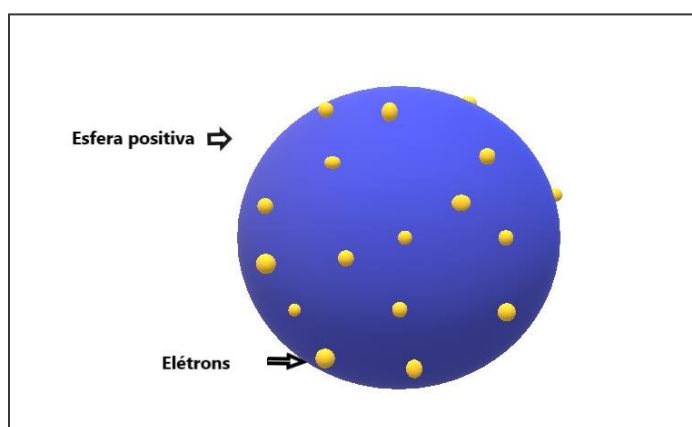
Os estudos de Gay-Lussac e a hipótese de Dalton embasaram em 1811 as teorias de Avogadro que diferenciou os termos molécula de átomo e afirmou que volumes de gases, de qualquer substância, em condições iguais de pressão e temperatura, teriam o mesmo número de moléculas. E ainda sugeriu que substâncias simples poderiam ser constituídas por mais de um átomo, contrariando as concepções de Dalton. Contudo, as ideias de Avogadro também não foram aceitas por Dalton e pela comunidade científica naquele momento, só vindo a ser reconhecidas pelo seu devido valor em 1860. Enfim, Amedeo Avogadro construiu um elo entre as ideias de Gay-Lussac e Dalton de grande importância para o desenvolvimento da Química (OKY,2007).

O modelo atômico de Dalton consistia numa esfera indestrutível. De acordo com Rocha (2002), a descoberta da primeira partícula subatômica, o elétron, a partir dos trabalhos de J.J. Thomson, Plucker, Crookes e Stoney, levou J.J. Thomson a elaborar um novo modelo atômico baseado em experimentos com a âmpola de Crookes.

A âmpola de Crookes consistia em um tubo com duas placas carregadas eletricamente. Ao deixar o tubo no vácuo e aplicar alta tensão nas placas, era observado um feixe brilhando entre o cátodo e o ânodo, que era a corrente elétrica. Thomson submeteu o feixe a campos elétricos e magnéticos e a trajetória do feixe era

desviada. O feixe saía do cátodo e chegava ao ânodo, então ele concluiu que havia partículas negativas no ânodo e obviamente partículas positivas no cátodo, e que o raio consistia de partículas carregadas negativamente. Com as constatações feitas através da âmpola de Crookes, Thomson propôs um modelo para o átomo, que seria constituído por um fluido contínuo, com carga positiva, dentro do qual espalhavam-se as cargas negativas, denominadas elétrons, de acordo com a representação na figura a seguir. Este modelo ficou conhecido como “pudim de passas” (SER PROTAGONISTA,2013, p. 241).

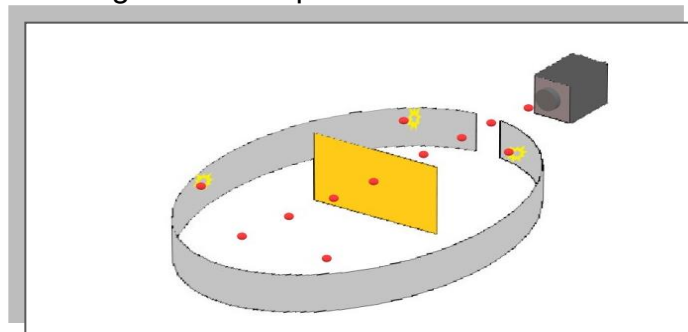
Figura 02- Modelo atômico de Thomson



Fonte: Autoria própria.

Em 1910, Ernest Rutherford desenvolvia pesquisas sobre radioatividade e concluiu que os átomos poderiam se desintegrar e se transformar em outros elementos. Tais ideias provocavam rumores entre os físicos mais conservadores, que alegavam que ele estava regredindo a alquimia da Idade Média. Inicialmente Rutherford concordava com as ideias de Thomson, de que o átomo era uma esfera uniformemente positiva coberta por elétrons de carga negativa. Porém, sabia que para explorar a estrutura interna do átomo era preciso bombardeá-lo com partículas subatômicas. Rutherford conhecia elementos radioativos que ao se desintegrarem emitiam partículas de carga positiva, chamadas de partículas alfa, então, contando com seus assistentes Hans Geiger e Ernest Marsten (STRATHERN, 1998), submeteu uma fina lâmina metálica a um feixe de partículas alfa (partículas carregadas positivamente) e observou que a maioria das partículas atravessou a lâmina sem sofrer desvios e algumas eram rebatidas (BRADY; HUMISTON, 1986), como pode ser observado na figura 02.

Figura 03 - Experimento de Rutherford



Fonte: Autoria própria.

Com os experimentos Rutherford concluiu que o átomo era constituído de um núcleo muito pequeno, com raios entre 10^{-12} e 10^{-13} cm. Assim, propôs um modelo atômico similar ao sistema solar, contendo um núcleo muito pequeno com carga positiva e ao redor giravam os elétrons em um grande espaço vazio que permitia a travessia das partículas alfa (BRADY; HUMISTON, 1986).

O modelo atômico de Rutherford apresentava falhas quanto à condição dos elétrons girando ao redor do núcleo, pois de acordo a teoria eletromagnética de Maxwell-Larmor, toda carga acelerada perde energia em forma de ondas eletromagnéticas. Então, os elétrons girando em suas órbitas em velocidade constante, deveriam ir perdendo energia sob forma de ondas eletromagnéticas até colidirem com o núcleo, ou seja, os átomos também não poderiam ter proporções bem definidas, o que contrariava os estudos de Perrin, Paul Langevin e Einstein sobre medidas e dimensões moleculares (ROCHA, 2002, p.317).

As respostas para a inconsistência do modelo atômico de Rutherford vieram dos estudos dos espectros luminosos como segue no resumo histórico abaixo.

Em 1666, Isaac Newton, em seu experimento de decomposição da luz branca em um prisma, supôs que a luz seria formada por partículas em alta velocidade. Contrapondo as ideias de Newton, Cristian Huygens, em 1678, afirmava o caráter ondulatório da luz. Em 1786, David Rittenhouse, iniciou a construção de grades de difração, o que possibilitou o desenvolvimento dos primeiros espectroscópios por Joseph Fraunhofer (OKOMURA, 2004).

O espectro consiste no conjunto de cores obtidas num prisma e das emissões não visíveis (FILGUEIRAS, 1996). Os espectrômetros são aparelhos capazes de

separar por dispersão e medir as radiações luminosas por seus comprimentos de onda. Willian Hyde Wollaston, observou o espectro contínuo do sol e notou a presença de linhas escuras. A explicação dada foi de que as presenças de nuvens de átomos com temperatura menor na periferia solar absorveriam energia, caracterizando o fenômeno.

Em 1868, Pierre Janssen, acoplou uma luneta a um espectroscópio e aproveitando-se de eclipses, identificou o hidrogênio no espectro solar. Da mesma forma, Joseph Normam Lockyer descobriu um novo elemento químico no sol, o hélio, que posteriormente também foi identificado na atmosfera terrestre (OKOMURA, 2004).

Em 1777, Carl Wihelm Scheele, expôs amostras de cloreto de prata as diferentes radiações refratadas em um prisma e observou que quanto mais próximo ao violeta, acelerava a reação, concluindo que a energia das radiações aumentava do vermelho ao violeta. Em 1801, Johann Wihelm Riter colocou uma amostra do mesmo sal na região escura próxima ao violeta, observando que a aumentava ainda mais a reação, constatando que ainda havia nessa região uma emissão e com uma energia mais alta que a luz violeta. Willian Hyde Wollaston chamou essa radiação de ultravioleta. Em 1800, Willian Heschel, fez um experimento parecido, trocando o sal de prata por um tubo contendo mercúrio. Ao expor o tubo do violeta para o vermelho a temperatura aumentava e, na região escura próxima ao vermelho, o efeito se intensificava. Concluiu-se que há uma radiação nesta região do espectro, denominada de infravermelho, com baixa energia, capaz de fazer vibrar determinados grupos existentes em moléculas, sem, contudo, provocar uma reação química (FILGUEIRAS, 1996).

Wollaston realizou a dispersão de um feixe de luz que passava por uma fenda de espessura de 0,01mm, produzia o espectro solar que continha sete linhas escuras sobre as faixas coloridas, Joseph Fraunhofer, usando grades de difração, conseguiu observar centenas de linhas escuras no espectro solar e que a luz produzida por materiais incandescentes ao atravessar um prisma, produzem um espectro discreto e descontínuo formado por linhas que pareciam coincidir com as linhas escuras do espectro contínuo do sol. Tais constatações nortearam para a teoria de que o espectro de uma estrela poderia determinar sua composição (FILGUEIRAS, 1996).

Ao expor um sal de sódio a chama do queimador de Bunsen e a luz emitida passasse por um prisma, era possível observar um espectro de linha amarelas, e Kirchhoff percebeu que coincidiam com duas linhas escuras do espectro solar. Porém, quando a luz branca atravessa uma chama de sódio, e depois um prisma resulta num espectro contínuo com duas linhas escuras na mesma posição das linhas amarelas do espectro de emissão do sódio, este elemento absorve e emite luz na mesma energia. A conclusão é de que há sódio na atmosfera solar e as linhas escuras correspondem aos componentes absorvidos (BRENNAN, 2003).

A espectroscopia contribuiu para o estudo da essência da matéria. Contudo, uma questão não estava respondida, qual a relação das linhas espectrais com a energia nos fenômenos de emissão e absorção dos elementos (EINSTEIN; INFELD, 2008).

3.9.1 O Átomo de Hidrogênio

Um dos modelos propostos para o átomo de hidrogênio seria de um elétron girando ao redor do núcleo. A teoria do eletromagnetismo alerta que uma carga acelerada perderia energia na forma de onda eletromagnética e colapsaria no núcleo. Outra maneira mais plausível de explicar o comportamento do elétron seria de que o mesmo descreve órbitas estacionárias, sem absorver nem emitir energia (EINSTEIN; INFELD, 2008). Porém, ao submeter o hidrogênio em um tubo de baixa pressão com descargas elétricas, os elétrons sofrem uma transição indo para um nível de energia mais alto, no retorno ao orbital de menor energia ocorre a emissão de energia igual a diferença entre os dois orbitais, na forma de radiação eletromagnética que ao atravessar um prisma é decomposta, essa decomposição corresponde ao espectro de hidrogênio. O espectro de emissão do hidrogênio é formado de diversas linhas que vão do vermelho, que apresenta comprimento de onda mais longo e menor frequência, ao violeta, com comprimento de onda mais curto e maior frequência (SALA, 2007).

Quando a radiação branca do sol atravessa um prisma, obtém-se o espectro contínuo da luz branca que contém todos os comprimentos de onda que no visível vai de 400nm a 700nm de comprimento de onda. Porém quando se decompõe a radiação emitida pelo gás hidrogênio forma um espectro de linha, que marca apenas algumas

linhas, ou seja, é descontínuo. O hidrogênio na região do visível apresenta um espectro de emissão de 4 linhas, em 410nm (transição do nível 2 para o 6), 434nm (transição do nível 2 para o 5), 486nm (transição do nível 2 para o 4) e 656 nm (transição do nível 2 para o 3) que representam cada transição do elétron para um nível mais baixo e emitindo um fóton com esses comprimentos de onda. Já a transição do nível 2 para o nível 1, emite fóton com comprimentos de onda abaixo do visível, na região do ultravioleta. Esse espectro é único para o elemento hidrogênio (YOUNG, 2008).

O espectro de emissão ocorre quando é fornecida radiação branca para uma amostra, ela absorve alguns comprimentos de onda e devolve a radiação branca menos o que foi absorvido, então são observadas linhas escuras no que antes correspondia o espectro contínuo, que são exatamente os comprimentos de onda absorvidos pela amostra, e corresponde também ao espectro de emissão do elemento presente na amostra (FILGUEIRAS,1996).

Cada elemento químico ao receber energia, produz espécies químicas excitadas, ou seja, os elétrons absorvem uma quantidade discreta de energia e migram para outro orbital, e ao retornarem ao estado fundamental, emite parte da energia recebida em radiação. As propriedades desta radiação, como o comprimento de onda e o espectro de raios, permite a identificação do elemento que a emitiu e comprova a existência de diferentes níveis energéticos ocupados pelos elétrons constituintes de cada elemento químico. (OKOMURA, 2004).

Uma questão era o porquê de tais frequências serem emitidas pelo hidrogênio, Bohr fez alguns postulados para explicar, porém Johan J. Balmer conseguiu relacionar estes números nas emissões de hidrogênio com uma fórmula que dá os comprimentos de onda das linhas espectrais do hidrogênio na região do visível (YOUNG, 2008), chamada de Série de Balmer:

Eq. 01 - Equação de Balmer

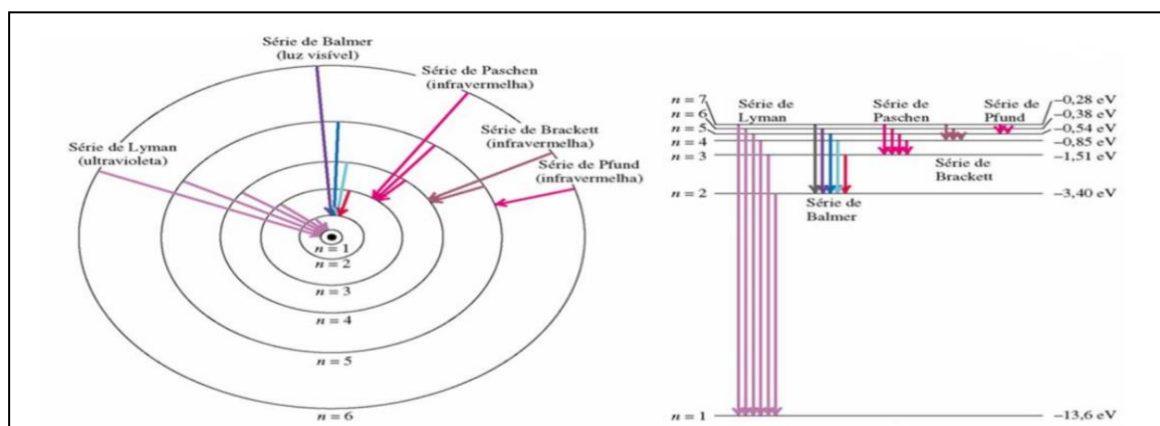
$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

Fonte: YOUNG (2008).

A letra lambda (λ) corresponde ao comprimento de onda que é inversamente proporcional à frequência, R é a constante de Rydberg e n pode ter números inteiros: 3,4, 5.... Quando lambda é dada em metros, R tem o valor de $1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$.

São os postulados de Bohr: um elétron em seu estado estacionário não ganha e nem perde energia; ao ganhar energia, o elétron passa para um nível de maior energia, neste caso dizemos que o elétron está excitado, ou seja ao receber energia corresponde à diferença de energia de duas órbitas, vai absorver essa energia e vai para um estado de energia maior, porém este estado é instável e o elétron tende a retornar ao seu estado fundamental devolvendo exatamente a energia que recebeu. Se essa energia devolvida ao meio tiver um comprimento de onda dentro de 400 a 700nm, será visível e terá uma cor característica. O modelo atômico de Bohr apresenta um átomo com várias orbitas e a diferença de energia entre elas é dada pela fórmula de Johan J. Balmer, que não conseguiu explicar a origem das linhas espectrais. Ele estudou todas as transições na região do visível. Porém a equação elaborada por ele permite fazer cálculos partindo do nível 1. As transições a partir do nível 1 exigem mais energia devido a atração do elétron com o núcleo. Essas transições foram estudadas por Lyman, são emissões abaixo de 400nm e estão na faixa do ultravioleta. Em contrapartida as transições que iniciam acima do nível 3, onde o elétron está sofrendo menos influência do núcleo necessitam de menos energia, que ocorrem na faixa do infravermelho para promover essas transições e quando o elétron volta ao estado fundamental devolvendo energia com comprimento de onda maior que 700nm, que foram estudadas por Paschen, Brackett e Pfund (YOUNG, 2008).

Figura 04 -Formas de representar os níveis de energia do átomo de hidrogênio e transições entre as diferentes séries.



Fonte: Young (2008).

De acordo com a descrição anterior, as séries espectrais comprovam as proposições de Bohr sobre as transições de níveis de energia para o átomo de hidrogênio, mas não oferece subsídios para a previsão dos níveis de energia de outros elementos, que são fornecidos por estudos mais aprofundados da mecânica quântica (YOUNG, 2008).

3.9.2 O Nascimento da Física Quântica

Em 1887, Hertz provou que ondas luminosas e eletromagnéticas tinham as mesmas propriedades, confirmando as proposições de Maxwell. Porém, o efeito fotoelétrico, que consiste em retirar elétrons de uma superfície metálica incidindo sobre a mesmas ondas eletromagnéticas, deixando-a carregada positivamente, trouxe de volta a concepção corpuscular da luz. O intrigante deste fenômeno para os cientistas da época foi que energia dos elétrons era determinada pela frequência da onda eletromagnética e não pela intensidade da luz como era de se esperar pela teoria ondulatória de Maxwell (BRENNAN, 2003).

Em 1900, o professor Marx Planck fez considerações sobre o comportamento da radiação de um corpo negro, ou seja, um material que absorve toda a radiação que incida sobre ele e que teoricamente deveria irradiá-la da mesma forma. Porém negando as leis da Física Clássica, não ocorre desta forma (BRENNAN, 2003).

Nesta época a Alemanha produzia aço de excelente qualidade, daí a importância de medir a temperatura dos fornos a partir das radiações térmicas emitidas, visto que o uso de termômetros era descartado em temperaturas tão altas. Curvas experimentais foram construídas a partir da análise das luzes dos fornos utilizando prismas ópticos. Houve grande esforço dos físicos da época para tentar encontrar a fórmula matemática para caracterizar a radiação do corpo negro chegando a resultados que foram metaforicamente denominados de “a catástrofe do ultravioleta”, por teoricamente emitirem uma quantidade infinita de radiação de frequência elevada (ROCHA, 2002).

Marx Planck considerou a interação entre a luz emitida e a matéria, representada aqui pelo corpo negro e chegou à conclusão de que a radiação era

emitida em pequenos pacotes de energia ou quanta de energia, que só poderiam ser emitidos em números inteiros, nunca em frações de um *quantum*. A equação de Max Planck, tem como “ f ” é um número inteiro de quanta, cada um com um valor igual a “ $E=h.f$ ”, onde “ h ” representa a constante universal de Planck, de valor igual a $6,63 \times 10^{-34}$ J.s. (BRENNAM, 2003).

Cinco anos depois Albert Einstein, confirmou a teoria de Max Planck ao explicar o efeito fotoelétrico, que seria o desprendimento de elétrons da superfície certos metais quando atingidos por radiação ultravioleta. O coeficiente de emissão de elétrons depende da frequência da luz e não da sua intensidade, ou seja, emissão de alta frequência desaloja mais elétrons. Este fato só poderia ser explicado se a luz for considerada como *quanta*, sendo que quanto maior a frequência maior os quanta (STRATHERN, 1998). Gilbert N. Lewis, em 1926, dá nome a estas “partículas” de energia, de fótons. Atualmente o termo “fóton” é usado para denominar não apenas um *quantum* de luz, mas de qualquer onda eletromagnética (ROCHA, 2002).

No fenômeno de interferência, produzido pela experiência de dupla fenda de Yung, a luz se comporta como onda e no efeito fotoelétrico como partícula. Então, qual teoria explica melhor o comportamento da luz?

Naturalmente, uma teoria só ondulatória, como é o caso da teoria eletromagnética da luz (expressa pelas equações de Maxwell) não seria suficiente pois, como se sabe, a teoria eletromagnética da luz não explica o efeito fotoelétrico; uma teoria puramente corpuscular da luz também não seria suficiente, pois negaria a teoria eletromagnética de Maxwell (ROCHA, 2002, p.244).

Einstein, em 1924, não via conexões entre o caráter ondulatório e corpuscular da luz, mas não tinha como abandonar as evidências da luz como onda eletromagnética, reconhecendo seu caráter dual, onda-partícula (BRENNAM, 2003).

Com o surgimento da teoria da dualidade da luz, o físico francês Louis Broglie estendeu este conceito para as partículas materiais como o elétron que possui essa dualidade. As ideias de L. de Broglie foram confirmadas com um experimento de difração com elétrons realizado por Clinton J. Davisson e Lester A. Germer, o que lhe rendeu o Prêmio Nobel em 1929.

A partir das descobertas L. de Broglie, o físico e matemático Erwin Schrödinger publicou uma equação de onda, cuja importância para o desenvolvimento da Física quântica foi fundamental (ROCHA, 2002)

4 METODOLOGIA

O presente trabalho foi desenvolvido dentro do viés qualitativo da pesquisa-ação, que se trata de pesquisa participativa, onde pesquisadores e participantes integram-se na busca da resolução de um problema que atinge a coletividade (CORRÊA et al, 2018). É um método de pesquisa situado entre a prática rotineira e a pesquisa acadêmica, exigindo ação na área da prática e da pesquisa. Essa modalidade surgiu da necessidade de investigar a prática com o intuito de aprimorá-la. No campo educacional a pesquisa-ação é usada para o desenvolvimento de educadores e pesquisadores na melhoria no processo de prática de ensino e investigação sobre ele. Sistematiza-se com as seguintes etapas de forma cíclica: planejamento para a melhoria de uma prática; ação para implementá-la; monitoramento e descrição dos efeitos; avaliação das mudanças da prática e dos efeitos da mudança (TRIPP, 2005).

De acordo com Corrêa et al. (2018) “Trata-se de uma pesquisa exploratória de caráter bibliográfico sob o olhar qualitativo”. A pesquisa-ação tem como característica suprir dois tipos de objetivos: o objetivo prático que consiste na busca de possibilidades de ações para a resolução do problema em estudo; e o objetivo de conhecimento que está vinculado à aquisição de informações e desenvolvimento de conhecimentos para o coletivo em questão. Para ser classificada como pesquisa-ação, há que ter ação de todos os componentes contribuindo no processo investigativo, no caso o pesquisador e respondentes. Porém, é função do pesquisador avaliar é viabilizar as ações de acordo com o contexto (CORRÊA et al., 2018).

O trabalho de dissertação aqui apresentado apropriou-se de pesquisas bibliográficas dentro das disciplinas de Química e Física, confrontando conceitos do currículo de ensino da Educação Básica, de acordo com a proposta das Leis de Diretrizes e Bases da Educação e a Base Nacional Comum Curricular, que propõem a interdisciplinaridade e a contextualização, sem perder a essência das duas disciplinas. O resultado foi a produção e aplicação de uma sequência didática interdisciplinar, fazendo uso da experimentação de caráter investigativo e de mapas conceituais como estratégias de ensino e tendo como tema fundamental os fenômenos ópticos.

Enquadrando-se nessa premissa, as atividades experimentais foram baseadas em práticas já usadas e apresentadas dentro de trabalhos acadêmicos publicados, bem como o desenvolvimento de propostas experimentais diferenciadas pelos próprios estudante no decorrer das etapas planejadas.

A primeira etapa iniciou com uma sondagem das concepções dos estudantes acerca do assunto estudado. A seguir alguns conceitos básicos sobre fenômenos luminosos foram apresentados em aula expositiva e a solicitação de atividades de pesquisa sobre o fenômeno que o primeiro grupo apresentou de forma experimental. Os alunos foram divididos em quatro grupos para montagem, execução e apresentação dos experimentos em sala de aula durante o desenvolvimento das quatro primeiras etapas. Cada grupo ficou responsável por produzir um pré-relatório de prática dos experimentos a partir de pesquisa em meios eletrônicos, livros ou revistas, além de apresentação de textos à toda a turma, consistindo em pesquisa sobre conceitos fundamentais relacionados aos fenômenos observados nos experimentos apresentados.

Posteriormente, os mesmos experimentos foram apresentados para comunidade escolar numa feira de Ciências, com o auxílio de banners, folders e cartazes.

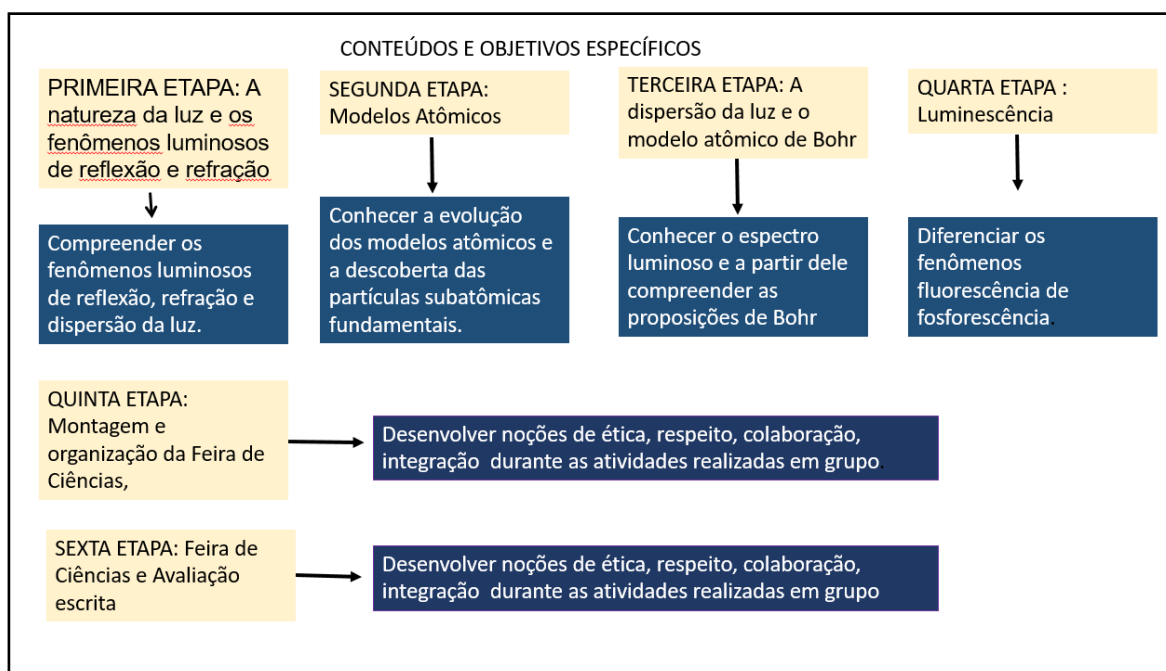
A sistematização do trabalho junto aos alunos foi realizada conforme o diagrama abaixo, relacionando os conteúdos e os principais objetivos a serem alcançados:

Figura 05: Etapas da Sequência Didática.



Fonte: Autoria própria.

Figura 06: Conteúdos e objetivos específicos.



Fonte: Autoria própria.

Para buscar desenvolvimento da formação integral, Zabala (1998, p.30), afirma que:

“Portanto, também serão conteúdos de aprendizagem todos aqueles que possibilitem o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social.”

Enfim, desenvolver todas as capacidades, não somente as cognitivas, mas também as capacidades motoras, de inserção social e relacionamento interpessoal.

Os conteúdos, dentro da perspectiva de formação integral, podem ser classificados em: factuais, conceituais, procedimentais e atitudinais. Os factuais correspondem aos conhecimentos de fatos, datas, dados, códigos, entre outros, que tem importância na compreensão de conceitos; os conceituais, não é necessário ao estudante memorizar a definição de um conceito, mas utilizar tal conteúdo para a interpretação de um fenômeno. Entretanto, a aprendizagem de um conteúdo conceitual não deve ser considerada em nenhum momento como acabada, pois sempre existe a possibilidade de aprofundar o conhecimento. Visto que os conceitos são utilizados constantemente sem a necessidade de defini-los ou explicá-los. Os procedimentais são conhecimentos que tornam possíveis ações realizadas a partir de reflexão a fim de atingir um objetivo ou em situações imprevistas. Os atitudinais se resumem basicamente em valores, atitudes e normas, sendo muito complexa sua

avaliação. O domínio dos conteúdos conceituais pode ser constatado em atividades onde o estudante usa o conceito em explicações espontâneas, geralmente em trabalhos em grupo como debates e exposições (ZABALA, 1998).

Os conteúdos procedimentais implicam saber fazer, e o conhecimento sobre o domínio deste saber fazer só pode ser verificado em situações de aplicação destes conteúdos. Para aprender um conteúdo procedimental é necessário ter uma compreensão do que representa como processo, para que serve, quais são os passos ou fases que o configuram, etc. O que define sua aprendizagem, não é o conhecimento que se tem dele, mas o domínio ao transferi-lo para prática (ZABALA, 1998, P. 207).

Expectativas de aprendizagem da aplicação da sequência didática:

- Compreender a luz como radiação eletromagnética dentro espectro eletromagnético, relacionando os comprimentos de onda às cores deste espectro.
- Compreender os fenômenos luminosos como refração, reflexão, dispersão, absorção e espalhamento da luz.
- Conhecer a evolução dos modelos atômicos, associando às descobertas das partículas fundamentais.
- Conhecer e compreender os fenômenos de luminescência.
- Desenvolver noções de ética, respeito, colaboração e interação dentro das atividades realizadas em grupo

As atividades didáticas foram divididas conforme o cronograma de aulas da escola, sendo duas aulas semanais de cinquenta minutos.

Para atender aos pressupostos da aprendizagem significativa, o estudante deve ter uma visão geral do objeto de estudo para depois diferenciar e relacionar significados, propriedades, critérios entre outros conceitos mais específicos (MOREIRA, 2013). Para atender a esta função, foram produzidos os pré-relatórios dos experimentos, onde os estudantes pesquisaram sobre os temas antes de apresentar os experimentos e serem questionados acerca dos fenômenos observados. Essa mesma prática foi usada nas aulas sequenciais.

A primeira aula foi iniciada com a realização de uma sondagem sobre o conhecimento prévio do tema central da unidade didática.

PRIMEIRA ETAPA:

Conteúdos: A natureza da luz e suas propriedades; Reflexão, refração e dispersão.

Objetivos: Compreender os fenômenos luminosos: reflexão, refração e dispersão da luz; constatar as propriedades ondulatórias como frequência e comprimento de onda.

Encaminhamentos:

- Propor um mapa mental para a palavra “luz”. Cada aluno expõe uma palavra ou expressão que defina o conceito de luz,
- Leitura individual de um texto sobre as diferentes concepções de Newton e Huygens (SER PROTAGONISTA, 2013, p.236)
- Discutir os aspectos históricos apresentados no texto.
- Aula expositiva conceituando os fenômenos ópticos de reflexão, refração e dispersão.
- Produção de um mapa conceitual destacando os fenômenos ópticos estudados.
- Encaminhar o grupo 1 para trazer o primeiro experimento e o pré-relatório para ser apresentado à turma na próxima etapa.

De acordo com as propostas da aprendizagem significativa, o pré-relatório de prática, nesta situação pode servir como um organizador prévio para integrar o conhecimento que o estudante já possui na sua organização cognitiva, com o objeto de estudo desta unidade didática, que é a luz, caracterizada como onda eletromagnética. A interação cognitiva vai acontecer quando o aluno associar ou diferenciar as ondas mecânicas do som com as ondas eletromagnéticas da luz. O experimento pode auxiliar a atingir as seguintes metas: Compreender que o som consiste em onda mecânica; associar que as propriedades, grave, agudo, são propriedades das ondas; observar o processo de reflexão da luz associado às ondas sonoras produzidas pela fala. O roteiro do experimento encontrar-se no apêndice deste trabalho.

A elaboração do pré-relatório serviu para dar respostas aos seguintes questionamentos:

- 1) O que é som?
- 2) Basicamente como são articuladas as palavras usadas na fala?
- 3) Qual é a diferença entre as ondas produzidas por um som grave e um agudo?

4) Qual é a relação entre o volume do som e as ondas sonoras?

5) Descreva como ocorre a reflexão da luz?

O experimento que é descrito no roteiro, teve o intuito de levar o estudante a perceber que o som possui propriedades ondulatórias como frequência e comprimento de onda e que o som necessita de um meio material para se propagar, então se trata de uma onda mecânica.

SEGUNDA ETAPA

As aulas desta etapa iniciam apresentando o papel dos modelos no desenvolvimento do conhecimento científico.

Conteúdo: Modelos atômicos

Objetivos gerais: Conceituar o que são modelos; compreender a evolução dos modelos atômicos iniciando pelo modelo de Dalton até o modelo de Bohr e a importância das descobertas da Ciência para a humanidade.

Encaminhamentos metodológicos:

- Apresentação do primeiro experimento montado pelos alunos, “Como ver a tua voz”, questionando acerca da prática e da pesquisa:
 - 1) O que é o som?
 - 2) Qual é a diferença entre as ondas produzidas por um som grave e um agudo? (Demonstrar a diferença com o experimento);
 - 3) Basicamente, como são articuladas as palavras na fala?
 - Propor um mapa mental para a palavra “modelo” com o objetivo de relacionar como uma previsão ou hipótese. Cada aluno expõe uma ou mais palavras e/ou expressões produzidas a partir do mapa mental, para posteriormente promove-se uma discussão.
 - Assistir ao filme: Tudo se transforma, história da Química, história dos modelos atômicos (CCEAD PUCRIO, 2012).
 - Produzir coletivamente uma linha do tempo localizando a criação dos principais modelos atômicos, relacionando os fatos principais que levaram a tais modelos.
 - Questões para responder a partir do vídeo, explanação do professor e discussões:

- a) Por que Dalton denominou a unidade básica da matéria como “átomo”?
 - b) Que evidências experimentais levaram Dalton a elaborar um modelo maciço para o átomo?
 - c) Por qual critério ele caracterizava os elementos químicos?
 - d) Em que consistiam os raios catódicos? Quais eram as principais diferenças entre os raios catódicos e o átomo de Dalton?
 - e) Qual foi a conclusão de Thomson?
 - f) Qual o questionamento inicial de Rutherford acerca do modelo proposto por Thomson?
 - g) Quais as principais conclusões de Rutherford sobre a composição da matéria?
 - h) Por que segundo Bohr, os elétrons mais energéticos ficam mais longe do núcleo?
- Encaminhar o grupo 2 para a apresentação do segundo experimento na próxima aula, “Decompondo a luz”, que tem por objetivos: observar os fenômenos de refração e dispersão da luz; compreender os fenômenos de refração e dispersão da luz; relacionar o fenômeno de dispersão da luz ao modelo atômico de Bohr. E orientar para a produção de um pré-relatório de experimento de dispersão da luz para explicar a formação do arco-íris.

O experimento de dispersão da luz tem o intuito de levar o estudante a perceber que a luz branca é policromática. Para que o fenômeno seja visto com evidência é necessário que o ambiente esteja escuro.

TERCEIRA ETAPA

Conteúdos: Fenômeno luminoso de refração da luz e o modelo atômico de Bohr

Objetivos: Compreender o fenômeno de refração da luz e sua relação com as proposições de Bohr para a elaboração de um novo modelo atômico.

Encaminhamentos da aula:

- Retomada do conceito de onda a partir do experimento apresentado pelo grupo 1.
- Retomada de conceitos sobre a teoria corpuscular da luz de Newton e a teoria ondulatória de Huygens.
- Apresentação do experimento de “Decomposição da luz por um prisma”.

- Questões investigativas sobre o experimento:
 - 1) Observe que a luz mudou de direção. Como se chama esse fenômeno?
 - 2) A luz branca se decompõe em várias cores ao atravessar o prisma. Como se chama esse outro fenômeno?
 - 3) Qual é a justificativa para os fenômenos da refração e dispersão da luz branca?
 - 4) Se os feixes de luz possuem cores diferentes, tem propriedades diferentes. Quais são estas propriedades?
 - 5) A ordem das cores é sempre a mesma? Por quê?
 - 6) Propor ao grupo de alunos do experimento de decomposição da luz, apresentar as pesquisas sobre a formação do arco-íris.

- Aula expositiva sobre ondas eletromagnéticas e o espectro eletromagnético.
- Relacionar o espectro da luz com o modelo atômico de Bohr.
- Encaminhar os grupos 3 e 4 para a realização dos experimentos “Produzindo luz negra” e “Disco de Newton”. Os roteiros encontram-se especificados no apêndice do trabalho de dissertação.
- Leitura e discussão sobre o artigo: A Espectroscopia e a Química da Descoberta de Novos Elementos ao Limiar da Teoria Quântica (FILGUEIRAS, 1996).

QUARTA ETAPA

Conteúdo: Fenômenos de luminescência

Objetivos: Retomar os conceitos de espectro eletromagnético e de modelos atômicos; compreender os fenômenos de luminescência a partir do modelo atômico de Bohr;

Encaminhamentos metodológicos:

- Aula expositiva sobre a interpretação do modelo atômico de Bohr.
- Apresentação do experimento “ Arco-íris ao contrário”
- Questões investigativas relacionadas ao experimento:
 - 1) Ao girar o disco de Newton vê-se a cor branca, como isso acontece?
 - 2) Quais a evidência desse fenômeno observa-se no dia-a-dia? Que aparelhos aproveitam do fenômeno de sobreposição da luz?

3) Quando o disco está parado, nós vemos várias cores. Como é possível distinguir essas cores?

Apresentação do experimento “Produzindo luz negra”.

Questões investigativas relacionadas ao experimento.

- 1) O que é uma lâmpada de luz negra? Por que ela é chamada assim de “luz negra”?
- 2) Que relação tem o ultravioleta com os nossos sentidos?
- 3) Por que a lâmpada foi pintada ou revestida com papel celofane azul e rosa. Qual a função do revestimento?
- 4) Qual é a diferença entre fluorescência e fosforescência?

- Um breve histórico sobre a Surgimento da Física Quântica.
- Construção de um mapa conceitual relacionando todos os fenômenos estudados nesta sequência didática.

Na última etapa, além da Feira de Ciências, os estudantes foram submetidos à um questionário final.

O trabalho de pesquisa aqui apresentado foi submetido à avaliação em Comitê de Ética e somente iniciado após sua aprovação, acatando todas as exigências necessárias em pesquisas envolvendo seres humanos.

4.1 LOCAL DA PESQUISA

A unidade didática foi aplicada no Colégio Estadual do Campo Castelo Branco do Município de São Miguel do Iguçu, Estado do Paraná, na turma do terceiro ano A, do período matutino, no ano letivo de 2018. A turma possuía 23 alunos regularmente matriculados.

O colégio atendia no ano de 2018, 701 estudantes do Ensino Fundamental e Ensino Médio nos três períodos, matutino, vespertino e noturno. E de acordo com o Projeto Político Pedagógico, sendo aproximadamente 30 % provenientes da zona rural, como, filhos de pequenos agricultores, assentados, filhos de pescadores, quilombolas da Comunidade Apepu e indígenas da Comunidade Ava Guarani. Os

demais estudantes pertencem aos bairros e centro da cidade. Deste, 40 % apresenta renda familiar de até 1 salário mínimo e 39 % de 1 a 3 salários mínimos

Os últimos dados coletados no Projeto Político Pedagógico referentes aos resultados no final do ano letivo de 2016, computa as seguintes percentagens: 67% de alunos aprovados; 21 % aprovados por conselho de classe; 32 5 % reprovados; 3 % desistentes.

4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A coleta de dados ocorreu em dois momentos. O primeiro, a partir das apresentações dos experimentos em sala e na feira de ciências, com fotos, gravações de áudio e vídeo. O segundo, numa avaliação escrita aplicada em sala de aula, de acordo com as propostas de avaliação formativa apresentada no trabalho de dissertação.

A avaliação formativa leva em consideração todo o processo de ensino aprendizagem e o sujeito deixa de ser o aluno e sim todos que participam do processo. O professor avalia cada etapa do processo para tomar as decisões que possam se adequar as necessidades do estudante. Os conteúdos procedimentais e atitudinais são muito complexos de serem avaliados quantitativamente por serem subjetivos, a melhor forma para isso seria a observação em momentos como a organização de trabalhos em equipe, diálogos e discussões, etc (ZABALA, 1998).

A dissertação aqui apresentada é pesquisa qualitativa, porém as respostas do questionário final foram colocadas em gráfico para melhor compreensão dos resultados obtidos e justificadas abaixo.

A Análise qualitativa dos dados é baseada em processos indutivos e tem por objetivo captar os significados multidimensionais dos fenômenos, levando em conta as diferentes formas que o pesquisador utiliza para analisar os dados e que resulte num trabalho que retrate a realidade de forma real e crítica, contribuindo significativamente para a construção do conhecimento (ALVES; SILVA, 1992).

A estratégia usada na pesquisa foi entrevista com gravação de voz e vídeo e questionário escrito, e o que permite segundo Alves e Silva (1992) a captação integral da fala dos sujeitos da pesquisa e uma posterior análise mais rigorosa dos conhecimentos e crenças dos pesquisados, que leva a geração de uma quantidade

grande de dados diversificados que enriquecem a pesquisa e vão se afinando conforme a relevância para a mesma.

Muitas vezes a impregnação pelos dados traz como consequência uma quantificação implícita a que pode se traduzir na busca de regularidades e diferenças nas respostas que terão nuances de muito interesse: há respostas distintas com um mesmo fundamento, respostas iguais com fundamentos diferentes e mesmo algumas contraditórias em um único sujeito, e por fim as exceções (ALVES; SILVA, 1992, p.66).

Há que se considerar ainda a necessidade partilha dos dados com outros pesquisadores que podem, a partir de pontos de vista diferentes, promover distintas interpretações conduzindo a maior objetividade e precisão para a análise.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No item metodologia deste trabalho, contém um diagrama resumindo cada etapa da aplicação da pesquisa, e nesta sessão o mesmo diagrama se apresenta descriminando a complementação feita pelos estudantes na feira de Ciências, no caso a sexta etapa.

Figura 07: Etapas da Sequência Didática



Fonte: Autoria própria.

Como um dos objetivos deste trabalho é a sugestão de atividades interdisciplinares para os professores que atuam no Ensino Médio, no caso de aplicação por outro professor, pode ocorrer o desenvolvimento de outras temáticas diversas centralizadas pelo mesmo assunto inicial.

5.1 PRIMEIRA ETAPA

A primeira aula aplicada no desenvolvimento da sequência didática teve como objetivo investigar o que o estudante tem em mente sobre o tema a ser estudado com a produção de um mapa mental cujo o título "luz". O mapa mental é uma estratégia que permite que se externalize o conhecimento prévio (BELUZZO, 2006).

Para demonstrar ludicamente as respostas foi usado o programa Word Art 2. Os termos usados pelos alunos no mapa mental “luz”, de acordo com a proporção em que surgiram, estão representados na nuvem de palavras (fig.08).

Figura 08 – Nuvem de palavras



Fonte: Autoria própria.

Figura 09 – Tabela dos termos usados pelos alunos no mapa mental “luz”.

Termos usados no mapa mental “LUZ”	Número de alunos que usaram o termo	Porcentagem dos alunos que usaram o termo
Sol	21	92
Clareza	17	76
Fogo, luminosidade e energia	15	69
Visão	16	73
Reflexo; eletricidade	7	30
Velocidade; cor; sombra; lâmpada	5	23
Brilho; natural; calor; nitidez	3	15

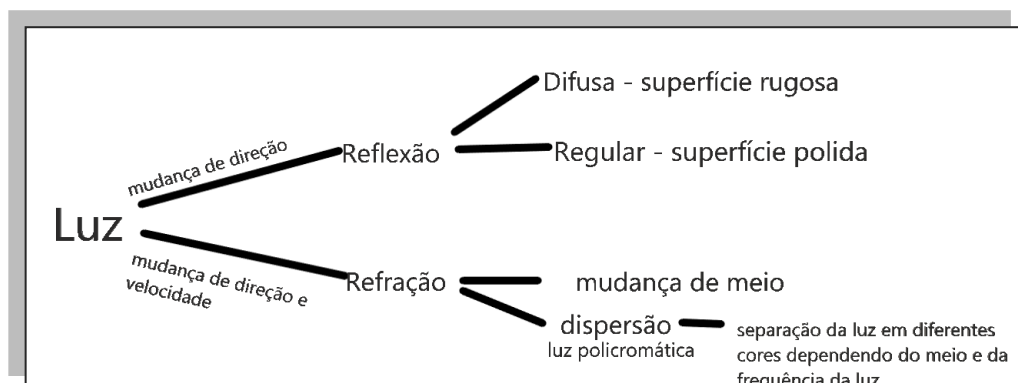
Lanterna; imagem; reações químicas; artificial; nascer; dia	2	7
---	---	---

Fonte: Autoria própria.

O termo mais utilizado “sol”, leva às inferências de que haja concepção de que o Sol é fonte primária de luz. A seguir, os termos “claridade, luminosidade, energia” associam-se diretamente ao termo inicial. Posteriormente, os termos de menos uso remetem as consequências dos efeitos luminosos como “reflexo, visão, imagem, nitidez, cor, sombra”. Os termos “reações químicas e fogo”, se associam e demonstram conhecimento científico adquirido no final do ensino fundamental e ensino médio sobre as reações químicas e a produção de energia. Da mesma forma, o termo “velocidade”, sugere que o estudante possui conhecimento mais elaborado ao relacioná-lo com o tema em questão.

As atividades previstas para a primeira etapa foram concluídas com um mapa conceitual produzido coletivamente, de acordo com os conceitos estudados no período. O uso do mapa conceitual nesta etapa e de forma coletiva tem como função a consolidação dos conteúdos estudados nesta e ainda consiste na fase de reconciliação integradora da aprendizagem significativa, destacando a relação entre conceitos dentro de um contexto.

Figura 10 - Primeiro mapa conceitual.



Fonte: Autoria própria

5.2 SEGUNDA ETAPA

Seguindo o programa planejado, iniciou-se a segunda etapa com a apresentação do primeiro grupo de alunos responsável pelo experimento baseado em Como... (2015) “Como ver a tua voz”, que envolve as propriedades ondulatórias do som com a reflexão da luz. Aqui seguiu-se o princípio da diferenciação progressiva, os conceitos são dispostos do mais geral para os específicos (MOREIRA, 2013), iniciando pela aula expositiva e depois pelos detalhes conceituais angariados dentro do experimento com a apresentação dos alunos e questionamentos do professor.

Utilizando o aparato montado conforme o roteiro descrito no apêndice deste trabalho, os estudantes foram testando os efeitos luminosos produzidos por vozes diferentes, mais graves ou mais agudas e imitando sons como, a sirene da escola. Neste momento, os conteúdos conceituais são aplicados dentro da prática experimental, conforme as figuras 11 e 12.

Figura 11 - Montagem do aparato “Como ver a tua voz”.



Fonte: Autoria própria.

Figura 12 - Alunos testando o aparato “desenhando a voz”.



Fonte: Autoria própria

Como o exposto na metodologia, o pré-relatório, pode ser usado como organizador prévio para o estudante apropriar-se de uma visão geral do tema para de pois diferenciar e relacionar significados, que progressivamente vão sendo incorporados com outros conceitos.

A seguir segue a descrição do questionamento da professora em relação ao experimento apresentado e ao pré-relatório, cada questão encontra-se separada em quadros:

Professora- Como vocês explicam estes efeitos da luz?

Aluno 1 - O som é uma vibração material. A partir do ar a ondas sonoras se propagam chegando até os ouvidos. Assim que nós ouvimos. O som pode ser agudo ou mais grave. O som com maior frequência e uma vibração mais rápida é o som agudo.

Aluno 2 - E o grave tem uma frequência menor, com vibrações mais lentas, mas é um som mais longitudinal.

Professora- Qual é a relação entre o som e as cordas vocais? Como a gente produz as palavras quando está falando?

Aluno 3 -O ar vem do pulmão e vibra as cordas vocais da gente, vai para a boca e elas (as palavras) são articuladas pela língua, pelos dentes e pelos lábios.

Professora - O que tem a ver o som, dependendo se ele é grave ou agudo com a vibração aqui (demonstrada no experimento)? Como fica o desenho? (Aluno demonstra novamente produzindo um som agudo e um grave).

A figura 13 é o efeito da luz com o som grave com o aparato confeccionado

Figura 13: Imagem formada com som grave.



Fonte: Autoria própria.

O conhecimento solicitado pela professora a partir dos questionamentos, ficou sob responsabilidade de pesquisa por parte dos alunos e através da análise do diálogo entre alunos e professora, observou-se que houve uma associação errônea de frequência com velocidade de propagação do som. Quando o aluno diz que o som grave é longitudinal, está afirmando que o comprimento de onda é longo em relação ao agudo. O conceito foi revisto durante as conversas posteriores. Desta forma pode-

se observar a possibilidade da avaliação formativa onde o conceito pode ser retomado e reconstruído com a articulação do professor.

A professora usou a palavra “desenho” erroneamente, coerentemente seria “imagem” gerada com o aparato montado pelos estudantes. Segue a seguir a continuação do diálogo.

Professora: Onde as ondas são maiores? No som agudo ou grave?

Aluno 1 - As ondas são maiores no som grave.

Professora - Então no som grave o comprimento de onda vai ser maior, no agudo o comprimento de onda vai ser menor. E quando o som tem um volume alto, a gente fala volume, mas é intensidade, como comparar o ronco de um avião e de uma pessoa?

Aluno 4 – As vibrações?

Aluno 1- A frequência do som.

Professora: Não seria a frequência, seria a intensidade.

Aluno 1- A altura, intensidade.

Professora: A altura seria o que vocês explicaram antes, som mais grave, comprimento de onda maior e frequência menor. A intensidade seria a energia com que são propagadas essas ondas, a pressão que é exercida no ar para que elas se propagem.

Após a apresentação da atividade experimental, um mapa mental tendo como tema central a palavra “modelo” foi proposta com o objetivo de dar início a um debate para esclarecer a importância dos modelos para o desenvolvimento científico. A partir da atividade foi possível observar que a maioria dos alunos não associou a palavra modelo a uma ferramenta de investigação científica, apesar de ter estudado o conteúdo “Modelos atômicos” no primeiro ano do Ensino Médio.

Dos 21(vinte e um) alunos que compareceram à aula naquele dia letivo, 19(dezenove) alunos usaram no mapa mental solicitado pelo menos um dos termos a seguir, demonstrando o entendimento de que modelo serve como ferramenta explicativa: demonstração, apresenta, mostra de algo novo, exemplo, amostra, representação. Juntamente com estes, a maior parte das palavras usadas nos mapas mentais fazem alusões à palavra “modelo” no cotidiano: beleza, moda, roupas, passarela, profissão, objetos, marca, carro, mulher, homem, entre outros. Um aluno usou estes dois únicos termos: “Uma explicação para algo que você não conhece” e “Uma amostra do que vai ser apresentado”. Um outro aluno, ainda usou o termo “algo que não foi criado” sugerindo que “modelo” poderia ser um protótipo que serve como ferramenta para previsão. Tanto a função explicativa como a preditiva são papéis importantes dos modelos no desenvolvimento científico. As atividades seguintes foram desenvolvidas com o objetivo de conhecer o desenvolvimento dos modelos atômicos de Dalton até Rutherford.

5.3 TERCEIRA ETAPA

Desde o início do desenvolvimento da sequência até a terceira semana, o estudo da luz se limitou aos fenômenos de reflexão e refração. O segundo experimento ficou a cargo de outro grupo de alunos que deveria além de demonstrar, pesquisar sobre o fenômeno da dispersão da luz. A princípio houve a demonstração usando uma vela acesa e um disco de acrílico. A sala de aula foi parcialmente escurecida para que os efeitos fossem mais visíveis, conforme a figura 14.

Figura 14 - Experimento de dispersão usando um disco de acrílico:



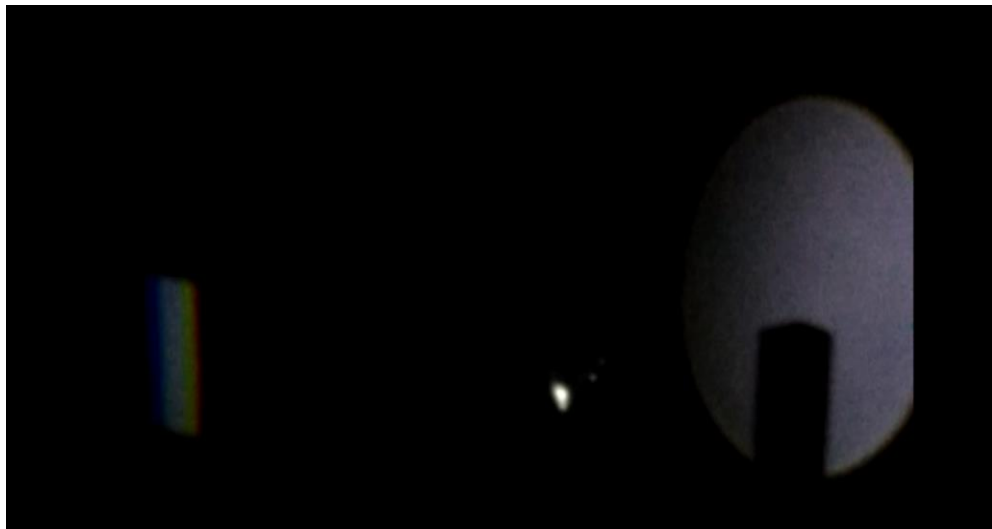
Fonte: Autoria própria

Os estudantes montaram um aparato conforme solicitado, com prisma e lupa, direcionando a luz para uma parede branca. A sala está escurecida e o fenômeno é observado. Segue abaixo o diálogo entre professor e alunos.

Um aluno do grupo responsável pelo experimento tenta explicar:

Aluno 1: Isso é chamado de dispersão da luz. Quando ela se forma, tirando as cores que tem na luz branca, formando tudo lá no quadro.

Figura 15- Dispersão da luz branca por um prisma.



Fonte: Autoria própria.

Professora: Vocês viram que a luz mudou de direção? O que aconteceu?

Aluno 1: Dispersão.

Professora: Dispersão? Ou não? Qual é o nome do fenômeno?

Aluno 2: Reflexão?

Aluno 3: Refração

Professora: Haham! Refração! E a separação em cores a gente chama de...

Alunos: Dispersão!

Professora: Retomando. A luz branca se decompõe em várias cores ao atravessar o prisma. Como se chama esse fenômeno?

Aluno 1: Dispersão.

Professora: Muito bem! Agora, se os feixes de luz possuem cores diferentes, a luz branca é formada pelas diversas cores. Elas têm propriedades diferentes, não tem? Então, está branca, está tudo junto, passa pelo prisma, ela se divide. Que propriedades são essas que diferenciam as cores?

Aluno 1: A velocidade de propagação da luz?

Professora: O que mais? Além da velocidade de propagação?

Aluno 2: A frequência que ela chega até o prisma. Ao chegar ao prisma abrindo.

Professora: Mas, ela muda de frequência ao chegar ao prisma?

Aluno 2: Acho que sim.

Aluno 1: A velocidade de desvio de cada luz.

Professora: A velocidade sim. Mas será que a frequência muda?

Aluno 4: Não.

Professora: Por que será que a luz vermelha é a mais rápida?

Aluno 1: Por que ela sofre maior desvio em relação às outras cores.

Aluno 4- A velocidade dela é maior.

Professora: É maior? Por quê?

Alunos...

Professora: Vocês lembram do grupo 1 falando sobre o som e o comprimento de onda sonora. Então o comprimento de onda da luz vermelha vai ser igual ao da luz amarela. Ou não?

Alunos: Não

Aluno 2: Por ser mais forte, provavelmente vai ser mais comprido. Não é?

Professora: O mais forte é o mais comprido?

Aluno 1: Não! É o mais curto.

Professora: É o mais curto?

Aluno 1: A luz vermelha é mais curta.

Professora: Mais curta?

Aluno 1: É a primeira que aparece.

Professora: O comprimento de onda que é mais curto? Ou é a frequência que é menor?

Aluno 2: A frequência é menor.

Professora: A frequência é menor.

Aluno 4: O comprimento de onda é o mesmo.

Professora: Não! Frequência diferente, comprimento de onda diferente. Gente! A luz vermelha é a mais energética ou a menos energética de todas as cores.

Alunos: A mais.

Aluno 1: A menos.

Professora: Então, a vermelha tem a frequência maior?! A velocidade da luz é a mesma, por exemplo no vácuo. Se a gente pensar que a luz do Sol vem até a Terra no vácuo, que não é um meio material, tem velocidade de aproximadamente trezentos mil metros por segundo. Mas, quando chega na Terra, já tem um meio material, a velocidade vai mudar dependendo do meio que ela vai atravessar. Não é mesmo?

Mas, pensando em comprimento de onda. Qual cor tem maior frequência e comprimento de onda menor?

Aluno 1: A vermelha.

No último trecho do diálogo observa-se que os estudantes não conseguiram responder à questão feita inicialmente e a resposta não foi dada prontamente, mas com novos questionamentos a fim de que os estudantes busquem respostas a partir de observações, deduções e pesquisas realizadas. Desta forma os conhecimentos prévios relacionam-se com o que tem que ser aprendido.

De acordo com Tavares (2004), o fato de o aluno ter disposição para a aprender é relacionado à sua dedicação de relacionar, diferenciar e integrar conceitos para aprender com os que já estão em seu domínio cognitivo. Então, os conhecimentos prévios estabelecem relações conceituais com o que tem que ser aprendido facilitando a aprendizagem. Contudo, o estudante deve ter uma visão geral do objeto de estudo para depois diferenciar e relacionar significados, propriedades, critérios entre outros conceitos mais específicos.

A relação entre velocidade, frequência e comprimento de onda, não ficaram claras para os estudantes. Apesar dos mesmos conceitos terem sido reforçados, ainda houve divergências demonstradas na fala. A aula expositiva seguinte, tratou do espectro da luz branca e o modelo de Bohr. A partir deste enfoque, o esperado é que os conhecimentos conceituais sejam concretizados.

Cada semana tem duas aulas de cinquenta minutos, sendo que no final da primeira aula desta semana foi solicitada a leitura do artigo “A espectroscopia e a química da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica” para discussão na próxima aula. Porém, durante a aula seguinte foi constatado que a maior parte dos alunos não leu o artigo, dificultando ainda mais a questão do limite de tempo para desenvolver a sequência didática. As justificativas dos alunos para a não leitura do artigo solicitado em casa foram, falta de tempo, pois a segunda aula da semana acontecia em dia consecutivo a primeira, e outros alegaram que o artigo era de difícil interpretação. O artigo foi lido em sala, foram discutidos tópicos relacionados à

descoberta das radiações infravermelho e ultravioleta, o espectro atômico e a importância destas descobertas para a análise em Química, além de embasar, servir de organizador prévio para a aula expositiva sobre o modelo atômico de Bohr. A seguir, foram encaminhados outros dois grupos de alunos responsáveis pelos próximos experimentos e pré-relatórios sobre o Disco de Newton e lâmpada de luz negra, conforme roteiros no apêndice deste trabalho.

5.4 QUARTA ETAPA

A primeira aula teve início com a apresentação do experimento do disco de Newton, em sequência houve uma série de questionamentos por parte da professora, como relatado a seguir.

Professora – Ao girar o disco de Newton nós vemos a cor branca, como isso acontece?

Aluno 1- Porque quando nós giramos as sete cores que compõe o arco-íris, numa velocidade alta, as cores se sobrepõem sobre a retina dos nossos olhos e nós vemos o que seria a luz branca, formada pelas sete cores principais. Mas, não perfeitamente, por causa da pigmentação.

Professora – Quando o disco está parado, nós vemos várias cores. Certo? Como é possível distinguir essas cores?

Aluno 3- Porque cada cor tem uma frequência e a nossa visão interpreta de maneira diferente.

Professora – Me explica melhor! Ela vem por conta até o nosso olho?

Aluno 1 – Não! A luz é refletida.

Professora – Então é o fenômeno da reflexão?

Aluno 1 – Isso!

No diálogo anterior, pode-se observar a importância do conhecimento prévio para integrar um novo conceito, pois o novo conhecimento tem como base o que foi estudado nas etapas anteriores.

Professora – E por que a gente não vê as outras? Já que por exemplo, eu estou usando uma lâmpada de luz branca, a iluminação é branca, quando reflete eu vejo só o azul ou só o vermelho?

Aluno 4- O objeto absorve as outras cores e reflete somente uma.

Professora –E o que seria a cor preta? Ausência de luz?

Aluno 1- A cor preta não é bem uma cor, ausência de luz.

Professora- E quando a luz bate sobre ela o que acontece? (Aqui a professora deveria ter usado o verbo incidir).

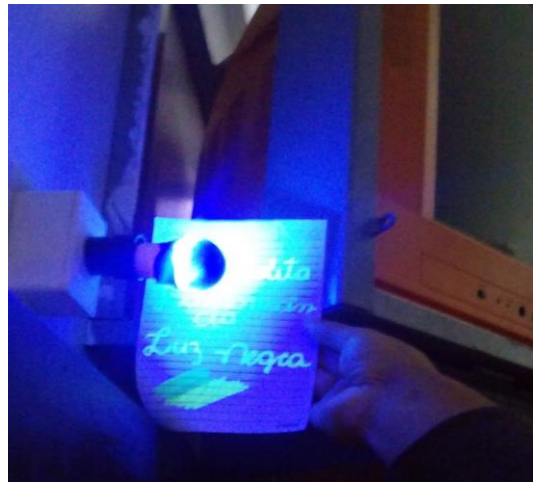
Aluno 1- Ela absorve a luz e a gente vê só o preto no caso. Ela não reflete nenhuma cor.

O grupo demonstrou ter compreendido muito bem a relação das cores dos objetos com o fato da absorção ou reflexão de determinada frequência de luz.

Na sequência houve retomada de conteúdos sobre o modelo atômico de Bohr, que é essencial para a compreensão dos fenômenos luminescência. A aula seguinte iniciou-se com a apresentação do experimento com lâmpada de luz negra e o efeito de fluorescência, conforme a figura 16. No diálogo, a professora manteve-se na

tentativa de instigar os estudantes a responderem ou compreenderem que a radiação ultravioleta não pode ser percebida pela visão do ser humano. Por ser muito extenso, parte do diálogo foi suprimido.

Figura 16 - Uso da luz negra para leitura da escrita com material fluorescente.



Fonte: Autoria própria.

Professora- O que é uma lâmpada de luz negra? Por que ela é chamada assim de “luz negra”?

Aluno 1- Luz negra é basicamente radiação ultravioleta combinada com um pequeno percentual de luz visível. As lâmpadas fluorescentes, por exemplo, grande parte é produzida pela fina camada branca que a envolve composta por sais de fósforo.

Professora- Legal! Mas não ficou bem claro! Luz negra! Se a gente fala que uma lâmpada ilumina, por que luz negra, então? Sendo que negro ou preto é ausência de luz? Se a gente está falando de negro, está falando de ausência de cor ou ausência de luz, não é mesmo?

Aluno 2- A luz negra pode ser facilmente produzida com lâmpadas fluorescentes, removendo a camada branca e tingindo com uma tinta preta que é capaz de absorver a maioria dos comprimentos de onda da luz visível.

Neste último trecho, observa-se que o aluno memorizou o conceito, mas não atentou para o questionamento da professora.

Professora- Muito bem! Então a luz negra, seria negra pra nós só? Por que é denominada luz negra? Ela emite o quê?

Aluno 2- Ultravioleta.

Professora – Ultravioleta! E que característica tem o ultravioleta em relação à luz visível?

Aluno 2- Como?

Professora – Eu vou repetir a pergunta! Uma lâmpada de luz negra, afinal é uma lâmpada e deveria iluminar. E o negro, a cor negra, absorve todas as cores, é ausência de luz.

Aluno 2 – É que as luzes emitidas pelas lâmpadas fluorescentes dão luminosidade esverdeada dos números de certos relógios e dos interruptores domésticos e daí transmite luz luminescentes.

Professora- Não! Aí é luz visível. Você está falando da fosforescência. Nós estamos falando desta lâmpada que vocês produziram aqui. Tenha calma! Estão no caminho certo. O que ela emite?

Aluno 1- Ultravioleta.

Professora – Que relação tem o ultravioleta com os nossos sentidos?

Aluno de outro grupo – A gente não enxerga.

Professora - Exatamente! O nosso olho não tem capacidade de ver o ultravioleta. Vocês viram que emitiu pelo experimento que foi feito, mas a gente não consegue ver.

Professora – Por que a lâmpada foi pintada ou revestida com papel celofane azul e rosa. Qual a função do revestimento?

Aluno 1- Para a luz visível não atravessar?

Professora – Isso! E o que consegue atravessar então?

Alunos – Ultravioleta.

Professora- Agora eu não sei se vocês vão saber responder. Se não responder certo, não tem problema. A gente vai melhorando o conceito depois. Qual a diferença entre fluorescência e fosforescência?

Aluno 2 – Você leu sobre o assunto (Aluna se refere a colega do mesmo grupo).

Aluno 4- Professora! Você ajuda então?!

Aluno 4- É aquele desenho do quadro (se refere ao modelo de Bohr representado na lousa). O elétron da última camada pula para o outro. E daí, quando...

Professora – Quando retorna...

Aluno 4- Daí emite a luz. E daí, quando fluorescência, se desliga a fonte de energia ele desliga na hora. E por conta da fosforescência eles demoram mais para os elétrons rodarem e daí se desliga da fonte de energia, eles podem ficar por mais horas ligado.

Professora – Vocês forraram para bloquear a passagem de luz visível, só passa o ultravioleta. Então, pensando dessa forma, num dia nublado, você está no litoral ou aqui mesmo, a luz visível do sol não passa, mas a ultravioleta passa. E é esse ultravioleta que queima a nossa pele, bronzeia, que causa câncer de pele. E essa questão de a gente usar sempre protetor solar. Mesmo que o tempo esteja nublado. Essa radiação atravessa o papel celofane, ela vai atravessar também as nuvens. Ok?...como é possível que um material que é exposto à luz negra brilhe?

Aluno 3 – Por causa do material fluorescente, que devolve a luz e transmite UV.

Professora – Não é o contrário?

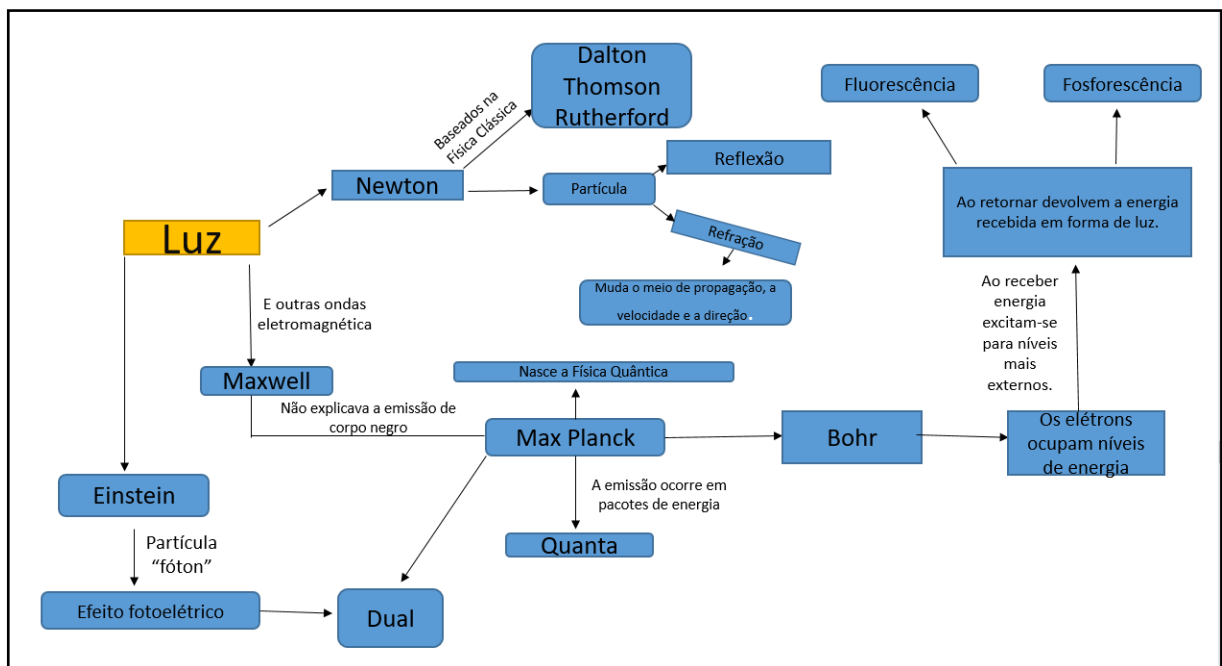
Aluno 3 – É! Ele devolve a luz visível ao ser irradiado por UV.

Professora: Ele absorve um tipo de energia, numa frequência e devolve outra. Mas, antes vocês tinham falado que além do UV, emite também cor violeta, na frequência do violeta. Realmente ficam próximas ali. O UV com o violeta fica próximas e não dá para emitir só uma frequência, vai emitir várias na proximidade.

Dentro desta etapa ainda houve uma aula teórica sobre o surgimento da Física Quântica incluindo dados históricos e teóricos destacando os papéis de Bohr, Planck e Einstein. As aulas expositivas e uso recursos diversos na base de um tema que se pretende ensinar, iniciam a diferenciação progressiva com conceitos mais gerais, para uma visão mais globalizada e que vão se apresentando os aspectos mais específicos (MOREIRA, 2013).

Encerrando essa fase dos trabalhos, um mapa conceitual coletivo foi construído tendo como base todo o material desenvolvido durante as aulas teóricas e práticas (fig. 17). Nesta etapa houve a reconciliação integradora onde são recriadas as relações conceituais como forma de integrar os significados mais relevantes. (MOREIRA, 2013). A função da construção do mapa foi consolidação dos conteúdos estudados

Figura 17- Mapa Conceitual final.



Fonte: Autoria própria.

5.5 SEXTA ETAPA

5.5.1 Feira De Ciências

A feira de Ciências foi o momento em que os estudantes tiveram a oportunidade de externar os conhecimentos adquiridos durante as aulas expositivas, com a participação na execução dos experimentos e pesquisas realizadas. Para esta etapa tiveram a liberdade de escolher um outro experimento para apresentar concomitantemente, desde que relacionado com ao assunto estudado. A atividade é uma estratégia que tende a desenvolver uma das competências gerais propostas pela Base Nacional Comum Curricular:

(...) exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza(...) (BRASIL, 2017, p.9).

Para atender a demanda de formação integral, Zabala (1998, p.30), afirma que:

“Portanto, também serão conteúdos de aprendizagem todos aqueles que possibilitem o desenvolvimento das capacidades motoras, afetivas, de relação interpessoal e de inserção social.”

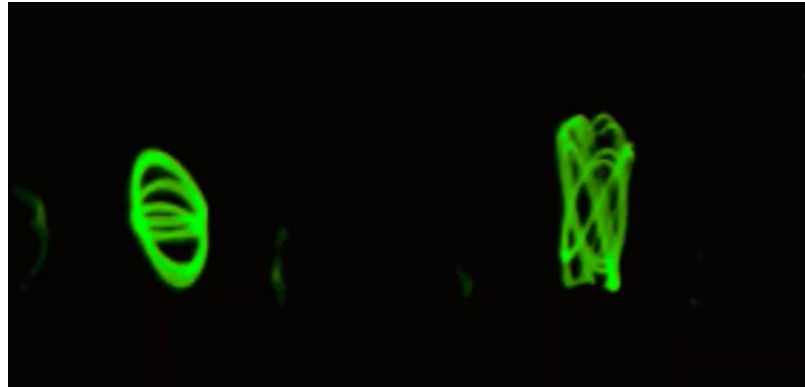
Enfim, desenvolver todas as capacidades, não somente as cognitivas, mas também as capacidades motoras, de inserção social e relacionamento interpessoal (ZABALA, 1998).

5.5.1.1 Grupo I – O som e a fibra óptica

O primeiro conteúdo estudado foi o fenômeno luminoso da reflexão e concomitantemente, algumas propriedades do som foram observadas com o auxílio do instrumento confeccionado para a feira de Ciências. O instrumento que não tem um nome específico, mas no início foi chamado de “desenhando a voz” e projeta a luz de uma lanterna laser na parede da sala de aula escurecida, com um pequeno espelho anexado sobre um balão de festas. No princípio a intenção projetar a luz e observar a vibração das ondas sonoras produzidas pela fala. Porém, criativamente, os

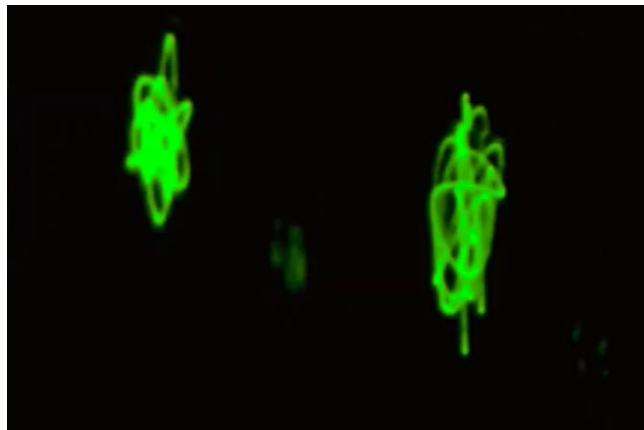
estudantes resolveram usar um pequeno amplificador de som com música, no lugar da fala. O resultado foi interessante e pode ser observado nas fotos a seguir, em que os sons graves e agudos apresentavam uma harmonia maior na música clássica que no rock (Fig. 18 e 19).

Figura 18 - Imagem produzida com música clássica.



Fonte: Autoria própria.

Figura 19 - Imagem produzida com o gênero musical rock.



Fonte: Autoria própria.

Ao final da apresentação do primeiro experimento, um dos alunos explicou como a fala humana é articulada depois que o som da voz é produzido pela vibração das cordas vocais. A seguir um outro integrante explica o funcionamento do aparato:

Aluno 2: Como os colegas falaram, o som é dividido por vibrações. Vibrações mais lentas correspondem ao grave. O grave é um som que tem maior comprimento de onda, como vocês puderam ver lá (mostra a parede onde foi projetada a imagem). Apesar da correção feita durante as aulas, a fala transcrita acima demonstra a distorção feita em relação a interpretação do aluno, quando diz “vibrações mais lentas correspondem ao grave”, por ter menor frequência o estudante afirma ser mais lenta, quando poderia se referir à velocidade de propagação do som.

Aluno 3: O som agudo possui um comprimento de onda menor, mas uma frequência maior, como deu pra observar ali (o aluno se referiu à projeção).

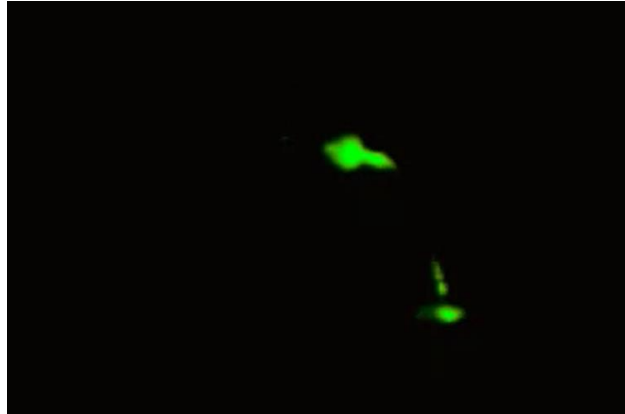
Aluno 4: Aqui a gente vai fazer uma apresentação de como funciona o cabo de fibra óptica. Aqui dá pra ver que a luz está fazendo uma curva. Mas na verdade ela forma reflexões.

Iniciando a demonstração o aluno apara com a mão a água que sai do orifício do aparato e relata: (Usando uma imagem no celular ele demonstra um esquema de como acontecem as reflexões na fibra óptica).

Aluno: A luz vem bate na parede da água num contato com o ar e reflete totalmente. Bate novamente do outro lado, reflete de novo, formando um zig zag, o mesmo acontece no cabo de fibra.

Outro aluno apresenta um cabo de fibra óptica e mostra todos os componentes, observado na figura 21.

Figura 20 – Imagem gerada pelo aparato usado para simular o funcionamento da fibra óptica.



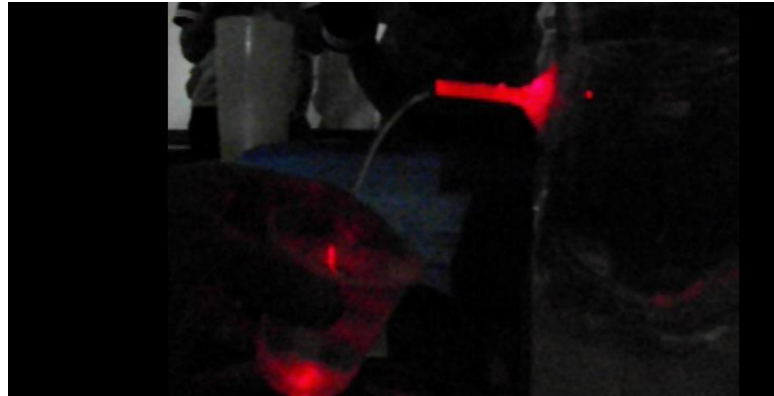
Fonte: Autoria própria.

Figura 21: Aparato usado para simular o princípio da fibra óptica.



Fonte: Autoria própria.

Figura 22 - Imagem gerada no simulador de fibra óptica com lanterna de luz vermelha

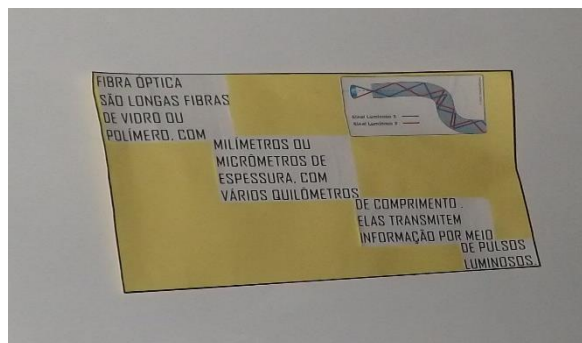


Fonte: Aatoria

própria.

Os estudantes explicaram novamente com um cartaz, os conceitos sobre reflexão envolvido na utilização da fibra óptica:

Figura 23 - Cartaz sobre o funcionamento da fibra óptica



Fonte: Aatoria própria

O envolvimento em todas dinâmicas desenvolvidas pela sequência didática leva a considerar a aquisição dos diversos conteúdos, entre eles os conceituais e procedimentais.

Os conteúdos procedimentais implicam saber fazer, e o conhecimento sobre o domínio deste saber fazer só pode ser verificado em situações de aplicação destes conteúdos. Para aprender um conteúdo procedimental é necessário ter uma compreensão do que representa como processo, para que serve, quais são os passos ou fases que o configuram, etc. O que define sua aprendizagem, não é o conhecimento que se tem dele, mas o domínio ao transferi-lo para prática (ZABALA, 1998, P. 207).

5. 5.1.2 Grupo II - A dispersão da luz e o espectrômetro

Após uma apresentação inicial dos integrantes do grupo, começa imediatamente uma exposição do fenômeno de dispersão da luz branca.

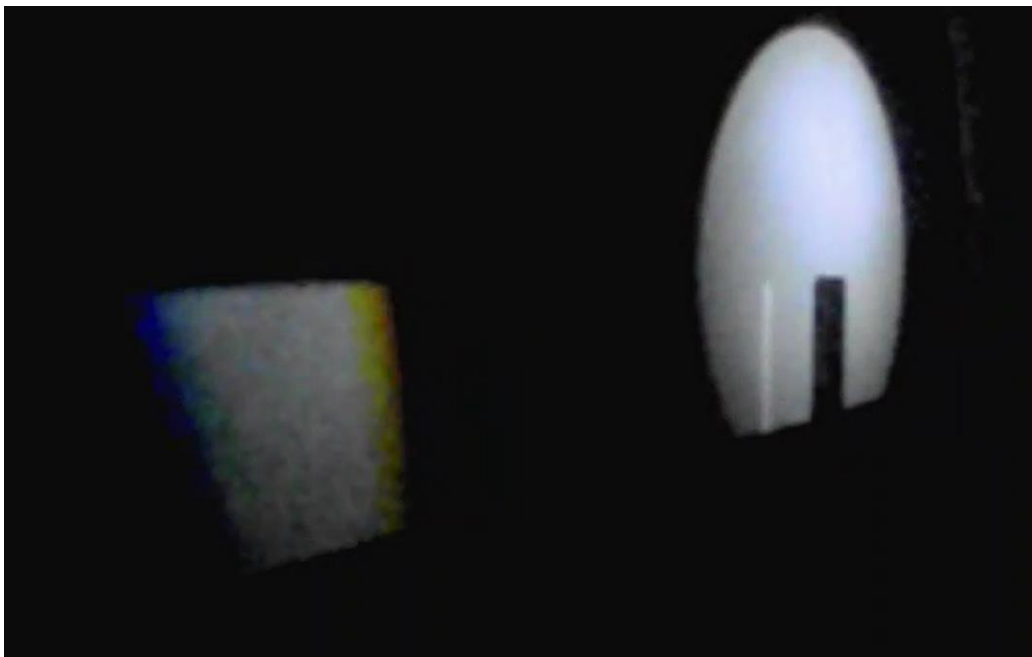
Aluno 1: Nós vamos falar um pouquinho sobre a dispersão da luz. A luz branca é formada por sete cores que são as cores do arco-íris e após ela ultrapassar a lupa e atingir essa superfície que é o prisma, ela vai se dividir e formar um leque de cores aqui no quadro branco. Esse fenômeno é chamado de dispersão da luz.

Aluno 2: Isso ocorre porque a luz ao sair do laser, sai em linha reta com uma certa velocidade, ao cruzar o prisma diminui sua velocidade, como cada cor tem uma velocidade, ela se espalha formando um leque.

Aluno 3: As cores são divididas sempre na mesma ordem, então cada cor tem uma velocidade de propagação diferente ao atravessar o prisma.

Neste momento as luzes da sala são apagadas e o fenômeno de dispersão é Demonstrado conforme a figura 24 e o diálogo.

Figura 24: Dispersão da luz branca.



Fonte: Autoria própria.

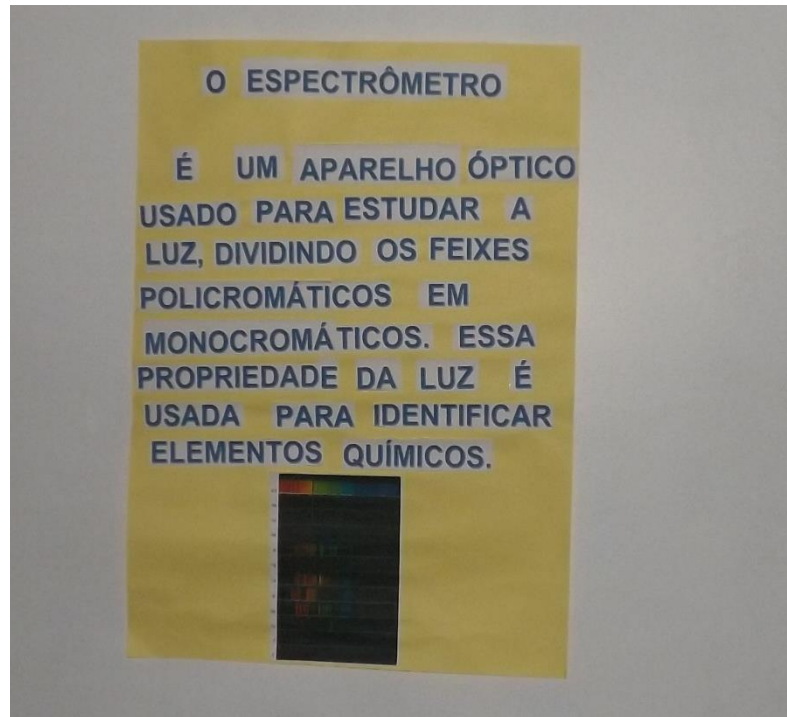
Aluno 1: Do lado de cá (direita) do vermelho tem o infravermelho, para o lado de lá do violeta tem o ultravioleta que são cores que não conseguem ser visíveis.

Aluno 4: O espectrômetro é um aparelho óptico usado para estudar a luz, dividindo feixes policromáticos em monocromáticos e é usado para análise química e a composição das estrelas. Temos um exemplo que é a luz branca que é formada por vários feixes de luz, sendo eles sete feixes que formam o arco-íris. E quando observamos no espectrômetro, esses feixes atravessam essa superfície aqui e formam feixes monocromáticos. Ou seja, cada feixe tem a sua cor, azul, amarelo, vermelho, e assim por diante.

Aluno 5: Cada elemento apresenta um espectro diferente. O espectro é como se fosse o código de barra de cada elemento. É por isso que a gente consegue identificar os elementos químicos presentes numa água ou alimento contaminado, por exemplo.

O mesmo grupo associou a exposição da dispersão da luz ao espectrômetro, demonstrando claramente como o fenômeno pode ser utilizado para análise dos elementos químicos.

Figura 25: Cartaz com espectro de emissão de alguns elementos.



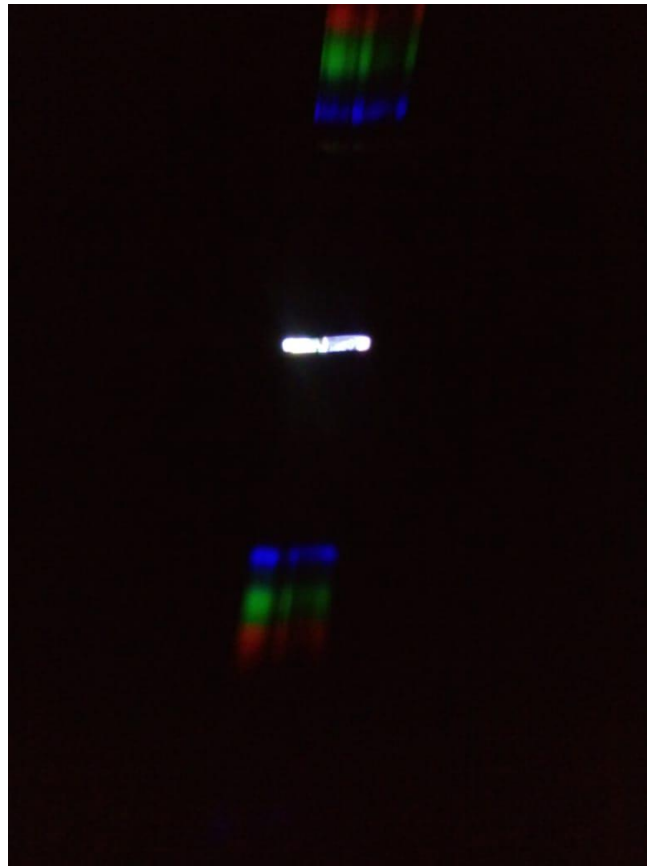
Fonte: Autorial própria.

Figura 26 - Espectrômetro



Fonte: Autorial própria

Figura 27- Imagem gerada no espectrômetro com lâmpada de led.



Fonte: Autoria própria

5.5.1.3 Grupo III Disco de Newton e as Lâmpadas

Os estudantes apresentam-se, iniciam a explanação sobre o disco de Newton e em seguida explicam algumas diferenças importantes entre as lâmpadas mais utilizadas no cotidiano.

Aluno 1: O nosso trabalho está dividido em duas partes: o primeiro é sobre o disco de Newton e depois sobre os tipos de lâmpadas mais utilizadas no dia-a-dia. Esse disco foi criado por Isaac Newton como uma forma de provar que a luz branca é a junção das sete cores do arco-íris, como falaram no outro grupo. O que acontece é que quando as sete cores giram muito rápido, elas se sobrepõem na retina dos nossos olhos e a gente vê o disco branco no caso.

O disco foi acoplado sobre um pequeno motor que faz com que o mesmo gire como as imagens do mesmo em movimento e parado.

Figura 28 - Disco de Newton parado.



Fonte: Autoria própria.

Figura 29 - Disco de Newton em movimento



Fonte: Autoria própria.

Aluno 2: Não fica totalmente branco porque as cores que são impressas na impressora não são perfeitas.

Aluno 3: Eu vou explicar sobre a primeira lâmpada que foi criada por Thomas Edison. Elas não são mais utilizadas hoje em dia pelo fato de consumir muito e pelo risco de haver incêndio. Ela ocupa cinco por cento da energia que ela gasta ela transforma em energia luminosa e os outros 95 em energia térmica. Ela tem um tempo de duração de um ano (O aluno não disse o nome da lâmpada que no caso seria a incandescente).

Ao lado do grupo há uma tabela periódica onde os alunos mostram a localização de cada elemento citado na tabela e mostram os tipos de lâmpadas como é mostrado na figura 28.

Aluno 4: Esta é a lâmpada halógena, é uma lâmpada incandescente, só que a diferença nela é que tem um gás inerte que fica no bulbo tem um filamento de tungstênio, normal e o gás iodo ou bromo. O tungstênio passa do estado sólido para o gasoso, que se chama sublimação, ele sobe até o tubo de gás e se mistura com o iodo ou bromo, resfria e sofre novamente a sublimação e volta para o filamento no estado sólido.

Aluno 3: Tem uma duração de um a três anos.

Aluno 5: A lâmpada fluorescente contém mercúrio que produz radiação ultravioleta e o fósforo que absorve a radiação ultravioleta e converte em luz branca.

Aluno 3: Estas lâmpadas devem ser descartadas de forma correta pois o mercúrio é muito poluente.

Aluno 6: E por último a lâmpada de led, que é uma das mais caras que tem, mas chega a um tempo médio de uso de cinquenta mil horas. Ela possui um elemento químico que é o gálio e ela emite muito menos infravermelho.

Aluno 7: Apesar dessa lâmpada esquentar, o calor dela não é enviado para o ambiente, ela tem uma iluminação de qualidade, são mais eficientes e consomem menos energia. No caso, a lâmpada de led consome apenas 9 watts, a fluorescente 15 Watts, enquanto que a halógena 60 watts para a mesma luminosidade.

Aluno 1: Resumidamente: usem lâmpadas de led, não usem aquela ali (fluorescente) faz mal para o meio ambiente, não é reciclável, a outra (incandescente) não tem uma boa economia.

Figura 30 -Aparato com as lâmpadas fluorescente, halógena e incandescente.



Fonte: Autoria própria.

5.5.1.4 Grupo IV - Lâmpada de luz negra; fluorescência e fosforescência

O grupo que ficou responsável por esta parte da apresentação, integrou a aplicação dos fenômenos de luminescência à investigação criminal. Novamente observa-se a contextualização presente.

Aluno 1: Esta é a lâmpada de luz negra. Ela emite radiação ultravioleta.

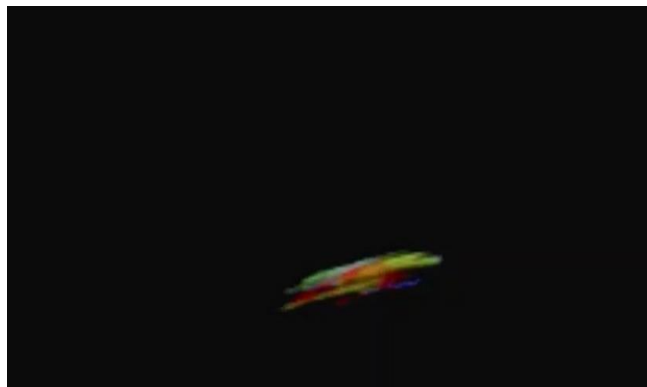
Aluno 2: Nós fizemos a lâmpada de luz negra com uma lâmpada fluorescente e revestimos ela com papel celofane. O que faz com que a luz visível não passe, mas o ultravioleta passe. O ultravioleta não conseguimos visualizar.

Aluno 1: Aqui nós temos materiais fluorescentes e ai quando são irradiados pela luz negra absorvem a luz ultravioleta e emite a luz visível, luz branca.

Aluno 3: A diferença entre fluorescência e fosforescência é que no átomo os elétrons saem de uma camada interna para uma camada externa e dai eles voltam. Na fluorescência eles voltam ligeiro e na fosforescência eles demoram pra voltar.

Alunos demonstram os dois fenômenos, fluorescência e fosforescência com as luzes da sala apagadas (fig. 31 e 32):

Figura 31- Fosforescência emitida por pulseiras de festa



Fonte: Autoria própria

Figura 32 - Materiais fluorescentes como suco de limão, água sanitária e clorofila.



Fonte: Autoria própria.

Aluno 4: A luz negra é usada na perícia para a análise de crimes pois a urina, saliva, sêmen, restos de ossos e dentes fosforescem na presença de luz negra.

O experimento usado para demonstrar o funcionamento da fibra óptica é um claro exemplo do uso de simulação, além do uso do celular demonstrando o esquema e o modelo presente no cartaz conforme a figura 19. O uso de modelos tem a função reproduzir e propor explicações para o comportamento da matéria a nível microscópico, possibilitando o raciocínio e a compreensão por intermediar a teoria e a realidade.

A iniciativa dos alunos do primeiro grupo em associar o primeiro experimento com o princípio do funcionamento da fibra óptica do segundo experimento, bem como do segundo grupo de alunos ao associar a dispersão da luz com o espectrômetro, validam os pressupostos da aprendizagem significativa, quando diz que os conhecimentos se estabelecem a partir de relações conceituais que se integram e estabelecem na formação de novas estruturas cognitivas.

Como pode ser constatado nos relatos das atividades realizadas na fase da Feira de Ciências, os estudantes tendem a desenvolver a capacidade de interpretação de fenômenos naturais e processos tecnológicos, baseados na interação entre a matéria e a energia possibilitando a apropriação de conceitos, teorias, linguagens e procedimentos, que uma função essencial da área do conhecimento “Ciências da Natureza”, destacando o princípio da fibra óptica baseado na reflexão da luz; o espectrômetro desenvolvido a partir da dispersão da luz; as lâmpadas diversas com diferentes funções e peculiaridades; as diversas aplicações dos fenômenos de luminescência.

A apresentação sobre os tipos de lâmpadas e a exposição feita sobre os gastos de energia e os impactos ambientais causados pelo uso de determinados materiais para fabricação das lâmpadas, por exemplo, o mercúrio; bem como a associação do fenômeno de dispersão da luz à aplicação do espectrômetro, na análise da presença de certos elementos químicos na água, por exemplo; o uso da radiação ultravioleta na análise criminal; e, a justificativa da importância do uso do protetor solar em dias nublados. Estes pontos destacados, bem como a oportunidade de realizar trabalhos em grupo, trazem a possibilidade de reflexão por parte dos estudantes que

apresentaram e das pessoas que assistiram a feira de Ciências, de como o conhecimento científico é aplicado na satisfação de necessidade da humanidade, estão de acordo com grande parte propostas de competências que devem ser desenvolvidas no Ensino Médio, segundo a Base Nacional Comum Curricular.

A Feira de Ciências foi um momento que os estudantes expuseram o que foi aprendido durante as etapas anteriores, os conceitos adquiridos, a manipulação e observação de diferentes materiais e a contextualização, possibilitando uma avaliação qualitativa com relação à aprendizagem. De acordo com Moreira (2013), a avaliação da aprendizagem significativa ocorre na busca de evidências solicitando ao aprendiz que ele externalize o que aprendeu, justifique e explique suas respostas. É uma avaliação formativa e recursiva, pois é a oportunidade de refazer tarefas, caso haja necessidade. Tem como enfoque a compreensão, a captação de significados, a capacidade de transferência deste conhecimento e uso do mesmo em novas situações.

A avaliação dos resultados qualitativos obtidos na Feira de Ciências em relação ao primeiro mapa mental construído pelos estudantes evidencia que houve progresso na construção da aprendizagem significativa, visto que nos dois momentos, na apresentação em sala de aula e na Feira de Ciências, os estudantes puderam expor os conhecimentos adquiridos justificando com os experimentos apresentados. Houve a contextualização dos fenômenos demonstrados nos relatos dos alunos, que foi construída entre a apresentação em sala de aula e a finalização na Feira de Ciências. A avaliação foi formativa, pois os estudantes tiveram a oportunidade ver e rever conceitos, desde a exposição dos mesmos pela professora e pelos colegas, até a avaliação final. Não há evidências conclusivas de que aprendizagem significativa ocorreu conforme o esperado, contudo há que se observar que ela é construída de maneira progressiva e não linear.

O processo de aprendizagem ocorre de fato quando o aluno tem disposição de aprender e o conteúdo tem significado a partir do conhecimento que ele já possui, ou seja, o material usado deve ser potencialmente significativo, pode ter significado lógico de acordo com o que o aluno já possui em sua estrutura cognitiva. O fato de o aluno ter disposição para a aprender é relacionado à sua dedicação de relacionar, diferenciar e integrar conceitos para aprender com os que já estão em seu domínio

cognitivo (MOREIRA, 2013). Durante o desenvolvimento das atividades houve envolvimento e entusiasmo por parte dos estudantes, o que indica disposição em aprender, que é uma das condições para a ocorrência da aprendizagem significativa.

5. 6 INTERPRETAÇÃO DAS RESPOSTAS DOS ALUNOS DO QUESTIONÁRIO FINAL

A análise de dados de uma pesquisa qualitativa, segundo Moraes (2003), usando a análise textual discursiva, passa por alguns processos, o primeiro é a unitarização, onde os textos são desmontados, recortados e desconstruídos, separando os recortes por unidades com ideias elementares, para posteriormente serem categorizados, ou seja, são classificados por diferentes categorias que permitem uma avaliação minuciosa dos dados elencados, sem o objetivo de testar ou refutar hipóteses, mas com o intuito de compreender o processo. E, o resultado final é denominado “metatexto” que se constitui da reconstrução dos elementos anteriores de acordo com a interpretação do pesquisador.

O questionário final consistiu de questões discursivas relacionadas aos conceitos estudados e apresenta-se no apêndice deste trabalho. No quadro de interpretação das respostas, as que estão em negrito são a transcrição fiel de algumas das respostas dos estudantes ao questionário final e são exemplos das categorias e subcategorias as quais foram classificadas e submetidas, conforme indica o quadro a seguir:

Quadro 1 – Esquema de organização do quadro 2:

Categorias principais		Subcategorias
Categoria I	Correspondem a resposta esperada diante do desenvolvimento da pesquisa.	A
		B
		C
		A

Categoria II	Correspondem as diferentes interpretações dos alunos que estão em fase de desenvolvimento da compreensão do conceito estudado.	B
		C
Categoria III	Corresponde as respostas inconsistentes ou não realizadas.	A
		B
		C

Fonte: Autoria própria.

Quadro 2 – Interpretação das respostas do questionário final:

Questão /Categoria	Resposta	Interpretação da resposta dada de acordo com o referencial teórico	Porcentagem de alunos
Q 1 /I	Os elétrons ficariam girando até perder sua energia e cairiam no núcleo.	Compreensão da falha no modelo proposto por Rutherford (SALA, 2007).	75
Q1/IIa	Os elétrons ficariam girando ao redor do núcleo, e então chegaria um momento em que a energia do átomo acabaria.	Atribuiu energia ao átomo, não ao elétron que perderia energia no movimento(SALA, 2007).	8
Q1/IIb	Por causa dos elétrons que saltam de uma órbita para outra, que ganha ou perde energia.	Justificou a falha do modelo de Rutherford com uma proposição de Bohr explicando a permanência do elétron em determinado nível (SALA, 2007).	
Q1/IIIa	Que os elétrons batem na barra de ouro os elétrons conseguem passar, e que eles não somente batem e voltam, mas também passam pela barra.	Demonstra não ter clareza sobre as partículas subatômicas, trocando partícula alfa por elétron, e relatou a experiência realizada por Rutherford para propor um modelo atômico, e a questão se refere a falha do modelo (SALA, 2007).	17
Q1/IIIb	Ele dizia que o átomo era uma bola maciça sem nenhuma carga e por isso ficaria girando sem parar; Era uma massa fechada. Ex: uma bola de bilhar.	Os dois alunos aparentemente não compreenderam a evolução dos modelos atômicos, trocando o modelo de Rutherford pelo modelo de Dalton (ROCHA, 2002).	

Q1/IIIc	Porque o átomo não era maciço ele possuía falhas.	Corresponde a uma assertiva do modelo de Rutherford, não uma falha (ROCHA,2002).	
Q2/I	Se baseando nos estudos da luz que se organizavam em camadas conforme sua frequência, constatou que os elétrons ficavam em camadas também dentro do átomo; Cada cor tem sua frequência, os elétrons não poderiam estar de qualquer forma; Ao perceber que a luz tinha frequências diferentes, percebeu que isso se aplica aos elétrons também cada um tendo sua camada eletrônica; Ao estudar a luz e observar que cada cor possuía uma frequência diferente ele concluiu que os átomos tinham camadas diferentes; Por causa que a luz tem uma determinada cor conforme sua frequência. Então, os átomos não poderiam ficar de qualquer forma e sim conforme sua energia; Descobriu que a luz tem frequências diferentes, descobriu que no átomo existem camadas eletrônicas onde os elétrons saltam de uma para a outra perdendo ou ganhando energia.	Houve relatos de que a frequência da luz está relacionada aos níveis eletrônicos ocupados pelos elétrons, porém nenhum esclarecimento foi feito quanto a que maneira esta relação ocorre, que seria de absorção e/ou emissão de energia em diferentes frequências pelos átomos (SALA,2007).	22
Q2/IIa	Dizendo que os elétrons ficavam em camadas, cada um com uma energia diferente; Com o estudo da luz, Bohr conseguiu esclarecer que os elétrons não ficavam em qualquer lugar e sim em camadas classificadas por sua energia; Elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas discretas, os elétrons saltam de uma órbita para outra.	Houve relato da conformidade do átomo, porém não houve nenhum relacionamento com o estudo da luz(SALA, 2007).	35
Q2/IIb	Por causa que a luz tem uma determinada cor conforme sua frequência. Então os átomos não poderiam ficar de qualquer forma e sim conforme a sua energia Usou o estudo da luz para observar que cada cor tinha uma frequência de onda diferente.	Houve relato da propriedade da luz conforme a frequência, mas nenhuma relação com a resposta solicitada(SALA, 2007).	
Q2/IIc	Por que ele percebeu que a luz se divide em camada e entendeu como o átomo é e se divide realmente.	Os alunos associaram a dispersão da luz branca com os níveis de energia do átomo(SALA, 2007).	
Q2/III		Respostas desconexas ou em branco.	43

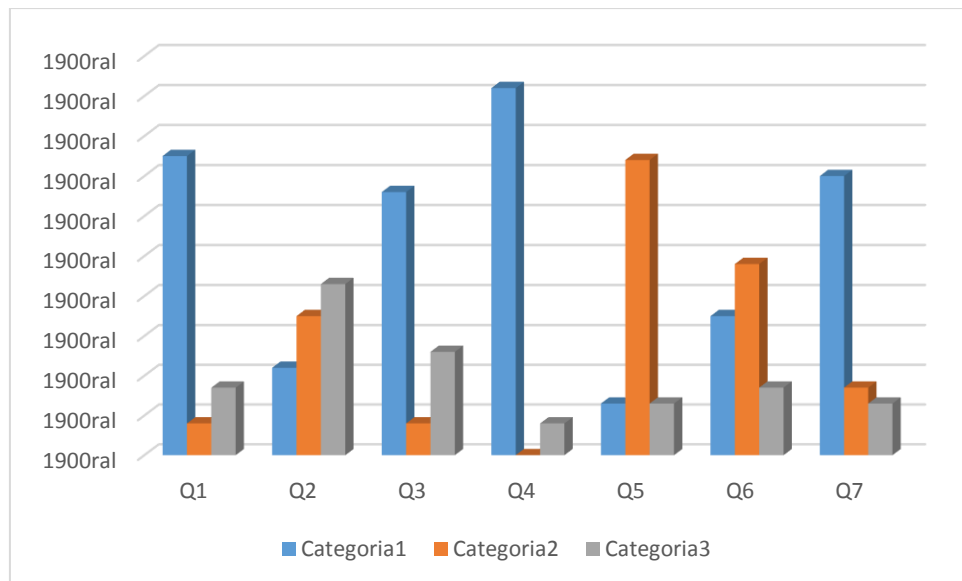
Q3/I	Quando recebe energia, os elétrons saltam de uma camada interna para uma camada mais externa. Na fluorescência quando esses elétrons retornam para a sua origem voltam ligeiro, já na fosforescência vão parando, voltando de forma mais lenta ao seu lugar de origem.	De acordo com as respostas, os estudantes compreenderam os fenômenos a partir do modelo de Bohr (YOUNG, 2008).	66
Q3/IIa	Fluorescência: a luz bate e volta rápido. Fosforescência: a luz bate e volta devagar.	O aluno confundiu os fenômenos com reflexão da luz, usando o senso comum, demonstrando que não houve compreensão da absorção e emissão de energia pelos elétrons na excitação eletrônica (YOUNG, 2008).	4
Q3/IIb	O material fluorescente devolve luz visível ao irradiado com UV.	Não explicou o fenômeno usando as proposições de Bohr (YOUNG, 2008).	4
Q3/III		Não responderam ou responderam de forma incorreta (YOUNG, 2008).	26
Q4/I		A grande maioria representou satisfatoriamente o fenômeno da refração da luz (SER PROTAGONISTA, 2013).	92
Q4/III		Um aluno respondeu a questão com a ordem das cores, não dando condições de realizar uma avaliação do conhecimento do mesmo. Outro respondeu "Disco de Newton", o que remete à uma possível falta de interpretação da questão (SER PROTAGONISTA, 2013).	8
Q5/I	A luz branca sai em certa velocidade e ao ela atravessar o prisma ela se divide em 7 cores isso acontece porque cada cor possui uma velocidade e uma frequência diferente de cada um por isso que forma sempre a mesma frequência.	Houve relação entre as diferentes cores com seus comprimentos de onda e frequência e à mudança de velocidade ao atravessar um meio diferente (FIGUEIREDO; PIETROCOLA, 2008).	13
Q5/IIa	Cada cor tem uma frequência diferente, quanto menor a frequência, maior a onda.	Houve relação entre as diferentes cores com seus comprimentos de onda e frequência sem descrever que a luz ao passar por um meio diferente muda sua velocidade de propagação (FIGUEIREDO; PIETROCOLA, 2008).	74
Q5/IIb		As respostas foram baseadas na premissa de que cada cor tem uma frequência diferente e não permitem fazer uma avaliação da compreensão do	

		conceito. (FIGUEIREDO; PIETROCOLA, 2008).	
Q5/IIc	Fica nessa ordem pela frequência e velocidade de propagação de cada cor. Vermelho contém a maior frequência e o violeta menor; Devido a frequência de cada cor sendo vermelho a menor.	Houve uma relação errônea de frequência com comprimento de onda (ROCHA, 2002).	
Q5/III	Um aluno respondeu escrevendo a ordem das cores, outro, relatou: a absorção e reflexão da luz pelos objetos . E, um terceiro, respondeu que: as cores se sobrepõem na retina .	Respostas inconsistentes (ROCHA, 2002).	13
Q6/I	A luz branca é formada por 7 cores as mesmas compostas no arco-íris, após ela ultrapassar um meio que as divide forma um leque de cores sempre na mesma ordem. E no disco a velocidade com que as cores giram forma a cor branca novamente pois o nosso olho não consegue separar as cores em movimento; Pois o prisma divide a luz em frequências diferentes, mostrando claramente que cada uma tem uma velocidade e frequência diferente. Já o Disco de Newton girando rapidamente todas as cores aos nossos olhos elas se misturam formando a cor branca, se sobrepondo a nossa retina.	Os alunos conseguem justificar a decomposição da luz branca e a recomposição no Disco de Newton. Pode-se observar que o aluno do primeiro relato não falou da mudança de velocidade da luz ao atravessar o prisma, que se trata de um meio diferente (ROCHA, 2002).	35
Q6/IIa	Porque quando o disco roda nosso olho não consegue separar mais as cores aí elas se juntam e ficam branca.	Nesta categoria houve somente a explicação para o disco de Newton (ROCHA, 2002).	48
Q6/IIb	Porque a luz é uma radiação eletromagnética, e a (há) direção de propagação de um feixe de luz, pelo fato da velocidade de propagação ser alterado.	Aqui o aluno explicou apenas o fenômeno da dispersão (ROCHA, 2002).	
Q6/III		Respostas inconsistentes(ROCHA, 2002).	17
Q7/I	Segundo a Física Clássica, a luz se comportava como partícula e segundo a Física Quântica Einstein constatou que a luz se comportava como onda e partícula.	Outra resposta curiosa do mesmo aluno para responder à questão 6, “se decompõem por que cada cor tem sua frequência e atravessando o prisma elas se comportam como partícula e se separam conforme sua frequência. No disco de Newton as cores se juntam, formando a cor branca se sobrepondo sobre nossa retina”. Aqui o aluno afirma que a matéria é partícula e se refere a	70

		sua frequência, propriedade ondulatória (ROCHA, 2002).	
Q7//Ia	Teoria Clássica dizia que a luz é partícula e teoria quântica que é onda.	Aparente incompreensão da dualidade da luz pela teoria quântica (ROCHA, 2002).	08
Q7//Ib	Clássica a luz em partículas, e todos os corpos grande os (ou) pequenos se comportam igual e na quântica se comportam diferente; Todos os corpos grandes se comportam da mesma forma. E segundo a quântica são os corpos pequenos que se comportam diferentes.	As respostas levam a conclusão de que os alunos entendem que a Física quântica propõe explicações para os fenômenos que a Clássica não responde (ROCHA, 2002).	09
Q7//III		Sem respostas	13

Fonte: Autoria própria.

Figura 33: Gráfico com resultados das respostas do questionário final:



Fonte: Autoria própria

É conveniente ressaltar que da totalidade dos estudantes, 3 participaram parcialmente das atividades do projeto, sendo que um dele por problemas de saúde e os outros alegaram, dificuldades de comparecer à escola por questões de trabalho, contudo os resultados dos questionarios destes estudantes está computado.

Analisando as primeiras respostas no mapa mental “luz” e as do questionário final, observa-se uma grande evolução conceitual sobre o assunto no decorrer do período em que foi desenvolvida a sequência didática. A avaliação da aprendizagem significativa é feita na busca de evidências como a captação de significados, entendimento, capacidade de explicar e aplicar o conhecimento na resolução de situações problemas. E pode ser realizada com questões que impliquem a compreensão e evidenciem a assimilação de conhecimento e que o estudante consiga transferir de alguma forma este conhecimento (MOREIRA, 2013). Considerando que o tempo de aplicação da sequência didática foi curto, faltas de alunos durante as aulas, dificuldades de escrita e que a aprendizagem significativa se constrói de forma progressiva, os dados quantitativos apurados indicam um resultado positivo. Observando-se dificuldades de compreensão da relação do estudo do espectro com a construção do modelo atômico de Bohr.

6 CONCLUSÕES

A proposta de natureza interdisciplinar com objetivo de fazer conexões entre os assuntos estudados de forma a proporcionar um conhecimento global do tema central, a definição de luz, abordando-o dentro dos vieses das duas disciplinas, Física e Química. Fator que trouxe um grande número de conceitos elencados, entre eles questões importantes relacionadas ao papel da Ciência na compreensão dos fenômenos, no desenvolvimento de tecnologias, questões ambientais e de saúde, que foram surgindo e integrando conceitos, concretizando a contextualização pretendida, uma inserção no contexto ambiental e social para a percepção de que o que é aprendido na escola não se encontra em dissonância com o cotidiano do estudante.

Contudo, não foi possível fazer um aprofundamento substancial em “modelos atômicos”, o que foi notório nos resultados do questionário final. Os fatores que corroboraram para tal podem ser, o tempo reduzido disponível para aplicar o projeto, a aparente indisponibilidade dos estudantes para a pesquisa que exigisse uma leitura mais apurada, o que pode ser justificado pelo cotidiano escolar onde grande parte das atividades são expositivas e de memorização, ou ainda falhas nos esclarecimentos por parte da professora. Ainda há que se destacar o papel do aluno, a consciência de que tem uma responsabilidade no desenvolvimento de suas próprias potencialidades. Neste sentido, é notório que as atividades sugeridas concedem ao mesmo um papel ativo no intuito de desenvolver atitudes positivas, como a autonomia, visto que grande parte das atividades foram realizadas sem a colaboração do professor. Apesar de encaminhadas pelo professor e os temas não terem sido escolhido pelos estudantes, os mesmos tiveram várias oportunidades de resolver situações problemáticas que envolviam tanto a questão afetiva do grupo, como de escolha de meios para realizar o que foi pretendido.

Com os resultados expostos durante a feira de ciências, conclui-se que a sequência didática pode ser considerada um material potencialmente significativo pela boa receptividade e predisposição dos estudantes para aprender os conteúdos de Química e Física.

A pesquisa aqui apresentada é exemplo de busca de estratégias para a superação de um desafio muito grande, que é ensinar contribuindo na formação do cidadão crítico e consciente. Ao final do processo, quando todas as atividades foram

desenvolvidas de acordo com o planejamento das aulas, vislumbra-se um longo caminho a percorrer para desenvolver as competências almejadas pelas proposições da Base Nacional Comum Curricular para o Ensino Médio. A pesquisa se resume em apenas algumas sugestões para o desenvolvimento das potencialidades do estudante e requer trabalho coletivo entre todos, sociedade e escola.

REFERÊNCIAS

ADÚRIZ-BRAVO, Agustín. Algunas características clave de los modelos científicos relevantes para la educación química. **Revista Educacion Química**, 2012. Disponível em <https://www.elsevier.es/es-revista-educacion-quimica-78-articulo-algunas-caracteristicas-clave-los-modelos-S0187893X17301519>. Acesso em 04 abril. 2019.

ALVES, Zélia M.M.P.; SILVA, Maria H.G.F.S.D.da; Análise Qualitativa de Dados de Entrevista: uma Proposta. **Paidéia**, 1992. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-863X1992000200007. Acesso em 23 jul. 2019.

BELLUZZO, Regina C.B. **O Uso De Mapas Conceituais E Mentais Como Tecnologia De Apoio À Gestão Da Informação E Da Comunicação: Uma Área Interdisciplinar Da Competência Em Informação**. Revista Brasileira de Biblioteconomia e Documentação: Nova Série, São Paulo, v.2, n.2, p.78-89, dez. 2006. Disponível em : <https://rbbd.febab.org.br/rbbd/article/view/19>. Acesso em: 5 jun 2018.

BOPEGEDERA, A.M.R.P. The Art and Science of Light An Interdisciplinary Teaching and Learning Experience. **Journal of Chemical Education**. Olympia. WA, V. 82, n.1, jan. 2005. Disponível em: <https://pubs.acs.org/journal/jceda8>. Acesso em: 11 mar.2019.

BRADY, James E.; HUMISTON, Gerard E.. **Química Geral**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1986. 404 p. Tradução: Cristina Maria Pereira dos Santos; Roberto de Barros Farias.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Formação de professores do ensino médio, Etapa I - Caderno I: Ensino Médio e Formação Humana Integral**. Pacto Nacional Pelo Fortalecimento do Ensino Médio. [Autores: Carmen Sylvia VidigalMoraes... et al.]. – Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013a. Disponível em: http://pactoensinomedio.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&id=13&Itemid=117. Acesso em: 5 jun 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Formação De Professores Do Ensino Médio, etapa I - caderno II: O Jovem Como Sujeito Do Ensino Médio**. Pacto Nacional Pelo Fortalecimento do Ensino Médio. [Organizadores: Paulo Carrano, Juarez Dayrell]. – Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013b. Disponível em:http://pactoensinomedio.mec.gov.br/index.php?option=com_content&view=category&id=13&Itemid=117. Acesso em: 5 jun 2018.

BRASIL. Secretaria De Educação Básica. **Formação De Professores Do Ensino Médio, Etapa I - Caderno III: O Currículo Do Ensino Médio, Seu Sujeito E O Desafio**

Da Formação Humana Integral / Ministério Da Educação, Secretaria De Educação Básica; [Autores: Carlos Artexes Simões, Monica Ribeiro Da Silva]. – Curitiba: UFPR/Setor De Educação, 2013c. Disponível em: <http://www.observatoriodajuventude.ufmg.br/pactomg/images/cadernos/CADERNO3.pdf>. Acesso em: 9 jun 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Formação de professores do ensino médio, etapa I - caderno IV**: áreas de conhecimento e integração curricular / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica; [autores: Marise Nogueira Ramos, Denise de Freitas, Alice Helena Campos Pierson]. – Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2013d. Disponível em: <http://www.observatoriodajuventude.ufmg.br/pactomg/images/cadernos/CADERNO4.pdf>. Acesso em: 9 jun 2018.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. **Formação de professores do ensino médio, Etapa II - Caderno III**: Ciências da Natureza / Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica; [autores: Daniela Lopes Scarpa... et al.]. – Curitiba: UFPR/Setor de Educação, 2014. Disponível em http://observatoriodajuventude.ufmg.br/pactomg/images/Cadernos_2_Etapa/Caderno-3-E2-FINAL.pdf. Acesso em: 9 jun 2018.

BRASIL.**Base Nacional Comum Curricular documento**, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/wpcontent/uploads/2018/04/BNCC_Ensino_Medio_embaixa_site.pdf. Acesso em: 6 maio 2018.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**. 2013e. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 7 maio 2018.

BRENNAN, Richard. **Gigantes da Física**: Uma história da Física moderna através de oito biografias. Rio de Janeiro: Zahar, 2003. 290 p. Tradução: Maria Luiza X. de A. Borges.

CARVAJAL, Iván Marchan; SANMARTÍ, Neus. Criterios para el disenõ de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de um modelo teórico para la estructura atómica. **Educación Química**.

CCEAD PUCRIO. **Tudo Se Transforma, História Da Química, História Dos Modelos Atômicos**. Rio de Janeiro: 2012.Vídeo (13min). Disponível em : <https://www.youtube.com/watch?v=58xkET9F7MY>. Acesso em: 5 Jun 2018.

CORRÊA Giovana Camila Garcia et al. PESQUISA-AÇÃO: UMA ABORDAGEM PRÁTICA DE PESQUISA QUALITATIVA. **Ensaios Pedagógicos**, Sorocaba, v. 2, n. 1, p.62-72, 2018.

COMO enxergar sua própria voz. Direção de Iberê Thenório. Produção de Mari Fulfaro. Realização de Iberê Thenório. São Paulo: Manual do Mundo Comunicação

Ltda, 2015. (7 min.), son., color. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=6lArL9pCkhs>>. Acesso em: 01 ago. 2018.

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Zahar, 2008. 244 p. Tradução: Giasone Rebuá.

FIGUEIREDO, Aníbal; PIETROCOLA, Maurício. **Luz e Cores**. São Paulo: FTD, 2008. 16 p.

FILGUEIRAS, Carlos. A. I. A Espectroscopia e a Química da Descoberta de Novos Elementos ao Limiar Da Teoria Quântica. **Química Nova Na Escola**, N 3, Maio, 1996.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. O ENSINO DA ÓPTICA NA PERSPECTIVA DE COMPREENDER A LUZ E A VISÃO. **Cad.cat.ens.fis**, São Paulo, v. 18, n. 1, p.20-40, abr. 2001.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 31, p.198-202, ago. 2009.

LAZENBY, Katherine; RUPP, Charlie A.; BRANDRIET, Alexandra; BECKER, Nicole M. Undergraduate Chemistry Students' Conceptualization of Models in General Chemistry. **Journal of Chemical Education**.

LIBÂNEO, José Carlos. **Democratização da escola pública: a pedagogia crítica-social dos conteúdos**. 8. ed. São Paulo: Loyola, 1989.

LÔBO, Soraia Freaza. O Trabalho Experimental no Ensino de Química. **Quim. Nova**, São Paulo, Vol. 35, No. 2, 430-434, 2012.

MESSLER, Gay L.; FISCHER Paul J.; TARR, Donald A. **Química Inorgânica**. 5. Ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2014.

MORAES, Roque. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**. Bauru. 2003, v.9, n.2, 2003. ISSN 1516-7313. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132003000200004&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso: 09 jul 2019.

MOREIRA, Marco. A. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas e unidades de ensino potencialmente significativas (2013)**. Disponível em: <http://www.faatensino.com.br/wp-content/uploads/2014/04/Aprendizagem-significativa-Organizadores-pr%C3%A9vios-Diagramas-V-Unidades-de-ensino-potencialmente-significativas.pdf#page=41>. Acesso em: 20 maio 2018.

NERY, Ana L. P.; FERNANDEZ, Carmem. Fluorescência e Estrutura atômica: experimentos simples para abordar o tema. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n.19, maio 2004.

NOVAK, Joseph D.; CAÑAS, Alberto J.. A TEORIA SUBJACENTE AOS MAPAS CONCEITUAIS E COMO ELABORÁ-LOS E USÁ-LOS*. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, p.9-29, 2010.

NUMANOI, Shiho; HASHIMOTO, Makiko; HASHIMOYO, Sonoko; KAZAWA, Katsunori; SAKAGUCHI, Ryo; MIYATA, Kota; IWAKAMI, Rino; MITOME, Takahiro; ANJU, Shintaro; SHINOTSUKA, Ryo; OBA, Toru. Synthesis of Green Fluorescent Protein Chromophore Analogues for Interdisciplinary Learning for High School Students. **Journal of Chemical Education**.

OKOMURA, Fabiano; CAVALHEIRO, Éder T.G.; NOBREGA, Joaquim A. Experimentos Simples Usando Fotometria De Chama Para Ensino De Princípios De Espectrometria Atômica Em Cursos De Química Analítica. **Química Nova**. Vol. 27, No. 5, 832-836, 2004.

PELLIZARI, Adriana. Et al. **Teoria Da Aprendizagem Significativa Segundo Ausubel**. Rev. PEC, Curitiba, v.2, n.1, p.37-42, jul. 2001-jul. 2002. Disponível em:<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/materiais/0000012381.pdf>. Acesso em: 17 de maio 2018.

ROCHA, José F. (Org) et al. **Origens e Evolução das Ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002.

SALA, Oswaldo. Uma Introdução À Espectroscopia Atômica – O Átomo De Hidrogênio. **Química Nova**, Vol. 30, No. 7, 1773-1775, 2007.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos; MORTIMER, Eduardo Fleury. Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia– Sociedade) no contexto da educação brasileira. **Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências**, 2000. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172000000200110. Acesso em 27 abr.1019.

SER PROTAGONISTA; **Física 2 ano**: ensino médio/obra coletiva concebida, desenvolvida de produzida po Edições SM; editor responsável Angelo Stefanovits. – 2 edição. - São Paulo: Edições SM, 2013 - Coleção Ser Protagonista 2.

SILVA, Shirley Martins; EICHLER, Marcelo Leandro; DEL PINO, José Claudio. As Percepções dos Professores de Química Geral Sobre a Seleção e a Organização Conceitual em sua Disciplina. **Química Nova**, 2003.

SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira do Ensino de Física**, Belo Horizonte, vol.29, n.1, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n1/a21v29n1.pdf>. Acesso em: 1 jun.2018.

SILVA, Lucas Oliveira Costa; RODRIGUES, Marinéa Figueira. Aprendizagem Significativa: passível de ser trabalhada no Ensino Fundamental I. **Revista Mosaico**, Goiás, v. 8, n. 1, p.40-42, 01 jun. 2017. Disponível em: <<http://editora.universidadedevassouras.edu.br/index.php/RM/article/view/923>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

SOUZA, Fábio Luiz; AKAHOSHI, Luciane Hirome; MARCONDES, Maria Eunice Ribeiro; CARMO, Miriam Possar do. **Atividades experimentais investigativas no ensino de química**, Imprensa Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, maio, 2013.

STRATHERN, Paul. **Bohr e a Teoria Quântica em 90 minutos**. Rio de Janeiro: Editora Zahar, 1999. Tradução: Maria Helena Geordani.

TAVARES, Romero. Aprendizagem Significativa. **Conceitos**, São Paulo, v. 31, p.55-57, 01 jul. 2004. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~Romero/objetosaprendizagem/Rived/Artigos/2004-RevistaConceitos.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2019.

TORRESI, Susana I.; PARDINI, Vera L.; FERREIRA, Vitor F. Química é uma Ciência em expansão. **Química Nova**. São Paulo, V. 32, N. 8, 1987, 2009.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p.443-446, 2005.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV: Ótica e Física Moderna**. São Paulo: Pearson, 2008.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa: Como ensinar**. Porto Alegre: ArtMed, 1998. 221 p. Tradução: Ernani F. da F. Rosa.

APÊNDICE

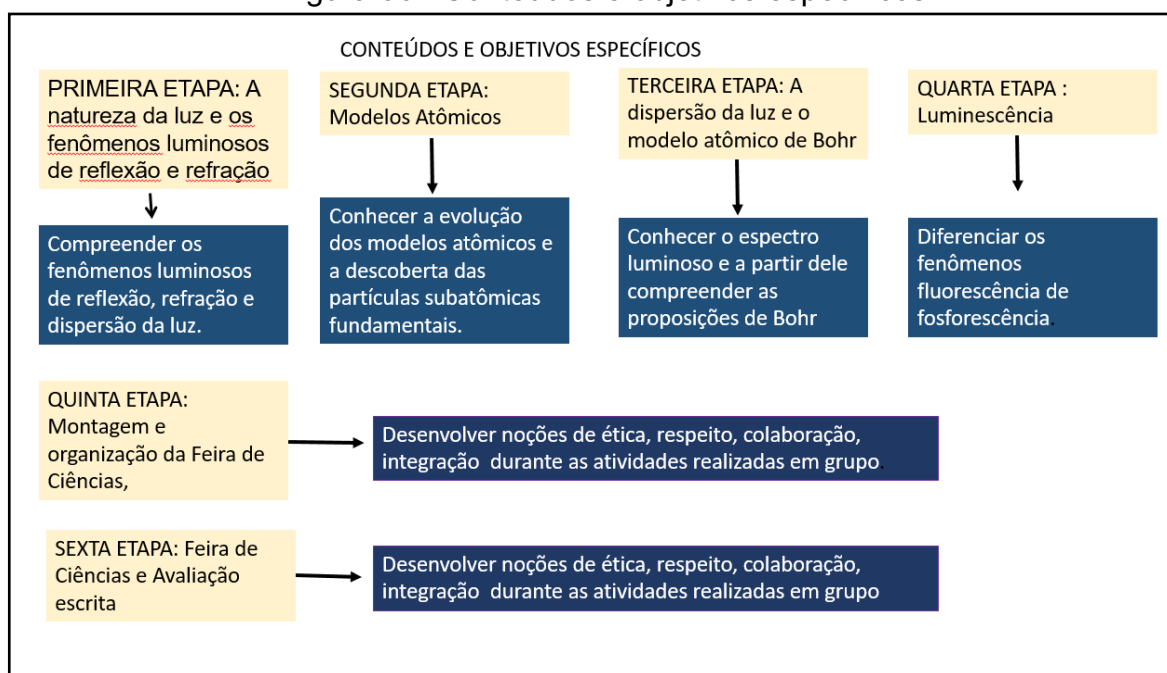
A sistematização da Sequência Didática junto aos alunos foi realizada conforme o diagrama abaixo, relacionando os conteúdos e os principais objetivos a serem alcançados:

Figura 05: Etapas da Sequência Didática.



Fonte: Autoria própria.

Figura 06: Conteúdos e objetivos específicos.



Fonte: Autoria própria.

A primeira aula foi iniciada com a realização de uma sondagem sobre o conhecimento prévio do tema central da unidade didática, Luz.

PRIMEIRA ETAPA:

Conteúdos: A natureza da luz e suas propriedades: Reflexão, refração e dispersão.

Objetivos: Compreender os fenômenos luminosos: reflexão, refração e dispersão da luz; constatar as propriedades ondulatórias como frequência e comprimento de onda.

Encaminhamentos:

- Propor um mapa mental para a palavra “luz”. Cada aluno expõe uma palavra ou expressão que defina o conceito de luz,
- Leitura individual de um texto sobre as diferentes concepções de Newton e Huygens (SER PROTAGONISTA, 2013, p.236)
- Discutir os aspectos históricos apresentados no texto.
- Aula expositiva conceituando os fenômenos ópticos de reflexão, refração e dispersão.
- Produção de um mapa conceitual destacando os fenômenos ópticos estudados.
- Encaminhar o grupo 1 para trazer o primeiro experimento e o pré-relatório para ser apresentado à turma na próxima etapa.

A elaboração do pré-relatório serviu para dar respostas aos seguintes questionamentos:

- 6) O que é som?
- 7) Basicamente como são articuladas as palavras usadas na fala?
- 8) Qual é a diferença entre as ondas produzidas por um som grave e um agudo?
- 9) Qual é a relação entre o volume do som e as ondas sonoras?
- 10) Descreva como ocorre a reflexão da luz?

O experimento que é descrito no roteiro, teve o intuito de levar o estudante a perceber que o som possui propriedades ondulatórias como frequência e comprimento de onda e que o som necessita de um meio material para se propagar, então se trata de uma onda mecânica.

SEGUNDA ETAPA

As aulas desta etapa iniciam apresentando o papel dos modelos no desenvolvimento do conhecimento científico.

Conteúdo: Modelos atômicos

Objetivos gerais: Conceituar o que são modelos; compreender a evolução dos modelos atômicos iniciando pelo modelo de Dalton até o modelo de Bohr e a importância das descobertas da Ciência para a humanidade.

Encaminhamentos metodológicos:

- Apresentação do primeiro experimento montado pelos alunos, “Como ver a tua voz”, questionando acerca da prática e da pesquisa:
- 4) O que é o som?
 - 5) Qual é a diferença entre as ondas produzidas por um som grave e um agudo? (Demonstrar a diferença com o experimento);
 - 6) Basicamente, como são articuladas as palavras na fala?
 - Propor um mapa mental para a palavra “modelo” com o objetivo de relacionar como uma previsão ou hipótese. Cada aluno expõe uma ou mais palavras e/ou expressões produzidas a partir do mapa mental, para posteriormente promove-se uma discussão.
 - Assistir ao filme: Tudo se transforma, história da Química, história dos modelos atômicos (CCEAD PUCRIO, 2012).
 - Produzir coletivamente uma linha do tempo localizando a criação dos principais modelos atômicos, relacionando os fatos principais que levaram a tais modelos.
 - Questões para responder a partir do vídeo, explanação do professor e discussões:
 - i) Por que Dalton denominou a unidade básica da matéria como “átomo”?
 - j) Que evidências experimentais levaram Dalton a elaborar um modelo maciço para o átomo?
 - k) Por qual critério ele caracterizava os elementos químicos?
 - l) Em que consistiam os raios catódicos? Quais eram as principais diferenças entre os raios catódicos e o átomo de Dalton?

- m) Qual foi a conclusão de Thomson?
- n) Qual o questionamento inicial de Rutherford acerca do modelo proposto por Thomson?
- o) Quais as principais conclusões de Rutherford sobre a composição da matéria?
- p) Por que segundo Bohr, os elétrons mais energéticos ficam mais longe do núcleo?
- Encaminhar o grupo 2 para a apresentação do segundo experimento na próxima aula, “Decompondo a luz”, que tem por objetivos: observar os fenômenos de refração e dispersão da luz; compreender os fenômenos de refração e dispersão da luz; relacionar o fenômeno de dispersão da luz ao modelo atômico de Bohr. E orientar para a produção de um pré-relatório de experimento de dispersão da luz para explicar a formação do arco-íris.

O experimento de dispersão da luz tem o intuito de levar o estudante a perceber que a luz branca é policromática. Para que o fenômeno seja visto com evidência é necessário que o ambiente esteja escuro.

TERCEIRA ETAPA

Conteúdos: Fenômeno luminosos de refração da luz e o modelo atômico de Bohr

Objetivos: Compreender o fenômeno de refração da luz e sua relação com as proposições de Bohr para a elaboração de um novo modelo atômico.

Encaminhamentos da aula:

- Retomada do conceito de onda a partir do experimento apresentado pelo grupo 1.
- Retomada de conceitos sobre a teoria corpuscular da luz de Newton e a teoria ondulatória de Huygens.
- Apresentação do experimento de “Decomposição da luz por um prisma”.
- Questões investigativas sobre o experimento:
 - 7) Observe que a luz mudou de direção. Como se chama esse fenômeno?
 - 8) A luz branca se decompôs em várias cores ao atravessar o prisma. Como se chama esse outro fenômeno?

- 9) Qual é a justificativa para os fenômenos da refração e dispersão da luz branca?
- 10) Se os feixes de luz possuem cores diferentes, tem propriedades diferentes. Quais são estas propriedades?
- 11) A ordem das cores é sempre a mesma? Por quê?
- 12) Propor ao grupo de alunos do experimento de decomposição da luz, apresentar as pesquisas sobre a formação do arco-íris.

- Aula expositiva sobre ondas eletromagnéticas e o espectro eletromagnético.
- Relacionar o espectro da luz com o modelo atômico de Bohr.
- Encaminhar os grupos 3 e 4 para a realização dos experimentos “Produzindo luz negra” e “Disco de Newton”. Os roteiros encontram-se especificados no apêndice do trabalho de dissertação.
- Leitura e discussão sobre o artigo: A Espectroscopia E A Química Da Descoberta De Novos Elementos Ao Limiar Da Teoria Quântica (FILGUEIRAS, 1996).

QUARTA ETAPA

Conteúdo: Fenômenos de luminescência

Objetivos: Retomar os conceitos de espectro eletromagnético e de modelos atômicos; compreender os fenômenos de luminescência a partir do modelo atômico de Bohr;

Encaminhamentos metodológicos:

- Aula expositiva sobre a interpretação do modelo atômico de Bohr.
- Apresentação do experimento “ Arco-íris ao contrário”
- Questões investigativas relacionadas ao experimento:
 - 1) Ao girar o disco de Newton vê-se a cor branca, como isso acontece?
 - 2) Quais a evidência desse fenômeno observa-se no dia-a-dia? Que aparelhos aproveitam do fenômeno de sobreposição da luz?
 - 3) Quando o disco está parado, nós vemos várias cores. Como é possível distinguir essas cores?

Apresentação do experimento “Produzindo luz negra”.

Questões investigativas relacionadas ao experimento.

- 5) O que é uma lâmpada de luz negra? Por que ela é chamada assim de “luz negra”?
- 6) Que relação tem o ultravioleta com os nossos sentidos?
- 7) Por que a lâmpada foi pintada ou revestida com papel celofane azul e rosa. Qual a função do revestimento?
- 8) Qual é a diferença entre fluorescência e fosforescência?

- Apresentação em slides com um breve histórico sobre a Surgimento da Física Quântica.
- Construção de um mapa conceitual coletivo relacionando todos os fenômenos estudados nesta sequência didática.

Na última etapa, além da Feira de Ciências, os estudantes foram submetidos à um questionário final.

Roteiro para o experimento “Desenhando a voz”:

Materiais:

Caneta lazer

Uma lata pequena

Um CD

Um balão

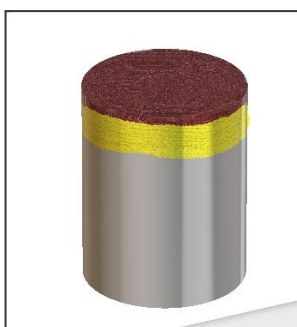
Fita adesiva

Cano de PVC de 15 polegadas com 15 cm de comprimento

Montagem do aparelho:

Retirar o fundo da lata com um abridor, substituindo o fundo de metal por um balão de festas de aniversário e fixá-lo com uma fita adesiva.

Figura: Balão (região marrom) preso com fita adesiva.



Fonte: O autor

Cortar um pedaço de disco de acrílico de um compact disc (CD), de formato quadrado de 4 cm² de área e colá-lo sobre o centro do balão fixado na lata.

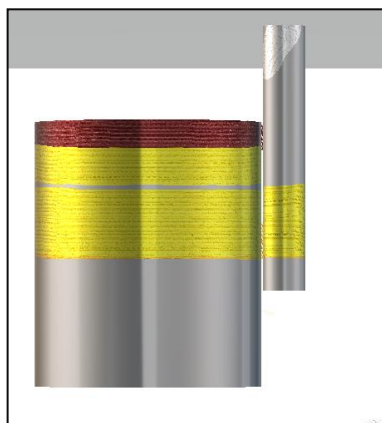
Cortar a borda do cano de PVC, no formato de V, para servir de suporte para a caneta laser. Prender o cano de PVC na lata, como mostra a figura a seguir.

Figura: Cano de PVC



Fonte: O autor

Figura: Cano de PVC acoplado à lata



Fonte: O autor

A caneta laser deve ser presa na fenda do cano de forma que a luz incida sobre o acrílico preso no balão e seja refletida em outra superfície. Ao emitir sons dentro da parte inferior da lata em que foi retirado o fundo, o som fará com que o balão vibre, vibrando também o acrílico e criando imagens na superfície onde a luz é refletida. Dependendo da frequência as imagens mudam, o que permite que seja feita uma análise das propriedades ondulatórias do som emitido.

Roteiro para o experimento “Dispersão da luz”:

Materiais:

Uma lâmpada de filamento longo

Uma lente convergente

Um prisma

Um anteparo branco

Uma folha de papel branca

Posicionar a lente convergente na frente do prisma.

Posicionar a lâmpada na frente da lente.

Colocar um anteparo de madeira do outro lado do prisma. O anteparo tem uma fenda para a passagem de um filamento de luz.

Ligar a lâmpada incandescente.

Com uma folha de papel branca posicionada depois do anteparo, observar o fenômeno de difração e dispersão.

Questão investigativa relacionada ao experimento:

Se a luz viaja em linha reta, por que ela se desvia de sua trajetória e forma vários feixes diferentes ao passar pelo prisma?

Roteiro para o experimento “Produzindo luz negra”:

A confecção da lâmpada de luz negra é um procedimento simples que permite a constatação das emissões além da luz visível e suas possíveis aplicações.

Materiais:

1 lâmpada de led

Papel celofane rosa e azul marinho

Fita adesiva transparente

Soquete com interruptor

Procedimentos:

Retirar a parte superior da lâmpada de led;

Forrar a parte interna com o papel celofane, uma camada de rosa e uma de azul;

Prender o papel celofane com fita adesiva;

Encaixar a parte superior da lâmpada.

Encaixar a lâmpada no soquete e conectar numa tomada.

Observar o efeito com materiais que tenham propriedades fluorescentes.

Roteiro para o experimento “Disco de Newton”:

A prática consiste no Disco de Newton, ou seja, o antagonista ao experimento já apresentado da dispersão da luz.

Materiais:

Folha de sulfite

Base para o disco com um motor

Procedimentos:

Imprimir em sulfite e recortar o disco de Newton.

Colar na base, conectar o motor numa fonte de energia para que gire.

Questionário final:

1-O modelo atômico proposto por Rutherford apresentava inconsistências, não explicando como o elétron se mantinha orbitando ao redor do núcleo. Descreva-as:

2-Como o estudo da luz ajudou Bohr a aprimorar o modelo de Rutherford?

3-De acordo Com o modelo atômico de Bohr, elétrons giram ao redor do núcleo em órbitas discretas. Os elétrons “saltam” de uma órbita para outra, ganhando ou perdendo energia. Diferencie os fenômenos de luminescência de acordo com o modelo atômico de Bohr:

4-Represente o fenômeno de refração da luz branca:

5-Justifique a sequência de cores na refração da luz branca.

6-Por que a luz branca pode decompor-se com a ajuda de um prisma e reconstruir-se no disco de Newton?

7-A luz é uma radiação eletromagnética. Descreva como você compreendeu a definição de radiação eletromagnética segundo a teoria clássica e segundo a teoria quântica.

8-É possível observar um grande avanço no conhecimento científico em relação à essência da matéria. Os fenômenos estudados fazem parte do seu cotidiano? Como e onde?

