

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS:
QUÍMICA DA VIDA E SAÚDE

Rodrigo Oliveira Lopes

**A EVOLUÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO POR MEIO DE
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ESPECTROSCÓPICAS**

Santa Maria, RS

2017

Rodrigo Oliveira Lopes

**A EVOLUÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO POR MEIO DE
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ESPECTROSCÓPICAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Educação em Ciências**.

Orientador: Prof. Dr. Everton Lüdke

Santa Maria, RS
2017

Ficha catalográfica elaborada através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Central da UFSM, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Lopes, Rodrigo Oliveira

A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas / Rodrigo Oliveira Lopes.- 2017.

153 p.; 30 cm

Orientador: Everton Lüdke

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Naturais e Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, RS, 2017

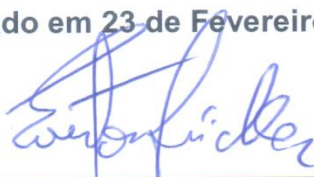
1. Ensino de Átomo 2. Perfil Conceitual 3. Evolução Conceitual 4. Experimentação 5. Espectroscopia I. Lüdke, Everton II. Título.

Rodrigo Oliveira Lopes

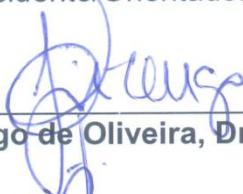
**A EVOLUÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO POR MEIO DE
ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ESPECTROSCÓPICAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM-RS), como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Educação em Ciências**.

Aprovado em 23 de Fevereiro de 2017:



Everton Lüdke, Dr. (UFSM)
(Presidente/Orientador)



Gilberto Orengo de Oliveira, Dr. (UNIFRA)



Vanderlei Folmer, Dr. (UNIPAMPA)

Santa Maria, RS
2017

DEDICATÓRIA

Toda a minha gratidão e carinho aos meus pais Ângela e Lauro que deram tudo de si para que eu conseguisse ter a oportunidade de seguir meus estudos. Sem o apoio deles nada disso teria sido possível.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais, Ângela e Lauro pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha vida, dos primeiros passos, passando pelo desafio do mestrado e em tantas outras oportunidades, que com toda certeza estarão ao meu lado.

Não poderia esquecer o apoio dos meus avós paternos, Ofélia e Ilô, minha avó materna, Tetê (in memoriam), meus afilhados Caetano e Lívia, por meio destes faço um agradecimento a toda a família de pessoas queridas que de uma forma ou de outra fazem parte da minha vida.

À Gisele pelo apoio constante em todas as horas, da seleção ao dia da defesa dessa dissertação, espero conseguir ser importante a ti como fostes para mim nessa caminhada.

A todos meus amigos, aos que me acompanham desde a infância, os amigos de escola e uma saudação especial aos amigos que a Química me trouxe.

Agradeço ao professor Everton pela oportunidade e pelos ensinamentos no decorrer deste curso.

Meu muito obrigado aos colegas de trabalho e de laboratório pelo companheirismo e amizade.

Ao Instituto São José por abrir as portas para mim e ao Cícero Barreto pelo apoio que lá sempre recebo.

À CAPES pelo apoio financeiro concedido no decorrer deste trabalho.

RESUMO

A EVOLUÇÃO DO PERFIL CONCEITUAL DE ÁTOMO POR MEIO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS ESPECTROSCÓPICAS

Autor: Rodrigo Oliveira Lopes

Orientador: Everton Lüdke

A compreensão dos modelos atômicos é um fator preponderante para o entendimento de uma enorme gama de conceitos associados à área de Ciências Naturais. De forma dissonante a este discurso, é de conhecimento comum que professores de Química têm grandes dificuldades durante sua atividade no que diz respeito ao ensino deste tópico. Fato é que os estudantes de Ensino Médio (EM) apresentam limitações na compreensão do assunto, logo há uma urgente necessidade em se pensar metodologias que superem as práticas docentes tradicionalmente empregadas em nossas salas de aula. Diante deste cenário, este trabalho tem como objetivo investigar como atividades didáticas baseadas em experimentos podem potencializar a evolução conceitual sobre o átomo em estudantes concluintes do EM. Sendo assim, buscou-se responder ao seguinte problema de pesquisa: como e em que medida a experimentação pode potencializar a evolução do perfil conceitual do átomo? Para isso, foi realizado um estudo sobre a evolução do perfil conceitual de átomo, no qual um grupo de estudantes participou de um projeto de ensino, que por meio de atividades experimentais, visava o ensino dos modelos atômicos. Realizado no contexto de uma escola particular de Educação Básica na cidade de Santa Maria - RS esta pesquisa deu-se segundo a perspectiva da pesquisa-ação, ao passo que o pesquisador atuava como professor destes estudantes. A fundamentação conceitual da pesquisa apoiou-se na noção de perfil conceitual proposta por Eduardo Mortimer. Participaram da proposta estudantes de terceiro ano do EM, que foram organizados em três grupos, aqui chamados de A, B e C e as atividades do projeto ocorreram em quatro momentos distintos: pré-teste; aula expositiva sobre os requisitos conceituais; realização dos experimentos; pós-teste. Os experimentos realizados utilizaram uma abordagem sob o viés da espectroscopia para discutir os modelos atômicos. Já a coleta de dados para a pesquisa ocorreu a partir da análise dos pré-testes, cadernos de experimentos, pós-testes e diários da prática pedagógica, elaborados pelo professor. Após a análise dos resultados pode-se evidenciar que os alunos apresentaram considerável evolução conceitual, já que demonstraram ter desenvolvido aprendizagens sobre os estágios mais avançadas do perfil conceitual do átomo. Concluiu-se também que mesmo aprimorando as concepções mais avançadas do perfil do átomo, os alunos não abandonaram totalmente as zonas não científicas, como sensorialismo e substancialismo. Diante disso, a partir dos resultados da pesquisa, conclui-se que a proposta deve ser aperfeiçoada, a fim de superar as dificuldades encontradas durante o trabalho, principalmente no sentido de propiciar aos alunos a superação das concepções não científicas que integram o perfil do átomo. Por fim, acredita-se que esta proposta tenha grande potencial para possibilitar a evolução conceitual, com ênfase à quarta zona do perfil conceitual, o estágio quântico do átomo.

Palavras-chave: Ensino de Átomo. Perfil Conceitual. Evolução Conceitual. Experimentação. Espectroscopia.

ABSTRACT

THE CONCEPTUAL EVOLUTION OF ATOM THROUGH SPECTROSCOPIC EXPERIMENTAL ACTIVITIES

Author: Rodrigo Oliveira Lopes
Thesis advisor: Everton Lüdke

The comprehension of atomic models is a very important factor to understand a variety of concepts associated to the field of natural sciences. Adding to this, the fact that chemistry teachers have many difficulties during their activities when they have to teach this subject in classroom is a common problem. It is also a fact that high school students often show limitations in understanding the scientific concepts required by this subject and, therefore, there is an urgent necessity in developing methodologies which could improve the traditional teacher work when in classroom. Bearing this in mind, this work aims to investigate how didactic activities based on series of experiments can augment the conceptual acquisition and the evolution of thought about atoms in high school students. The actual research problem to be analyzed here is to show and under what ways, series of experimentations can potentialize the evolution of individuals regarding the concepts of atomic models. To carry that out, a study has been made with a group of students in a private school in the city of Santa Maria – RS, according to action research methods involving the conceptual theory profile proposed by Eduardo Mortimer. Three student groups (A, B and C) and the project activities happened in four distinct moments: a pretest, a regular background lecture, the experiments and a posttest according to Brazilian educational standards. The experiments used optical spectroscopy to discuss atomic models. Pretests, individual lab notebooks, class quizzes and posttests allowed to evaluate the students and the method. The analysis allowed to conclude that the students showed considerable development in acquisition of concepts since they showed to reach more advanced levels of understanding of atomic models showing the potential of the proposed teaching method. It was also possible to assess that even reaching higher levels of understanding of atomic models, it is difficult for students to abandon nonscientific zones like sensorialism and substantialism. This brings about the need of improvement of further classroom methods which allow the students to overcome nonscientific conceptions. This proposal, however, has great potential to be used as standard for the students to reach the fourth conceptual zone, which is the quantum states of simple atoms.

Keywords: Teaching of atom. Conceptual profile. Conceptual evolution. Experimentation. Spectroscopy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo da investigação-ação	43
Figura 2 - A investigação de problemas práticos.....	45
Figura 3 - Mecanismo de formação de cátions.....	60
Figura 4 - Rede de difração de 1000 linhas	61
Figura 5 - Quadro para determinação de bandas no espectro	62
Figura 6 – Teste de chama	62
Figura 7 – A parte visual do espectro eletromagnético	63
Figura 8 – Esquema de funcionamento de um tubo de Geissler.....	64
Figura 9 - Experimento da ionização de gases em tubo de Geissler	65
Figura 10 - Espectro de emissão do hidrogênio	66
Figura 11 - Esquema das partes de uma lâmpada de sódio	67
Figura 12 - Aparato para o estudo de uma lâmpada de vapor de sódio.....	67
Figura 13 - Experimento sobre a lâmpada de sódio de alta pressão	68
Figura 14 - Diagrama de Gotrian para o sódio	69
Figura 15 - Situações 1 e 2 do pré-teste	72
Figura 16 - Situações 3 e 4 no pré-teste	73
Figura 17 - Análise estatística para o teste de chama.....	86
Figura 18 - Resultado da estatística para o teste de chama (Q1.1, Q1.2 e Q1.5).....	87
Figura 19 - Estatística para o teste de chama (Q1.2 e Q1.4)	88
Figura 20 - Resultados estatísticos para o segundo experimento.....	92
Figura 21 – Estatística para as questões do segundo experimento (A	93
Figura 22 - Estatística para as questões do segundo experimento (B)	94
Figura 23 - Resultados estatísticos para o terceiro experimento.....	98
Figura 24 - Estatística para as questões sobre o tubo de Geissler (A)	99
Figura 25 - Estatística para as questões sobre o tubo de Geissler (B)	100
Figura 26 - Questões sensoriais e substancialistas no pós-teste.....	106
Figura 27 - Questões clássicas e quânticas no pós-teste	107

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Estágio sensorialista no pré-teste.....	81
Gráfico 2 - Estágio substancialista no pré-teste	82
Gráfico 4 - Estágio quântico no pré-teste	83
Gráfico 5 - Análise das respostas do teste de chama	90
Gráfico 6 - Análise da parte visual do espectro eletromagnético.....	96
Gráfico 7 - Análise da ionização de gases em tube de Geissler	101
Gráfico 8 - Análise das respostas do pós-teste	108

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição das atividades didáticas.....	58
Tabela 2 - Cronograma de implementação das atividades didáticas	59
Tabela 3 - Composição do pós-teste.....	75
Tabela 4 - Parâmetro para a expressão dos perfis	77
Tabela 5 - Combinações entre as zonas do perfil conceitual no teste de chama.....	88
Tabela 6 - Desempenho na questão 10 do pós-teste por grupos.....	117
Tabela 7 - Desempenho na questão 5 do pós-teste por grupos.....	117
Tabela 8 - Desempenho na questão 8 do pós-teste por grupos.....	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Perfil conceitual de átomo	55
Quadro 2 - Diários da prática pedagógica	80
Quadro 3 - Categorização das respostas do teste de chama.....	85
Quadro 4 - Respostas dos alunos para as questões do quarto experimento	103
Quadro 5 - Respostas dos alunos para as questões do quinto experimento	104

ABREVIATURAS E SIGLAS

EB	Educação Básica
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LAE	Laboratório de Assuntos Educacionais
LD	Livros Didáticos
PNLD	Plano Nacional do Livro Didático
RS	Rio Grande do Sul
SPSS	Statistical Package for Social Sciences
TWA	Teaching With Analogies
UFSM	Universidade Federal de Santa Maria

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	29
1.1. PROBLEMA DE PESQUISA.....	30
1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO.....	30
1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	30
2. O AMPARO CONCEITUAL.....	33
2.1. O ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS NAS ESCOLAS.....	33
2.2. O QUE SE ESPERA DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS?.....	37
2.3. REFLEXÕES SOBRE A PRÁTICA.....	40
2.4. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	47
2.5. O MODELO DO PERFIL CONCEITUAL.....	49
3. A REALIZAÇÃO DO TRABALHO: ESTRATÉGIAS E MÉTODOS.....	53
3.1. REFERENCIAIS CONCEITUAIS METODOLÓGICOS.....	53
3.2. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES.....	56
3.3. IMPLEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES.....	57
3.4. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....	75
4. RESULTADOS SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL.....	79
4.1. RESULTADOS DOS DIÁRIOS DA PRÁTICA PEDAGÓGICA.....	79
4.2. RESULTADOS DOS PRÉ-TESTES.....	81
4.3. RESULTADOS DOS CADERNOS DE EXPERIMENTOS.....	84
4.4. RESULTADOS DOS PÓS-TESTES.....	105
5. DISCUSSÕES SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL.....	109
5.1. DISCUSSÕES SOBRE OS DIÁRIOS DA PRÁTICA PEDAGÓGICA.....	109
5.2. DISCUSSÕES SOBRE OS PRÉ-TESTES.....	109
5.3. DISCUSSÕES SOBRE OS CADERNOS DE EXPERIMENTOS.....	111
5.4. DISCUSSÕES SOBRE OS PÓS-TESTES.....	116
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	121

6.1.	REFLEXÕES SOBRE A PESQUISA DO PROFESSOR	121
6.2.	OS PERFIS CONCEITUAIS EM SALA DE AULA.....	122
6.3.	UM OLHAR CRÍTICO SOBRE O TRABALHO	123
6.4.	O PROFESSOR NA PERSPECTIVA DOS PERFIS CONCEITUAIS	124
REFERÊNCIAS		127
APÊNDICES		133
	APÊNDICE A – CARTA DE ACEITE DA ESCOLA	134
	APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	135
	APÊNDICE C – PRÉ-TESTE	136
	APÊNDICE D – CADERNO DE EXPERIMENTOS	138
	APÊNDICE E – PÓS-TESTE	150

APRESENTAÇÃO

O CONTEXTO E OS ANTECEDENTES DA PESQUISA

O trabalho aqui relatado trata-se da pesquisa de um aluno de mestrado do Programa de Pós-Graduação Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria, realizado no âmbito da linha de pesquisa Educação científica: processos de ensino aprendizagem na escola, na universidade e no laboratório de pesquisa, desenvolvido sob a orientação do Prof. Dr. Everton Lüdke.

Fruto dos anseios surgidos no cotidiano do pesquisador enquanto professor de Química na rede pública estadual de educação do estado Rio Grande do Sul, este estudo se preocupa em apresentar alternativas aos professores de Química da Educação Básica (EB) para o ensino de modelos atômicos. Inicialmente, a proposta buscava a utilização de ferramentas alternativas ao laboratório de Química, no entanto no decorrer de muitas discussões e estudos, concluiu-se que a melhor opção seria propor uma metodologia ainda não utilizada para o ensino de modelos atômicos que adotasse a experimentação como recurso principal.

Sobre o contexto de realização do trabalho, é importante destacar que foi desenvolvido em dois espaços formais: o primeiro foi o Laboratório de Assuntos Educacionais (LAE), situado na sala 1121 B, no prédio do Centro de Ciências Naturais e Exatas da UFSM, e o segundo foi cedido pela escola em que se desenvolveu a proposta, uma escola particular de Educação Básica situada na cidade de Santa Maria, no estado do Rio Grande do Sul. No primeiro, foram realizadas as etapas de estudos, construção de materiais didáticos, elaboração e revisão da metodologia a ser empregada e planejamento de roteiros de experimentos. Já no espaço cedido pela escola, foram realizadas as atividades de ensino e a coleta de dados.

Participaram, de maneira voluntária, do projeto alunos dos terceiros anos do Instituto São José. Como o pesquisador atuava como professor dessas turmas esse processo foi facilitado e de certa forma é um dos motivos para a escolha desse público para a implementação da proposta. Foram convidados todos os estudantes das três turmas de 3º ano do Ensino Médio (EM) existentes na escola, as atividades ocorreram no turno da tarde, inverso ao das aulas desses alunos. A escolha das

turmas, turno e horário para a realização do projeto foi feita em comum acordo entre professor e pesquisador, coordenação da escola e alunos.

1. INTRODUÇÃO

O átomo é um tema que desempenha um papel ímpar na área das ciências naturais, pois a compreensão desse tópico é imprescindível para o real entendimento de uma enorme diversidade de conceitos que fogem à Química e se estendem a diversas outras áreas do conhecimento. Compreender os modelos atômicos construídos pela ciência para explicar o átomo é um fator preponderante para desenvolver conhecimentos sobre outros assuntos centrais da Química, como ligações químicas, polaridade, formação de moléculas orgânicas, características físicas das substâncias, mecanismos de reações orgânicas e bioquímicas, além de diversos outros tópicos conceituais extremamente relevantes. Também, conforme apresentado por Parente, Santos e Tort (2014), os modelos atômicos podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades de raciocínio científico e a entender como se dá a construção de modelos científicos a partir de observações experimentais, algo extremamente importante, ao passo que as diretrizes que orientam a educação básica no país apontam para a importância da compreensão da Ciência com seu sentido histórico e como uma construção humana.

Embora a constatação da importância do assunto átomo seja evidente e consenso entre os especialistas da área de Ensino de Ciências, o panorama atual nos apresenta um quadro que não condiz com a relevância do assunto para a área das Ciências da Natureza. Tem sido recorrentes, as pesquisas que apontam o quanto são frágeis as concepções sobre o átomo e a matéria por parte de estudantes de Ensino Médio, Ensino Superior e até, de maneira preocupante, por parte de professores de Química, Física, Ciências e Biologia. São muitos os fatores apontados como possíveis dificultadores para a melhora deste panorama, os professores têm como empecilho uma estrutura escolar fragilizada, degradantes condições de trabalho, muitas vezes somados a falta de comprometimento por parte dos alunos, o fato é que há uma necessidade urgente e já reconhecida de superar esse quadro desfavorável. Tem-se a chamada deterioração do clima educacional nas salas de aula e nas escolas que em conjunto com o desacordo entre os objetivos traçados pelos professores e os dos estudantes demonstram a crise da educação científica. (POZO; CRESPO, 2009).

Entre as medidas possíveis para vencer tal crise está a atuação do professor enquanto pesquisador e, em decorrência disso, a proposição de metodologias que

superem as estratégias tradicionais de ensino que têm sido por vezes insuficientes. Essa renovação é necessária, pois somente os professores da EB possuem a vivência de sala de aula e conhecem, na prática, os obstáculos que impedem que as aprendizagens sejam bem desenvolvidas por seus alunos. Além disso, é de conhecimento comum que há pouco diálogo entre as escolas de educação básica e as universidades, portanto é primordial que os professores, sujeitos imersos na realidade escolar, assumam o protagonismo na proposição de alternativas às dificuldades encontradas no cotidiano escolar.

1.1. PROBLEMA DE PESQUISA

No decorrer desse estudo busca-se responder ao seguinte problema de pesquisa: como e em que medida a experimentação pode potencializar a evolução do perfil conceitual sobre o átomo em estudantes concluintes do Ensino Médio?

Logo, a pesquisa aqui relatada busca reconhecer as relações e variáveis associadas entre a evolução conceitual sobre o átomo e as atividades didáticas que tenham a experimentação como recurso didático principal.

1.2. OBJETIVOS DO TRABALHO

1.2.1. Objetivo geral

O objetivo geral desse trabalho é investigar como as atividades didáticas baseadas em experimentos podem potencializar a evolução conceitual sobre o átomo em estudantes concluintes do Ensino Médio.

1.2.2. Objetivos específicos

- Discutir o papel do professor-pesquisador;
- Refletir sobre a noção dos perfis conceituais no contexto de sala de aula;
- Propor uma estratégia de pesquisa para professores da Educação Básica que se aplique à realidade escolar.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A investigação realizada para responder o problema de pesquisa apresenta-se com a seguinte estrutura, a saber: no segundo capítulo, nomeado “O amparo conceitual”, discute-se o referencial conceitual pertinente ao trabalho, que por tratar-se de uma proposta de ensino exige alguns esclarecimentos quanto à experimentação como recurso didático, às peculiaridades do ensino de Química, ao papel docente e o perfil conceitual, o aporte teórico que norteará toda a pesquisa.

O terceiro capítulo, chamado “A realização do trabalho: estratégias e métodos”, aborda a metodologia utilizada durante a pesquisa, relatando as etapas de planejamento, construção e elaboração dos materiais didáticos e experimentos, implementação da proposta e a análise dos resultados. Aqui busca-se tornar o mais evidente possível as justificativas que tangem a etapa de preparação da pesquisa, assim como relatar os percalços e as preocupações necessárias para a construção dos materiais didáticos, por fim, relatamos a efetivação da proposta e a escolha das ferramentas e referenciais metodológicos. Esse nível de esclarecimento é importante, pois a validade da pesquisa é condicionada a possibilidade de reprodução do estudo por outros pesquisadores.

Já no quarto capítulo desse trabalho, “Resultados sobre a evolução conceitual”, apresenta-se os resultados decorrentes das produções dos estudantes durante a proposta de ensino. Serão trazidos os resultados obtidos por meio da coleta de dados da pesquisa, como por exemplo, temos o roteiro de experimentos que apresentava uma série de problemas a serem resolvidos pelos alunos no decorrer da realização dos experimentos, entre outros instrumentos utilizados durante a pesquisa a serem apresentados no corpo do capítulo. Além disso, serão apresentadas as ferramentas metodológicas adotadas para a obtenção dos resultados a partir dos dados coletados.

O quinto capítulo, intitulado “Discussões sobre a evolução conceitual”, apresenta as ponderações realizadas a partir da análise dos resultados, visando explicar a relação entre a experimentação como recurso didático e a evolução conceitual dos participantes da pesquisa sobre o átomo.

Por fim, no sexto capítulo dessa dissertação, denominado “Considerações finais”, relata-se as conclusões do pesquisador acerca do trabalho, analisando seu potencial, tendo como parâmetros os objetivos e o problema de pesquisa. Assim como, são definidas algumas perspectivas para a utilização dessa proposta, além de indicações sobre as possibilidades de continuidade do trabalho.

2. O AMPARO CONCEITUAL

A fundamentação conceitual para este trabalho consolida-se a partir das contribuições encontradas na literatura que destacam assuntos relevantes para a pesquisa aqui relatada. Para a elaboração desse referencial, revisa-se obras de diversos autores de destaque nas áreas de Educação e de Ensino ou autores cujas produções tenham importância para alguma etapa dessa pesquisa.

Discute-se temas que influenciam de alguma forma o desenvolvimento do trabalho, sendo que, inicialmente, são realizadas as reflexões sobre os assuntos que interferem de maneira ampla sobre a pesquisa. Por fim, são trazidos à tona assuntos que diretamente norteiam o trabalho, examina-se o papel do professor de Ciências, a importância da reflexão do docente sobre sua prática, os aspectos associados à utilização de experimentos como recursos didáticos, assim como as produções relativas à noção de perfil conceitual.

2.1. O ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS NAS ESCOLAS

Desta forma, é necessário pensar como tem se dado o ensino de atomística nos estabelecimentos de ensino para que a partir deste panorama se busquem alternativas que propiciem aos alunos a aprendizagem sobre os modelos atômicos. Em geral, nos currículos escolares, o ensino dos modelos atômicos vem sendo um assunto desenvolvido no âmbito do componente curricular Química, normalmente, durante o 1º ano do EM.

Neste contexto, será discutido brevemente o quadro atual do ensino dos modelos atômicos na disciplina de Química, um conteúdo comumente apresentado seguindo uma linha do tempo, que desconsidera as rupturas responsáveis pela construção desses modelos e que deixa de abordar a História da Ciência com o devido rigor, desperdiçando essa estratégia tão rica para o ensino de ciências. Corroborar com tal afirmação Chassot (1996), que defende existir algumas semelhanças entre alguns pensamentos dos alunos e as convicções apresentadas por vários cientistas quando o assunto é modelos atômicos, logo abordar os aspectos históricos da construção do conhecimento sobre o átomo pode auxiliar o professor em suas práticas. Já para Fernandes et al (2010), uma abordagem histórica da ciência pode auxiliar o aluno a compreender que o saber científico é

dinâmico e que novos conhecimentos podem ser consolidados em detrimento de conhecimentos anteriormente aceitos.

Além disso, Parente et al (2014), por meio de um estudo recente sobre o modelo atômico de Bohr no Ensino Médio, nos apresentam algumas contradições associadas ao ensino do átomo, encontradas nos livros didáticos (LD) destinados ao EM. Neste artigo, os autores expressam as dificuldades em ensinar o modelo atômico de Bohr associadas à falta de requisitos conceituais básicos para essa compreensão por parte dos alunos. Resultado disso é que a construção e refutação dos modelos não são idealizadas pelo aluno como um processo científico, mas sim como um processo arbitrário, que em nada se aproxima com o que é o desenvolvimento da Ciência, repleto de rupturas e novos paradigmas. (PARENTE et al, 2014).

Para que se possa caracterizar o ensino sobre modelos atômicos na realidade escolar é imprescindível que se discuta a utilização de LD, já que por questões que vão de políticas de estado, como o Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), passando por escolhas pessoais, os professores de Química têm utilizado, geralmente, o LD como principal recurso durante suas aulas, medida que merece maior cuidado por parte dos docentes, ao passo que os livros estão repletos de informações, imagens e modelos que, se utilizados se o devido cuidado podem gerar dificuldades no desenvolvimento da aprendizagem. Exemplo disso é o trabalho de Lopes (1990) que a partir da análise de LD de Química conclui que as publicações analisadas trazem uma série de imagens que podem atuar como epistemológicos à aprendizagem. (LOPES, 1990).

Diante do exposto, cabe, também, a reflexão sobre o recurso didático das analogias, as quais são sugeridas, por diversos autores, como recurso didático potencial para o ensino sobre o átomo, pois possibilitam ao aluno uma compreensão mais próxima ao real sobre os modelos científicos sobre este assunto. (PARENTE et al, 2014; ESKANDAR et al, 2013). Nesses trabalhos as analogias são utilizadas de acordo com o método proposto por Glynn (1994), Teaching With Analogies (TWA) e após uma breve análise na literatura sobre a real validade desse método para o ensino sobre modelos atômicos, tem-se que a utilização das analogias para o ensino não são unanimidade. Para Eskandar (2013), não existem evidências empíricas suficientes que garantam grande supremacia do método de ensino por analogias (TWA) frente aos métodos tradicionais de ensino. Duit (1991) também nos traz

alguns perigos e desvantagens da utilização das analogias, a saber: 1) O conceito que se busca estudar nunca será perfeitamente semelhante ao análogo; 2) Se os estudantes possuírem concepções equivocadas sobre o análogo, esses equívocos serão transferidos para o conceito alvo; 3) Embora, o pensamento por analogias seja da natureza humana, a aprendizagem por analogias requer bastante orientação por parte do professor.

Perante esse quadro, não se busca desqualificar o emprego de analogias para o ensino, mas sim, apresentar uma problematização e, a partir disso, inferir que o ensino por analogias, assim como o método TWA, não pode dar conta sozinho da demanda do ensino de modelos atômicos.

Também é discutido aqui o papel da experimentação como recurso didático, já que tem sido indicada como um recurso importante para os mais diversos níveis de ensino. Prova disso, é que a relevância das atividades experimentais para o ensino tem sido um consenso entre professores de educação básica, de nível superior e pesquisadores, estes tem a experimentação como um forte aliado do educador para sua ação profissional. O que justifica essa afirmação são os possíveis benefícios que a experimentação pode acarretar em sala de aula, como a motivação, o incentivo ao aluno investigador e o caráter lúdico. (GIORDAN, 1999).

Entretanto, Giordan (1999) também realiza um alerta, é necessário que o professor conduza a atividade experimental de forma que evite o paradigma positivista para essa atividade. Pois, a experimentação não pode ter fim em si mesma, isto é, este recurso didático deve ser empregado, de acordo com o ambiente sócio-cultural e histórico, a serviço de um planejamento que defina a metodologia utilizada, as aprendizagens que se deseja potencializar e como coletar indícios de que a atividade tenha atingido os objetivos esperados. Para tal, se faz necessário que a realização da aula experimental seja orientada pelo professor, possibilitando aos alunos a observação e/ou realização da atividade experimental a partir de um aporte conceitual. Dessa forma, a experimentação pode propiciar a observação de um fenômeno natural, a formulação e comprovação de uma hipótese relativa a algum fenômeno. Considerando as características deste recurso, o professor pode instigar os alunos a terem uma postura ativa durante a realização dos experimentos. (GUIMARÃES, 2009).

Como resultado à crítica acerca dos recursos didáticos, que recorrentemente são utilizados para o ensino dos modelos atômicos, surge uma proposta de ensino que visa propiciar a aprendizagem sobre os modelos atômicos, esta adota como recurso didático principal a experimentação, pois este recurso tem sido apresentado como potencialmente capaz de permitir uma melhor aproximação entre o saber a ser aprendido e os processos envolvidos para a construção desses conhecimentos científicos. Contudo, os métodos empregados e os referenciais conceituais para o desenvolvimento de atividades de ensino com o viés experimental não parecem ser objeto de concordância entre os pesquisadores da área de ensino. Portanto, é a partir dessa polissemia de ideias que este trabalho se apresenta como uma tentativa de reconhecer o papel da experimentação, na realidade de sala de aula, adotando referenciais metodológicos e teóricos consolidados na área de educação.

É importante destacar que a pesquisa se coloca como uma consolidação da importância da atuação do docente como pesquisador, ou seja, um sujeito que se coloca de maneira crítica em relação a sua prática e ao meio escolar e a partir disso pode repensar sua ação, em um processo contínuo.

O referencial conceitual adotado pelo trabalho tem como alicerce principal a noção de perfil conceitual proposta por MORTIMER (1995), que discute como os sujeitos podem apresentar diferentes formas de pensar em contextos distintos. Segundo esse modelo, para todo conceito polissêmico, que permite a existência simultânea de diversas significações, cada sujeito terá um conjunto de concepções que serão empregadas de acordo com a situação. O conjunto de concepções é chamado de perfil conceitual e cada uma das concepções é nomeada como zona ou estágio do perfil conceitual.

Tem-se este referencial como o ideal para o referido trabalho devido à diversidade de conceituações atribuídas ao átomo, desde as mais refinadas até as mais simplórias, que são constantemente utilizadas de acordo com o contexto. Dessa forma, a evolução dos perfis conceituais surge como um modelo para que se realize a avaliação da potencialidade da proposta de ensino aqui relatada.

Também corrobora para a utilização desse modelo a carência de trabalhos que reflitam sobre a adoção do perfil conceitual como modelo teórico para pensar o ensino e aprendizagem em sala de aula, apesar de ser um modelo consolidado no âmbito da área de Ensino de Ciências. Logo, foge as pretensões dessa

investigação, qualificar a validade desse modelo, pois um extenso número de produções de diversos pesquisadores e periódicos apontam para o potencial dos perfis, entretanto há um espaço para colaborações que orientem o professor em suas práticas adotando a noção de perfil conceitual.

Cabendo a esta pesquisa ampliar as produções que indicam como utilizar e quais as vantagens de adoção da evolução de perfis conceituais como referencial teórico para o trabalho docente.

Embora, o perfil conceitual tenha caráter pessoal e seja único a cada indivíduo, pode-se traçar um perfil que possa ser considerado próprio de um grupo de indivíduos de uma mesma cultura. Neste trabalho, utilizar-se-á o perfil conceitual de átomo proposto por Mortimer (2000), constituído por quatro zonas do perfil conceitual.

2.2. O QUE SE ESPERA DO PROFESSOR DE CIÊNCIAS?

Inicialmente, é imprescindível que possa ser definido que papel atribui-se ao professor de Ciências em nossa sociedade, assim como pensar minimamente sobre fatores que corroboram com o fazer docente, como a reflexão sobre a prática, a formação continuada e outros pontos importantes para o entendimento do papel deste profissional. Também é importante destacar que o professor deve ser visto como um profissional da educação, não há mais espaços para uma visão romantizada sobre este ofício, este deve ser valorizado, ter condições mínimas para o desenvolvimento de seu trabalho, leia-se trabalhar em um ambiente seguro, com o mínimo de infraestrutura e de materiais necessários para a suas práticas.

No contexto social atual, é preciso demarcar a posição na qual o professor tem grande responsabilidade para a boa formação do estudante, contudo, este não é o único responsável, o próprio aluno deve ser o sujeito de sua aprendizagem, assim como o Estado, que por meio de suas políticas públicas deve cumprir seu dever de dar condições de trabalho ao docente, garantir a estrutura da escola e a segurança dos que lá convivem.

Saint-Onge (1999) afirma que as mudanças pelas quais vem passando nossa sociedade tem tornado a atividade de ensino uma das mais essenciais para a vida social. Contudo, ocorre que muitos alunos passaram a frequentar a escola sem nenhum interesse, o resultado desse fato, e de outros não aqui enumerados, é o

aumento progressivo dos problemas encontrados pelos professores em sala de aula. São cada vez mais recorrentes os casos de violência escolar e demais problemas associados à indisciplina no contexto das escolas. Segundo Foucault (2002), este movimento tem origem a partir da crise do modelo disciplinar de sociedade, pois a escola, anteriormente, visava a formação de cidadãos para a vivência em uma sociedade baseada na disciplinarização, modelo que era gerenciado por uma série de instituições, como hospitais, quartéis e até mesmo as escolas. Ao passo que esse modelo de sociedade sofreu com uma crise, a partir da década de 70, surgiu a necessidade de uma adaptação por parte destas instituições e, conseqüentemente, da escola, cujo empenho para mudar tal situação não foi suficiente.

Resultado disto, é que a sociedade apresenta enorme distanciamento entre a minoria que domina o saber científico e a maioria da população com baixo nível de cultura científica. Entre as explicações para este quadro a literatura aponta o grande número de reformas no ensino sem que sejam feitas reflexões profundas, problemas relacionados ao currículo e à falta de recursos e a formação, muitas vezes deficitária, dos professores. (GIORDAN e VECCHI, 1996, p.49).

Diante deste quadro, o professor deve assumir sua função frente à escola e, dentro de sua prática, buscar a adaptação nesse novo paradigma de escola. Para a realização desta tarefa o docente pode contar com anos de produção acadêmica da área de Educação, Ensino de Ciências, produções que, em certa medida, os professores de escolas já têm acesso. Citando caso análogo tem-se o trabalho de LOPES, SOUZA e DEL PINO (2004) que atesta que os discursos pedagógicos dos últimos tempos permeiam as falas dos professores participantes da pesquisa, no entanto, quando questionados sobre questões mais amplas como a Epistemologia da Ciência, por exemplo, os docentes julgam que tais tópicos são irrelevantes para o seu trabalho, o que pode ser interpretado como um indício de que os discursos que reproduzem os chavões da educação atual sejam o meio utilizado por estes professores para dar a ideia de pertencimento e de aceitação perante o grupo de profissionais, mesmo que estes discursos muitas vezes não tenham reflexos sobre suas práticas.

A inclusão das Ciências da Natureza como componente do currículo escolar na Educação Básica (EB) visa, em geral, permitir o desenvolvimento da cultura científica nos alunos, buscando o conhecimento voltado aos fenômenos naturais, como também a compreensão dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos,

contribuindo para que o cidadão em formação escolar tenha elementos para reconhecer as consequências sociais dos avanços tecnológicos. (POZO e CRESPO, 1998, p.67). Objetivos estes que maximizam a importância do professor de ciências em uma sociedade que passa cotidianamente por uma série de renovações.

Sanmartí (2002) enumera fatores que condicionam o Ensino de Ciências e têm tornado ainda mais complexa a atividade de ensinar, entre estes agentes temos as transformações sociais; as alterações na epistemologia das Ciências; a ampliação de tecnologias da informação e da comunicação; desenvolvimento das ciências da educação e da Psicologia. Cada um destes fatores, à sua maneira, interfere na ação de ensinar Ciências, pois as mudanças sociais são refletidas nas políticas educacionais. Já as rupturas na Epistemologia das Ciências fazem com que seja necessário modificar a forma de ensinar em uma sociedade que produz grande diversidade de conhecimentos em uma velocidade imensuravelmente maior do que em outros períodos históricos. Além disso, as tecnologias da informação, atualmente, fazem com que a escola deixe de ser a única fonte de informação científica. Por fim, na área de Educação o desenvolvimento faz com que não se acredite mais em um único modelo de ensino e aprendizagem, mas sim em uma série de pressupostos que explicam diferentes situações na escola.

Pozo e Crespo (2009) destacam alguns pressupostos sobre a atividade de ensinar Ciências. Para os autores a aprendizagem científica é produto de um longo processo de instrução, que longe de ser automática trata-se de uma construção social, sendo assim, o professor de Ciências deve ter conhecimento sobre as estratégias e enfoques de ensino, conhecimento da disciplina, saber planejar suas atividades de ensino, refletir sobre a utilização de recursos didáticos e desenvolver avaliações sobre as aprendizagens e sobre o ensino.

Discutir a práxis do professor de ciências também exige a compreensão do papel do aluno em uma situação de aprendizagem, pois este é o verdadeiro sujeito deste processo. Sendo assim, o professor deve questionar suas ações, problematizar a utilização do LD, refletir sobre a relevância dos conteúdos abordados em sala de aula tendo como foco o aluno e não buscando a realização de suas vontades e costumes enquanto professor. (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2009).

2.3. REFLEXÕES SOBRE A PRÁTICA

Não se pode ter a pretensão de, por meio de um único trabalho e metodologia, modificar toda a realidade do ensino de Ciências ou até mesmo o ensino de Química, seja como um todo ou em uma única unidade escolar. Contudo, antes de iniciar seu trabalho, o professor deve ter clareza quanto à dificuldade e complexidade do desafio que o aguarda e partindo dessa conjuntura, pensar e propor suas alternativas de atuação. De acordo com André (2001), tem-se a expectativa que professores da Educação Básica assumam a tarefa de ensinar, visando a formação intelectual de seus alunos, almejando, em um momento futuro, a inserção comprometida e ativa dos estudantes na sociedade.

A atividade do docente no cotidiano escolar não permite a realização de juízos de valor ou ponderações que considerem as pesquisas acadêmicas na totalidade do tempo. Por vezes, a tomada de decisão, por parte do professor, deve ser imediata. No entanto, a necessidade do desenvolvimento da capacidade de gerenciar problemas instantaneamente não pode justificar a falta de reflexão sobre a prática. O professor pode e deve evoluir em sua ação e isso pode ocorrer via investigação, observação, análise de instrumentos, metodologias e recursos didáticos. (ANDRÉ, 2001).

Atualmente, a legislação vigente, por meio de diretrizes e normativas, aponta para a importância da pesquisa ao ofício do professor. Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica, documento publicado em 2013 pelo Ministério da Educação, o professor deve saber avaliar situações, elaborar intervenções e interpretar os resultados produzidos por estas. (DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA, 2013, p.58).

É claro que as orientações contidas na legislação ou em resoluções elaboradas junto às instâncias competentes têm poder de influenciar positivamente a ação dos professores, contudo deve-se recordar que a existência desses documentos não garante a renovação das práticas docentes, faz-se necessária a proposição de estratégias que articulem tanto a formação inicial, como a formação continuada dos professores, no sentido de prepará-los para a participação efetiva na elaboração de currículos, projetos político-pedagógicos e mediação dos problemas encontrados no cotidiano escolar.

O ofício do professor já tem arraigado as suas atividades a realização de pesquisas, por mais que isso, normalmente, não resulte em produções formais de conhecimento ou em registros que possam ser acessados por seus pares. Conforme pode ser evidenciado em artigo publicado por Becker e Marques (2010):

O professor é alguém que elabora planos de atividades, aplica metodologias, reproduz conteúdos, interpreta esses conteúdos, observa comportamentos e avalia processos. Assim como o cientista no laboratório ele inventa e implementa ações que produzem novos fenômenos cognitivos, avalia os fenômenos observados, cria novas compreensões desses fenômenos. (BECKER; MARQUES, 2010, p. 12).

Tendo como estopim este trecho citado de Becker e Marques (2010), algumas reflexões e ponderações são relevantes sobre o trabalho do professor, entre elas tem-se que a investigação está no cerne da atividade docente, a qual deve gerenciar dificuldades de aprendizagem demonstradas pelos alunos, assim como, auxiliar o docente na reestruturação de suas ações sempre que as circunstâncias indiquem tal necessidade.

Outro desdobramento dessa citação de Becker e Marques (2010) é pensar o professor pesquisador em todos os âmbitos de ensino, pois atualmente no Brasil a cultura da pesquisa docente parece estar restrita aos professores universitários, que muitas vezes não têm como foco as próprias práticas, mas somente a pesquisa visando publicações em periódicos e o aumento de suas produções científicas. Por conseguinte, é necessário que a investigação sobre a prática se dê em todos os níveis, norteando a prática, mas também como forma de produção de novos conhecimentos da área de Ensino, surgidos da sala de aula, visando propiciar contribuições que possam ser divulgadas entre os demais professores, para isso é primordial que seja dado um tratamento minimamente rigoroso e formal à pesquisa realizada no contexto escolar.

Embora a reflexão sobre a prática seja um meio reconhecidamente importante para a melhoria da prática docente, é fato que os professores de educação básica têm muitas dificuldades em realizar pesquisas sobre seu trabalho ou realidade escolar. Em estudo publicado por Lüdke (2012), muitos professores pesquisadores demonstraram-se insatisfeitos com a formação relativa à pesquisa sobre o ofício docente. Vários destes atribuíram à pós-graduação uma visão ampla sobre os

problemas e as demandas de pesquisa, todavia a pesquisa não é vista como solução prática e eficaz para os problemas do cotidiano escolar.

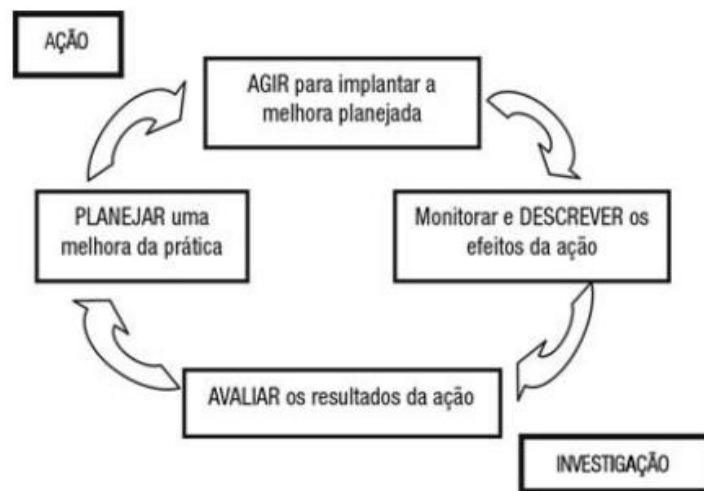
Um requisito para que o professor consiga realizar sua atividade profissional com excelência é a capacidade de desenvolver a prática reflexiva, a qual necessita que o docente atue como um investigador. Esse tipo de prática serve para a aprendizagem e regulação das ações de qualquer sujeito, deve-se usar a prática reflexiva como um ponto de partida para a autoformação e a inovação. (PERRENOUD, 2000, p. 160).

De acordo com Schön (1983), a prática reflexiva seria um paradigma sobre as atividades profissionais que surgiu para superar a racionalidade técnica, uma herança do positivismo. Neste novo paradigma há uma relação estreita entre a prática e a pesquisa, buscando uma contínua superação de problemas na ação profissional.

Em acordo com os pressupostos da prática reflexiva, os processos de melhorias, quase que em quaisquer circunstâncias ou contextos, passam por etapas semelhantes, genericamente falando: i) Reconhecimento da situação; ii) Elaboração de Hipóteses; iii) Implementação da proposta; iv) Avaliação. Na imagem abaixo é possível observar as etapas que permeiam a maioria dos processos, que também são chamados de processos de investigação-ação.

Na figura 1 é possível observar um diagrama cíclico que apresenta a investigação-ação em termos de seus estágios, assim como indica o caráter de processo contínuo característico deste método de pesquisa.

Figura 1 - Ciclo da investigação-ação



Fonte: (TRIPP, 2005, p.446).

É possível perceber que são diversos os métodos que envolvem a perspectiva de investigação-ação, no entanto muitos deles não possuem desenhos de pesquisa considerados válidos no meio acadêmico. Logo, no âmbito desse trabalho é necessário que se adote uma estratégia de pesquisa que utilize métodos consolidados. (LÜDKE, 2012).

Entre estes métodos está a pesquisa-ação, a qual no contexto da educação está entre as principais estratégias para o aperfeiçoamento de professores, que são pesquisadores, haja visto que estes podem utilizar os resultados de suas pesquisas para renovarem sua prática. Esta distinção entre investigação-ação e a pesquisa-ação se fundamenta no fato de que a primeira não exige nenhum método de investigação consolidado cientificamente, já a segunda, determina que seja utilizada durante a pesquisa uma metodologia científica eficaz para acompanhar os efeitos da ação em estudo. (TRIPP, 2005). Para este trabalho adotou-se a concepção proposta por Thiollent (2011), a pesquisa-ação é um método de pesquisa-social que utiliza uma base empírica e que é realizada com estreito vínculo entre uma ação ou a solução de um problema, neste método o pesquisador e os participantes devem agir de forma colaborativa e participativa.

Há que se caracterizar a pesquisa-participante, termo bastante recorrente entre as pesquisas que adotam a perspectiva da investigação-ação, para Thiollent (2011), a pesquisa-participante pode implicar em participação ativa somente por

parte dos pesquisadores, o que não se enquadraria como um estudo baseado no método da pesquisa-ação. Logo, toda pesquisa-ação é pesquisa-participante, mas nem toda pesquisa-participante pode ser considerada pesquisa-ação.

Sendo assim, Lisita, Rosa e Lipovetsky (2012) afirmam que o contraponto à ideia de pesquisa-ação encontra-se à medida que o professor atua em um contexto amplamente institucionalizado, a escola, que deve seguir uma série de diretrizes e normativas. Para as autoras, as medidas tomadas após a pesquisa realizada pelo professor não irão gerar as mudanças significativas, necessárias para a realidade escolar, logo um cuidado a ser tomado na adoção dessa metodologia é garantir uma efetiva renovação na prática docente, pois o cerne da pesquisa-ação é propiciar a reformulação da práxis do professor.

Inicialmente é necessário que seja definido o que se almeja ao realizar um trabalho de pesquisa em sala de aula, para tal têm-se duas possibilidades:

- ✓ O trabalho visa uma reflexão sobre a prática, que possa culminar em uma melhoria da ação do professor: Nesse caso metodologia empregada na pesquisa deve dar conta das questões propostas e assumidas pelo professor pesquisador, não necessitando cumprir os passos de uma pesquisa formal, desenvolvida no âmbito acadêmico;
- ✓ A pesquisa almeja a construção do conhecimento: A pesquisa para ser validada precisa cumprir uma série de requisitos, como fundamentação teórica e procedimental, estabelecimento criterioso das metodologias de coletas e tratamento de dados.

O trabalho realizado se enquadra na categoria de pesquisa-ação, pois as atividades propostas foram realizadas nas turmas nas quais o pesquisador atua como docente da disciplina de Química. Especificamente, pode-se situar o trabalho na perspectiva de professor pesquisador. Além disso, tem-se que a pesquisa-ação, em geral, deve ser estruturada em quatro etapas principais, a saber: Primeira etapa, diagnóstico da situação que se quer melhorar; Segunda etapa, elaboração de um plano de ação; Terceira etapa, implementação do plano de ação e avaliação dos resultados obtidos; Quarta etapa, compreensão da situação-problema e avaliação do processo como um todo e a partir desse ponto o ciclo deve ser retomado.

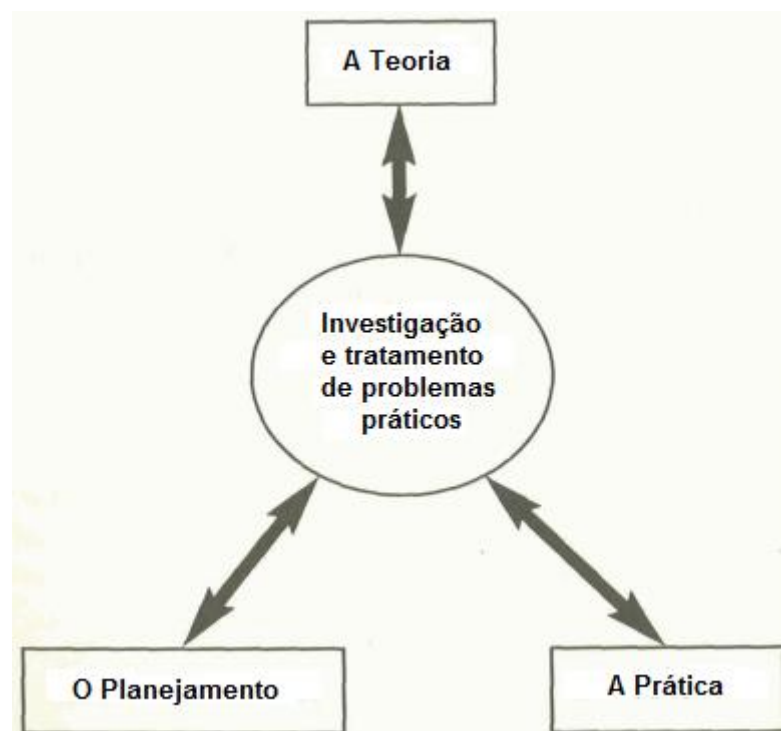
Por conseguinte, há um acordo entre pesquisadores da área da educação sobre a importância da ação reflexiva do professor sobre suas práticas, contudo

pouco foi dito sobre como operacionalizar tais reflexões, sendo assim, será apresentado como ferramenta para por em prática a ação reflexiva do docente o diário da prática pedagógica.

Segundo Porlán e Martín (1991) o diário da prática pedagógica é capaz de exercer a interlocução entre a teoria, o que se espera com a ação didática, o planejamento didático e a prática didática. O diário da prática pedagógica pode instrumentalizar a reflexão do profissional da educação sobre sua prática e a partir dos registros feitos neste documento, o docente pode investigar o cotidiano de sala de aula, analisando os problemas e fatores que contribuem positivamente durante as ações de ensino.

Conforme pode ser observado no esquema proposto por Porlán e Martín (1991), apresentado a seguir (Figura 2).

Figura 2 – A investigação de problemas práticos



Fonte: (Porlán e Martín, 1991, p. 22, tradução nossa).

Reafirmando a função do diário da prática como intermediador entre os conhecimentos teóricos que orientam a ação do professor, o planejamento didático e a prática docente, Porlán e Martín (1991):

Em nossa experiência, um recurso metodológico centralizador de todo este processo é o diário. Sua utilização periódica permite ao autor refletir sobre os processos mais significativos da dinâmica do meio em que está inserido. É um guia para a reflexão sobre a prática, favorecendo a tomada de consciência do professor sobre seu processo de evolução e sobre os referenciais adotados por este profissional. Favorece, também, o estabelecimento de conexões significativas entre conhecimento prático e conhecimento sobre a disciplina, o que permite uma tomada de decisões mais fundamentada. (Porlán e Martín, 1991, p. 23, tradução nossa).

Em outras palavras, pode o diário da prática pedagógica auxiliar o professor na avaliação de suas práticas e diagnóstico de problemas do cotidiano escolar, assim como pode auxiliar na elaboração de propostas para superar tais problemas e avaliar estas propostas. Dessarte, os diários têm a função de serem instrumentos de apoio ao professor para a prática reflexiva, tão aclamada pela literatura da área da educação.

Para Zabalza (2004) os diários podem ser desenvolvidos em quatro âmbitos principais, acesso ao mundo dos docentes; explicitação dos dilemas do professor; avaliação e reajuste dos processos didáticos e desenvolvimento profissional permanente. Em qualquer um destes âmbitos, os diários podem ser utilizados como fonte de dados para a pesquisa qualitativa educacional, não obstante uma série de críticas é feita à validade destes dados, haja vista que quem escreve o diário é o professor, o que traria um caráter parcial ao seu conteúdo. A leitura que se faz sobre essas críticas é que toda a pesquisa tem a interferência do pesquisador, devendo este explicitar as interferências feitas sobre os dados e buscar discuti-las na análise dos mesmos.

Ao passo que a pesquisa por parte do docente seja um fator, por muitos autores, considerado primordial para a melhoria do ensino e, conseqüentemente da aprendizagem dos alunos, para Lüdke (2012) a realização de pesquisas, por parte dos professores da EB, não tem resultado em resoluções imediatas dos problemas e dificuldades encontradas em suas práticas. A realização desses estudos vem

propiciando mudanças nas concepções dos professores acerca de seus problemas de pesquisa. Portanto, esse trabalho não almeja uma solução direta e final sobre o ensino de modelos para o átomo, busca, principalmente, realizar uma reflexão sobre a prática dos professores de Química. Com isso, é importante destacar que quaisquer pensamentos que direcionem para a pesquisa como solução simples e direta para todos os problemas da escola, devem ser encarados como ideias ingênuas e analisadas com grande criticidade.

2.4. A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Como dito anteriormente, a experimentação tem sido considerada um recurso didático muito relevante para os professores de química em suas práticas, entretanto tem-se verificado que em alguns casos não são obtidos os resultados esperados em termos das aprendizagens dos alunos. Logo, se faz necessário que seja feita uma discussão breve sobre a utilização desses experimentos refletindo sobre os principais equívocos, deficiências, assim como as potencialidades desse recurso.

Lôbo (2011) afirma, como resultado de pesquisa com professores de Química e alunos do curso de Química Licenciatura, que muitos docentes desta área têm concepções ingênuas sobre o papel da experimentação no ensino, pois acreditam que o experimento deve estabelecer a comprovação da teoria a partir de atividades práticas. Esta compreensão impede uma postura mais crítica em relação à Ciência por parte dos docentes de Química. Além disso, a falta de um processo de mediação no trabalho experimental pode reforçar aspectos equivocados sobre a atividade científica.

Também é importante conhecer algumas distorções presentes em trabalhos práticos e/ou experimentais realizados em sala de aula, segundo Hodson (1994), deve-se assumir que as atividades práticas não necessariamente conseguirão resolver todos os problemas associados ao ensino de Ciências. Sendo assim, é necessário que o professor planeje o objetivo a ser alcançado por meio do trabalho experimental, seja este a aprendizagem de Ciência, o entendimento da natureza da Ciência ou como se dá a prática científica. Outro alerta feito pelo autor é a necessidade de orientação ao aluno durante o trabalho prático, de nada adianta o professor elaborar e implementar um experimento sem que os alunos saibam quais

objetivos a serem atingidos, quais fatores observar durante a prática, pois a falta de cuidado nestes pontos pode ser determinante para o fracasso da atividade.

Bachelard (1996) traz à tona a relevância de discutir os erros durante uma atividade experimental, este filósofo rompe com a ideia ingênua de que após a observação de um fenômeno o sujeito será capaz de formular em primeira instância uma hipótese que resolva o problema em estudo, porque é necessário que o pensamento reflexivo seja adotado de maneira sucessiva até que se construa uma solução ao problema. Transpondo este pensamento para as atividades de ensino e à aprendizagem dos alunos, se faz imprescindível que o professor consiga conduzir os estudantes por um caminho repleto de acertos e equívocos. Tendo como precursor as ideias de Bachelard, Giordan (1999) complementa afirmando que uma atividade que não apresenta falhas leva o sujeito à construção imediata de um pensamento que supostamente explique o fenômeno observado, barrando o pensamento reflexivo.

Taha et al (2016) apresentam uma categorização para as abordagens experimentais no âmbito do Ensino de Ciências, entre estas aqui destacam-se a experimentação ilustrativa, que visa ilustrar conceitos previamente desenvolvidos em sala de aula; a experimentação investigativa, perspectiva na qual os alunos, a partir de seus conhecimentos prévios, constroem o conhecimento durante as discussões decorrentes da atividade experimental; e por fim a experimentação problematizadora, que visa desenvolver a criticidade dos participantes da atividade e tem como objetivo ampliar as discussões favorecendo à utilização dos conhecimentos desenvolvidos a partir dessa atividade em contextos diferenciados. É importante ressaltar que as pesquisas da área de Ensino de Ciências vêm dando maior destaque às abordagens investigativas e problematizadoras, embora seja reconhecida as dificuldades dos professores em trabalhar em acordo com estas perspectivas.

Silva e Rosa (2016), a partir de um levantamento em periódicos com um recorte de 2007 até 2016, perceberam a necessidade da proposição de metodologias que permitam ao aluno o desenvolvimento da criticidade durante a realização das atividades experimentais, assim como observaram que as propostas de ensino envolvendo a experimentação carecem de uma metodologia apoiada em teorias pedagógicas mais consolidadas.

A partir disso, é possível inferir que a experimentação como qualquer outro recurso didático pode ser empregada em acordo com as convicções e referenciais adotados pelo professor de Ciências, é ele que tem o dever de discernir e adotar qual abordagem terá maior potencialidade para atingir os objetivos de cada atividade experimental, seja a realização de experimentos para comprovar conceitos, para desenvolver os alunos em termos procedimentais ou visando instigar a investigação como meio de aprendizagem. Neste trabalho, a experimentação será abordada como recurso didático relevante ao ensino de Ciências por propiciar a investigação de fenômenos relativos ao mundo natural, nesse contexto, a adoção de experimentos caracteriza-se como uma estratégia que pode gerar no aprendiz os conflitos necessários para que este possa, com o auxílio do professor, reconstruir suas concepções anteriores e ser o sujeito de sua aprendizagem.

2.5. O MODELO DO PERFIL CONCEITUAL

Por discutir a validade e as potencialidades de uma proposta de ensino, este trabalho precisa adotar uma parametrização acerca das aprendizagens dos estudantes, primeiro para detectarmos as concepções iniciais dos participantes da pesquisa e, em um segundo momento, para evidenciar possíveis evoluções destas concepções. São diversos os referenciais conceituais que seriam capazes de fornecer tal parâmetro, entretanto nenhum destes se adequa tanto ao estudo do ensino sobre modelos atômicos do que a noção de perfil conceitual. Somente os perfis conceituais dão conta da polissemia conceitual intrínseca ao átomo.

A noção de perfil conceitual, proposta por Eduardo Mortimer tem como precursor conceitual a proposição de que diferentes concepções de mundo podem ser encontradas em um só indivíduo. Para Mortimer (2000) essa suposição vem de Bachelard (1978), obra em que o autor francês apresenta a ideia de perfil epistemológico e desde então muitos corroboram com essa proposição.

Bachelard (1978) defende que seja necessária a existência de um pluralismo de cultura filosófica e que a partir de tal, traça-se um perfil epistemológico que contenha as diversas conceitualizações do indivíduo para algum conhecimento. Segundo o francês, são possíveis diversas interpretações acerca de um conhecimento científico, feitas cada uma sob uma óptica filosófica distinta. Cada uma destas formas de pensar representa um domínio e um contexto na qual este

tipo de pensamento cabe ser aplicado. Adaptando as ideias do filósofo ao conhecimento químico, Mortimer (1992) propõe algumas categorias de pensamento filosófico que compõem um perfil: a) O realismo ingênuo que consiste na visão filosófica do pensamento do senso comum; b) O empirismo, corrente que usa instrumentos de medida como meios para superação das formas racionais; c) O racionalismo clássico, segundo essa visão os conceitos passam a integrar o pensamento; d) racionalismo contemporâneo, que abarca os avanços mais recentes e complexos da ciência.

A partir destas modificações, Mortimer apresenta a definição de Perfil Conceitual, abandonando o termo Perfil Epistemológico adotado por Bachelard. Embora estes dois modelos apresentem diversos aspectos em comum, algumas características são específicas dos perfis conceituais, como a distinção entre o campo ontológico e epistemológico particular de cada zona do perfil.

Enquanto o perfil epistemológico impõe uma hierarquização entre as categorias formadoras do perfil, supervalorizando o conhecimento científico, os perfis conceituais enaltecem as zonas que mais podem ser empregadas para explicar diversos fenômenos e o processo histórico de consolidação dessa zona do perfil. O critério usado para definir o nível de adequação de uma categoria do perfil é a forma como se dá a adaptação dessa ao contexto em que é adotada.

A ideia de perfil conceitual também difere das proposições de Bachelard ao considerar que em um perfil é possível que duas categorias apresentem tanto diferenças epistemológicas, como distinções de ordem ontológica. (MORTIMER, 2000)

A questão da ontologia das categorias do perfil deve ser estudada, já que muitas vezes as dificuldades de aprendizagem de um aluno podem ser justificadas por uma insuficiência em realizar uma alteração entre zonas de perfil de diferentes origens ontológicas. O que deve ser observado no estudo do átomo, por exemplo, pois o átomo de Dalton não pertence à mesma categoria ontológica do átomo de Bohr, o que pode acarretar em obstáculos para a evolução conceitual dos estudantes. (MORTIMER, 1995, p. 282).

Mortimer (2000) também apresenta em seu modelo a tomada de consciência do aprendiz em relação ao perfil conceitual como fator determinante para que esse possa realizar a evolução destes conceitos. Em outras palavras, segundo a noção de perfil conceitual, a aprendizagem é condicionada ao conhecimento por parte do

aluno e de seu perfil conceitual sobre o assunto a ser aprendido. Não basta que o professor conheça as categorias que integram os perfis conceituais de seus alunos, assim como as intensidades em que tais categorias se apresentam, é primordial que os estudantes conheçam esse quadro e que a partir disso busquem, com o auxílio do professor, a evolução de seus perfis.

Sob o viés do modelo do perfil conceitual a aprendizagem pode ser compreendida como a ampliação das zonas do perfil conceitual, assim como a conscientização, por parte do aprendiz, sobre a evolução de seu perfil e a utilização dessas concepções. (AMARAL, 2004).

Se as proposições de Gastón Bachelard são o estopim para o modelo de perfil conceitual, são as ideias de Vygotski (1991) que explicam melhor como as categorias de perfil conceitual podem ser compartilhadas por indivíduos de uma mesma sociedade cultural. A partir da noção de internalização, em que um processo surge em determinado nível social e, após isso, é redimensionado em um nível individual. Para Vygotski a internalização das atividades sociais intrínsecas ao comportamento histórico humano é a característica principal da psicologia humana.

Durante as atividades de ensino as concepções dos estudantes serão construídas a partir do discurso do professor e o contato com os demais recursos didáticos como livros e apostilas: fatores que atuarão como mediadores entre o contexto sociocultural e o pensamento individual do sujeito. A partir dessa mediação torna-se possível a ocorrência da internalização, em que a cultura influenciará a formação do pensamento do indivíduo, conceito proposto por Vygotsky (1991), que afirma que parte desse modelo de pensamento o fato de que em uma mesma cultura um conceito possui a tendência em apresentar categorias de perfil conceitual semelhantes.

O modelo dos perfis conceituais tem como característica o fato de que o sujeito não abandonará uma concepção em detrimento de outra, como afirmava o modelo de mudança conceitual de Posner et al (1982), em que uma concepção anterior é substituída por uma nova, única e correta, concepção. Para Mortimer (1995), o sujeito apresenta diversas formas de pensar sobre um assunto que formam o seu perfil, e em dadas circunstâncias utilizará determinada forma de pensar e em outros contextos utilizará outra concepção. Ademais, as concepções co-existem e são apresentadas com diferentes intensidades, cada estágio do perfil tem uma diferente extensão, podendo ou não ser apresentado por cada sujeito, de

acordo com o seu conhecimento sobre o conceito gerador do perfil. Para Araújo (2014), a determinação das zonas depende dos significados culturalmente consolidados, conforme pode ser visto a seguir:

A determinação das zonas que definem um perfil conceitual é proposta a partir de significados culturalmente estabilizados para um conceito, uma vez que nos interessa verificar quais os significados são mais comumente utilizados por determinado grupo de indivíduos, em determinado grupo social. (ARAÚJO, 2014, p.26).

O perfil conceitual pode ser compreendido como um modelo explicativo para a ocorrência da evolução conceitual, portanto pode ser utilizado como referencial para atividades de ensino. Além disso, este modelo auxilia a compreensão dos processos envolvidos durante a aprendizagem, entendimento este que deve ser assumido como grande desafio para o professor em sua prática. Compreender as circunstâncias da aprendizagem ou até mesmo os fatores associados a um fracasso em termos da aprendizagem de seus alunos é um importante passo no sentido de aperfeiçoamento da prática docente.

3. A REALIZAÇÃO DO TRABALHO: ESTRATÉGIAS E MÉTODOS

A metodologia do trabalho foi elaborada tendo como subsídios os referenciais metodológicos utilizados pela pesquisa, apresentados na sequência do capítulo. A escolha destes aportes buscou possibilitar a reprodutibilidade do estudo por outros professores de Química, assim como, divulgar informações importantes para que professores e pesquisadores da área de Ensino de Ciências possam analisar e julgar a validade desta pesquisa como uma potencial contribuição para o aperfeiçoamento de suas práticas.

Este estudo foi consolidado a partir da combinação de métodos de pesquisa de natureza qualitativa e quantitativa, logo pode ser caracterizada como uma pesquisa baseada em métodos mistos. (JOHNSON; CHRISTENSEN, 2004); (CRESWELL; CLARK, 2013).

A abordagem qualitativa foi importante para que fosse possível refletir sobre o problema de pesquisa considerando a atribuição social dos significados, levando em conta durante a investigação o contexto. (GÜNTER, 2006; GIBBS, 2009). Já a abordagem quantitativa permitiu que os resultados fossem observados, não somente em casos isolados, mas sim, a partir das tendências observadas na pesquisa.

Sendo assim, neste capítulo, apresenta-se a metodologia empregada pelo pesquisador para este trabalho, para tal, são discutidas as estratégias adotadas em seções correspondentes a cada uma das etapas desenvolvidas, como os referenciais teóricos utilizados para orientar a metodologia, a elaboração do plano de ações, a implementação das atividades didáticas, assim como a coleta de dados e a análise dos dados obtidos.

3.1. REFERENCIAIS CONCEITUAIS METODOLÓGICOS

Aqui são apresentados os referenciais mais relevantes que nortearam a metodologia da pesquisa. Entre estes tem-se o método da pesquisa-ação discutido por Thiollent (2011) e o perfil conceitual de átomo proposto por Mortimer (2000). Para a efetivação desta pesquisa foi impreterível a realização de um estudo sobre estes dois aspectos, pois todo o trabalho investigativo realizado apoiou-se nestes dois aportes conceituais metodológicos.

3.1.1. A pesquisa-ação no cotidiano escolar

A pesquisa-ação trata-se de uma estratégia de pesquisa típica das Ciências Sociais, que tem como característica a ação do pesquisador sobre o contexto investigado. Em geral, a pesquisa-ação é adotada para analisar algum problema do contexto estudado e propiciar intervenções que superem o problema que motiva o estudo. Logo, as ações do pesquisador são influenciadas pelos resultados da pesquisa, assim como a ação intervêm no contexto investigado.

Segundo Thiollent (2011), para que uma pesquisa possa ser caracterizada como pesquisa-ação é imprescindível que o grupo de pessoas envolvidas com o problema que motiva a investigação participe de forma efetiva da ação que visa superar o problema.

Bastante utilizada na área de ensino, a pesquisa-ação pode auxiliar o professor tanto no diagnóstico de um problema em sua prática, como na proposição de intervenções para solucioná-los. Esta estratégia pode potencializar o professor como pesquisador, um profissional crítico que lança mão da pesquisa dentro da escola para resolver os problemas do cotidiano escolar.

A efetivação da pesquisa-ação se dá a partir do cumprimento de algumas etapas, a saber:

a) Etapa Exploratória: momento da pesquisa em que se decide o assunto a ser estudado, investiga-se sobre o problema, analisa-se o contexto da pesquisa;

b) Plano de Ação: esta fase tem como principal objetivo traçar as ações a serem realizadas pelo pesquisador em seu estudo, esta deve permear toda a investigação, pois a cada intervenção o pesquisador deve repensar sua prática com base na análise dos resultados de sua ação;

c) Coleta de Dados: nesta etapa são coletados os registros ou indícios de aprendizagem produzidos pelos participantes da pesquisa ou pelo próprio pesquisador, que possam resultar em evidências sobre o sucesso da intervenção do pesquisador.

d) Avaliação dos Resultados: por fim os resultados obtidos durante a coleta de dados recebem tratamento analítico, de acordo com o referencial utilizado pelo pesquisador, buscando julgar a validade da proposta e, a partir disso, projetar um novo plano de ações.

3.1.2. O perfil conceitual para o átomo

Para adotar a noção de perfil conceitual como modelo explicativo de ensino e aprendizagem e, conseqüentemente, avaliar a evolução conceitual dos estudantes, tem-se que assumir um perfil referente ao átomo que possa ser generalizado aos estudantes participantes da pesquisa. A construção de um perfil conceitual é uma tarefa que demanda o estudo de diversos domínios, como já há na literatura um perfil proposto para o átomo, elaborado por Mortimer (2000), adotar-se-á este como parâmetro.

Apresenta-se abaixo o perfil conceitual de átomo adotado por este trabalho, em que são apresentadas as zonas que compõem o perfil e as respectivas caracterizações. (Quadro 1).

Quadro 1 – Perfil conceitual de átomo

Zona	Nome	Caracterização
I	Sensorialista	Caracteriza-se pela negação ao conceito de átomo, a zona contínua do perfil tem como principal obstáculo para a evolução conceitual a negação da possibilidade da existência de espaços vazios na matéria. Este obstáculo tem natureza ontológica, pois sua superação envolve a aceitação sobre a ideia de vácuo.
II	Substancialista	Atribui as propriedades macroscópicas da matéria às propriedades das partículas, por exemplo, a fusão de uma substância é justificada pela mudança de estado físico das partículas.
III	Clássica	Tem o átomo como unidade básica da constituição da matéria, considera as características de conservação da matéria após as transformações químicas.
IV	Quântica	Considera as aplicações da mecânica quântica na explicação do comportamento atômico, o modelo das órbitas estacionárias, saltos quânticos, dualidade do elétron. A quarta zona do perfil pertence a uma diferente categoria ontológica em relação aos três estágios anteriores.

Fonte: (MORTIMER, 2000, p.124-136)

Mortimer(1995) apresenta também o sensorialismo, ideia bastante comum em estudantes de EM, de que a matéria não apresenta espaços vazios. Os diversos levantamentos existentes sobre as concepções sobre a natureza matéria, como Santos (1998), dão conta na adoção, por parte dos estudantes, de modelos contínuos da matéria, isto é, estes não possuem modelos internalizados de que a matéria seja descontínua, concepção que é dita aceita pela química. Já o

substancialismo trata-se de um tipo de concepção alternativa apresentado pelos estudantes de forma recorrente, de acordo com a literatura (MORTIMER,1995), na qual estes atribuem o aspecto da substância, ou seja, suas propriedades macroscópicas ao comportamento individual das moléculas ou átomos. Estes dois estágios são considerados não científicos.

O estágio clássico, primeira zona científica do perfil conceitual do átomo, reúne as contribuições científicas sobre o átomo que antecedem às aplicações da mecânica quântica aos modelos atômicos, o modelo atômico de Rutherford é o marco desta concepção.

De acordo com Atkins (2012), a partir de 1900 um novo paradigma científico surge e auxilia na compreensão sobre a estrutura atômica, é a teoria quântica que a partir do estudo do espectro do hidrogênio, noção de quanta, características da radiação eletromagnética e demais conhecimentos que formam o quarto estágio do perfil conceitual de átomo, a zona quântica.

Para a elaboração do perfil conceitual adotado neste trabalho, Mortimer realizou um estudo sobre o conceito científico, que investigou o domínio sociocultural, fazendo um estudo histórico sobre esse assunto, e o domínio ontogenético, investigado por meio da revisão na literatura e da realização de um pré-teste com os participantes da pesquisa. (SILVA, 2006, p.22).

Espera-se que todos os envolvidos na investigação apresentem, em seus pensamentos sobre o átomo, todas as categorias que compõem o perfil deste conceito. É evidente que o desenvolvimento das categorias mais complexas se dará de forma distinta de acordo com cada sujeito, por exemplo, é bastante provável que o professor tenha um maior desenvolvimento da quarta categoria em relação aos alunos. É importante sempre reiterar que embora o perfil conceitual seja um constructo individual, o perfil conceitual de um grupo de indivíduos pertencentes a uma mesma cultura apresentará características semelhantes.

3.2. PLANEJAMENTO DAS AÇÕES

Não há sombra de dúvidas que esta tenha sido a mais duradoura e árdua etapa desta investigação, entre mudanças e discussões muito do projeto inicial foi alterado, contudo o assunto a ser pesquisado, o ensino de modelos atômicos, permanece intocado desde o início do projeto, março de 2014. Os motivos pelos

quais este assunto tem motivado este trabalho estão relacionados à necessidade em aperfeiçoar o ensino sobre o átomo, demanda que surge cotidianamente na realidade do pesquisador, a sala de aula de educação básica. Apesar de não ser chamada de tal forma nesse relatório, esta fase do trabalho consiste na etapa exploratória, característica das investigações que adotam a pesquisa-ação como estratégia.

Também é relevante destacar que durante a fase exploratória ocorreram diversos encontros com a finalidade de definir o público participante da pesquisa. Após algumas conversas entre pesquisador e gestores das escolas possíveis, decidiu-se qual escola e turmas participariam do projeto de ensino. Tal decisão seguiu alguns aspectos característicos da escola. Entre estes é importante citar que a escola, por meio de sua coordenação, determinou que a proposta deveria ser implementada em turno inverso.

Após o momento de análise do contexto a ser pesquisado, teve início a fase do desenho da proposta de ensino, a etapa do plano de ação, que consistiu na elaboração dos experimentos que, em conjunto com o professor, pudessem propiciar ao aluno as condições para a aprendizagem sobre os modelos atômicos. Foram elaborados e construídos cinco experimentos que integraram os recursos didáticos empregados pela proposta de ensino, a saber: i) O teste da chama; ii) A parte visual do espectro eletromagnético; iii) Ionização de gases em tubo de Geissler; iv) Estudo de uma lâmpada de vapor de sódio; v) Teorema de Koopman.

Para potencializar a participação dos estudantes durante as implementações, foi elaborado um roteiro de experimentos que contendo uma série de informações sobre os conceitos e fenômenos associados ao assunto. Estes roteiros foram impressos na forma de cadernos e entregues aos alunos, com antecedência, para que estes pudessem ler e conhecer os experimentos utilizados na proposta.

3.3. IMPLEMENTAÇÃO DAS ATIVIDADES

Como a investigação aqui relatada discute aspectos relacionados à aprendizagem de Ciências, o contexto escolhido para a implementação da proposta foi uma escola de Educação Básica e o público participante composto por alunos concluintes do Ensino Médio no ano de 2016. Além disso, as atividades em que esses estudantes participaram foram realizadas no turno inverso ao das aulas da

escola. A partir dessa intervenção didática buscou-se conhecer como se dá a evolução conceitual sobre o átomo mediante a realização de atividades de ensino que adotem a experimentação como recurso didático principal.

As atividades de ensino integrantes deste trabalho foram implementadas em quatro etapas para cada um dos grupos de participantes, visando atingir os objetivos traçados para a proposta. Como os participantes foram organizados em três grupos, a implementação ocorreu ao todo em doze momentos, durante os meses de junho e julho de 2016, nas dependências da instituição de ensino.

Abaixo a tabela 1, que sistematiza o planejamento das atividades didáticas que integraram a proposta de ensino referente a esta investigação.

Tabela 1 – Descrição das atividades didáticas

	Etapas	Duração
1	Pré-Teste	50 min
2	Aula sobre Radiações Eletromagnéticas	50 min
3	Realização dos Experimentos	150 min
4	Pós-Teste	50 min

Fonte: Autor.

Os participantes do estudo foram divididos em três grandes grupos, aqui chamados de turma A, turma B e turma C. Esta divisão foi realizada respeitando a disponibilidade dos estudantes para os dias em que cada turma participaria das atividades.

Com isso, viabilizou-se a participação de um número maior de estudantes, haja vista que a experimentação é um recurso didático que tem como característica a necessidade de operação dos aparatos, observações seguidas de questionamentos, reflexões sobre os conceitos envolvidos, entre outras peculiaridades deste recurso que impedem a realização de um mesmo experimento por um grande grupo de alunos concomitantemente.

Será apresentado, abaixo, o cronograma da implementação das atividades correspondente aos três grupos de participantes (Tabela 2).

Tabela 2 – Cronograma de implementação das atividades

Etapa	Grupo	Data
Pré-teste	A	30/06/2016
Pré-teste	B	01/07/2016
Pré-teste	C	01/07/2016
Aula sobre Radiações Eletromagnéticas	A	05/07/2016
Aula sobre Radiações Eletromagnéticas	B	05/07/2016
Aula sobre Radiações Eletromagnéticas	C	01/07/2016
Realização dos Experimentos	A	05/07/2016
Realização dos Experimentos	B	06/07/2016
Realização dos Experimentos	C	07/07/2016
Pós-teste	A	12/07/2016
Pós-teste	B	08/07/2016
Pós-teste	C	08/07/2016

Fonte: Autor.

3.3.1. Avaliação das concepções prévias dos alunos: Pré-Teste

Esta etapa foi concretizada a partir de um questionário com questões abertas que visavam reconhecer o nível de desenvolvimento de cada categoria do perfil conceitual de átomo entre os participantes da pesquisa. Para tal, cada uma das quatro questões discutia fenômenos cuja compreensão exigia a aplicação de cada uma das zonas do perfil conceitual de átomo, elaboradas com o objetivo de realizar o levantamento sobre as concepções iniciais dos estudantes sobre o átomo.

3.3.2. Aula sobre os conceitos importantes para os experimentos

A segunda atividade didática consistiu em uma exposição do professor sobre alguns conceitos necessários para a compreensão da atividade experimental. Assuntos como radiações eletromagnéticas, espectro eletromagnético e luz natural foram apresentados para possibilitar o entendimento dos experimentos realizados durante a proposta de ensino. Em síntese, o objetivo desta atividade era discutir

aspectos conceituais, que são requisitos para a compreensão dos modelos atômicos.

3.3.3. Atividade didática baseada em experimentos

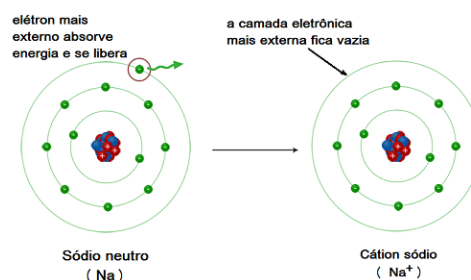
A terceira atividade que compunha essa proposta de ensino utilizou como recurso didático principal um conjunto de cinco experimentos a serem realizados por professor e alunos, visando propiciar aos alunos condições para que alcançassem a evolução conceitual esperada pela proposta de ensino.

Pode-se categorizar estes experimentos didáticos dentro das perspectivas ilustrativa e investigativa, essa primeira categorização é válida ao passo que alguns experimentos foram realizados pelo professor, portanto seriam encarados como ilustrativos, já a segunda, pois em todos os experimentos coube aos alunos o papel de construir a aprendizagem a partir das observações, sem que os conceitos fossem expostos pelo professor, o que configura a adoção da abordagem investigativa.

3.3.3.1. Teste de chama

O teste de chama consiste em uma técnica clássica utilizada como recurso didático para evidenciar alguns fenômenos explicados pelo modelo atômico de Bohr. Em geral, as atividades de ensino que usam este experimento discutem somente os aspectos associados à cor e à emissão de luz por parte do sal que está sendo exposto à chama. Para a compreensão do fenômeno observado durante o experimento foi apresentado um esquema sobre a ionização do sódio, na forma que pode ser visualizada abaixo (Figura 3).

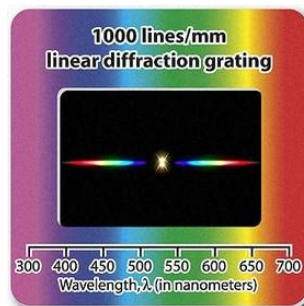
Figura 3 – Mecanismo de formação de cátions



Fonte: Autor.

Na versão apresentada neste trabalho, o teste da chama discute os espectros eletromagnéticos emitidos por cada sal, o que somente é possível a partir da utilização de redes de difração pelos participantes da aula, sendo assim possibilitada a visualização dos espectros gerados a partir da queima de cada uma das amostras do experimento (Figura 4).

Figura 4 – Rede de difração de 1000 linhas



Fonte: <http://www4.pucsp.br/webduino/experimentos/espectrofotometro-remoto-automatizado/teoria.html>

Durante a atividade didática o professor realizou o experimento e coube aos alunos a observação dos espectros eletromagnéticos de emissão característicos dos sais usados como amostras.

O procedimento experimental foi realizado com o auxílio de vidros de relógio, nos quais foram colocados cada um dos sais por vez. Também foi utilizado álcool metanol, que possibilitou a combustão. A escolha desse álcool se deu pois a chama gerada pela queima do metanol é praticamente incolor, possibilitando a visualização das cores emitidas pelas chamas de cada amostra.

Foram utilizados como amostras sais de cloreto de potássio (KCl), cloreto de sódio (NaCl), cloreto de estrôncio (SrCl) e sulfato de cobre (CuSO₄). Durante a realização da atividade, os participantes deveriam observar os espectros de emissão característicos de cada substância e marcar no caderno de experimentos as bandas formadoras do espectro eletromagnético (Figura 5).

A observação dos espectros eletromagnéticos é relevante, pois o modelo de Bohr tem sua consolidação efetivada ao passo que seus postulados conseguem prever e explicar as bandas apresentadas pelo espectro eletromagnético de hidrogênio.

Figura 5 – Quadro para determinação de bandas do espectro

Cátion	Cor da chama	bandas proeminentes
Sódio (Na^+)		VI AZ VE AM LA VM
Potássio (K^+)		VI AZ VE AM LA VM
Cobre (Cu^+)		VI AZ VE AM LA VM
Estrôncio (Sr^+)		VI AZ VE AM LA VM

Fonte: Autor.

Durante a atividade, discutiu-se sobre a formação dos espectros eletromagnéticos e foi explicado que estes são caracterizados pelos cátions, já que é durante a formação destas espécies químicas que ocorrem as transições eletrônicas responsáveis pela formação das linhas espectrais.

Abaixo é apresentada a figura 6, na qual podem ser observadas as chamas produzidas a partir da queima do cloreto de sódio, sulfato de cobre e cloreto de estrôncio, respectivamente, são para estas chamas que os participantes direcionaram as redes de difração para visualizar o espectro característico dos cátions formadores dos sais.

Figura 6 – Teste de chama



Fonte: Autor.

Ao final da atividade, utilizou-se esta técnica para reconhecer o cátion presente em uma amostra problema, para que os alunos pudessem reconhecer o cátion presente foi necessário ter como parâmetro as observações feitas durante as queimas dos quatros sais realizadas no início do experimento.

Neste caso utilizou-se como amostra uma porção de sopa industrializada, os alunos precisaram reconhecer o espectro emitido pela queima da amostra problema e identificar qual o cátion presente em grande concentração nessa amostra. A elevada concentração de sódio presente na sopa fazia com que o espectro observado a partir do teste de chama tivesse características semelhantes ao espectro de emissão do cloreto de sódio, permitindo aos alunos o reconhecimento do cátion presente na amostra. Exemplificando, assim, uma das possíveis utilizações do teste da chama, que é detectar a presença de cátions em substâncias.

3.3.3.2. A parte visual do espectro eletromagnético

Este experimento demonstrou a decomposição da luz branca por meio da utilização de um prisma de quartzo. A seguir, pode ser visualizado o aparato construído para a realização do experimento (Figura 7).

Figura 7 – A parte visual do espectro eletromagnético



Fonte: Autor.

Para tornar mais fácil a observação deste fenômeno foi construído um aparato de madeira em que foi fixado o prisma e uma lâmpada incandescente de 12 volts, além disso, foram feitas marcações na placa de madeira para que os participantes da atividade pudessem visualizar com maior facilidade a decomposição da luz branca.

A compreensão da existência de uma faixa visível entre as demais que compõem o espectro eletromagnético tem grande relevância no entendimento do modelo atômico de Bohr, logo foi necessário que os alunos pudessem realizar esse experimento e que a partir das observações discutissem e adquirissem maior amparo conceitual para aperfeiçoar suas concepções para o átomo.

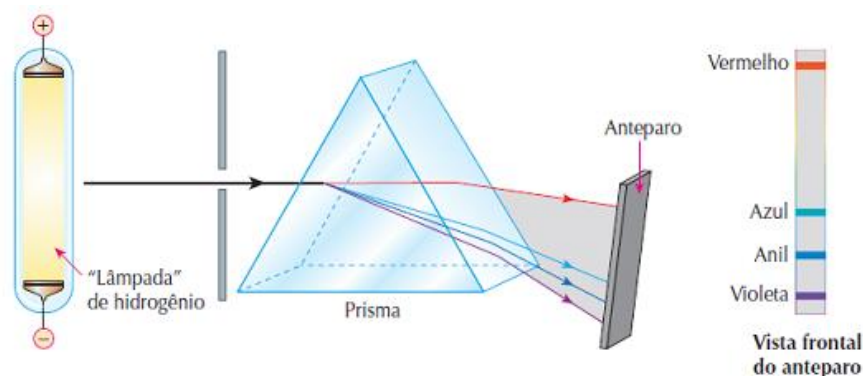
Foi salientado aos participantes que o espectro gerado a partir da dispersão da luz é um espectro contínuo, pois apresentava todos os comprimentos de onda dentro da faixa visível.

3.3.3.3. Ionização de gases em tubo de Geissler

O terceiro experimento realizado durante a atividade visou demonstrar o espectro característico do gás hidrogênio utilizando um tubo de Geissler, uma lâmpada que ioniza o gás presente no sistema por meio de uma alta tensão elétrica, inventada em 1858 pelo físico alemão Johannes Heinrich Geissler.

Esses tubos, inventados com o objetivo de produzir luz colorida, são ótimas formas de identificação das características espectrais das substâncias presentes no sistema. Na figura 8, pode-se observar um esquema sobre o funcionamento de um tubo de Geissler.

Figura 8 – Esquema de Funcionamento de um tubo de Geissler



Neste experimento, foi utilizado um tubo de Geissler contendo gás hidrogênio, portanto os estudantes puderam visualizar o espectro de emissão característico do hidrogênio e discutir os aspectos associados à formação das bandas proeminentes.

Para facilitar a visualização do espectro e tornar o experimento mais seguro construiu-se uma caixa de madeira com o devido isolamento acerca da energia elétrica para abrigar o tubo de Geissler. Esta caixa apresenta uma fenda que tem fixada uma rede de difração, sendo assim, os alunos poderiam visualizar através da fenda o espectro eletromagnético de emissão do hidrogênio.

Entre diversos aspectos que foram discutidos durante este experimento, destacou-se a diferença deste espectro para o visualizado no experimento anterior, pois a lâmpada incandescente gera um espectro contínuo, enquanto o hidrogênio gera um espectro descontínuo, o que também é chamado de espectro de emissão discreta.

O caderno de experimentos também chamou a atenção dos estudantes, questionando-os sobre como se daria a formação do espectro observado durante o experimento, assim como, apresentou reflexões sobre como o modelo atômico de Bohr poderia auxiliar nessa explicação.

Na figura 9, é possível ver o aparato construído para a realização deste experimento.

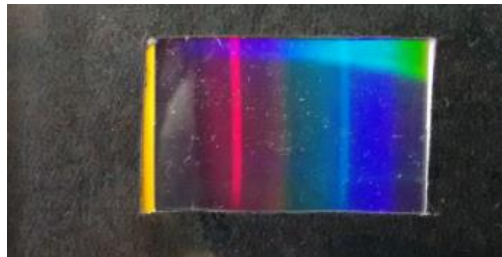
Figura 9 – Experimento da ionização de gases em tubo de Geissler



Fonte: Autor.

Na figura 10, pode-se observar o espectro de emissão do hidrogênio visualizado durante o experimento através da rede de difração fixada na caixa que continha o tubo de Geissler de hidrogênio.

Figura 10 - Espectro de emissão do hidrogênio



Fonte: Autor.

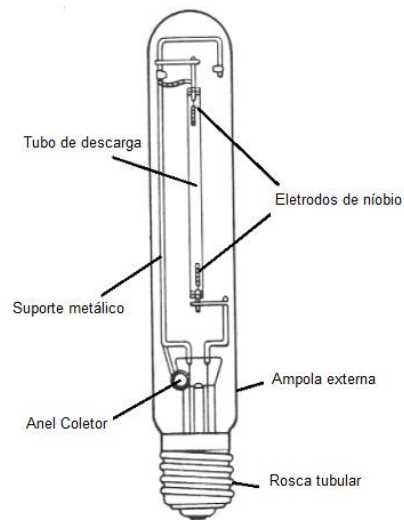
A partir da visualização do espectro e discussão sobre as observações, os estudantes obtiveram os elementos necessários para responder as questões propostas no caderno de experimentos sobre o experimento da ionização de gases em tubo de Geissler.

3.3.3.4. O estudo de uma lâmpada de vapor de sódio

O experimento sobre a lâmpada de vapor de sódio teve por objetivo investigar o espectro de absorção do sódio e, a partir disso, estudar as transições eletrônicas dos elétrons na camada de valência do sódio por meio da investigação sobre o funcionamento de uma lâmpada de vapor de sódio de alta pressão.

O funcionamento dessa lâmpada inicia-se a partir de um reator que gera uma tensão em torno de 2,3 kV, esta tensão será responsável por evaporar o mercúrio contido na lâmpada e esse gás fará o sódio ser ionizado, se deve a esse processo a demora, em torno de três minutos, para que a lâmpada alcance a máxima luminosidade. Abaixo é possível visualizar um esquema apresentando as partes que compõem a lâmpada (Figura 11).

Figura 11 – Esquema das partes de uma lâmpada de sódio



Fonte: Caderno de experimentos.

Para propiciar esse estudo, foi construído um aparato contendo o gerador para a lâmpada, o suporte para a lâmpada e o interruptor, além disso, os alunos utilizaram uma rede de difração de 1000 linhas para que todos pudessem visualizar o espectro característico do sódio (Figura 12).

Figura 12 – Aparato para o estudo da lâmpada de vapor de sódio



Fonte: Autor.

A partir desse experimento foram discutidos assuntos como a questão ambiental associada à utilização do mercúrio na lâmpada de alta pressão de vapor de sódio, as condições que propiciam a formação de espectros de absorção e de emissão e por fim as transições eletrônicas do elemento sódio.

Abaixo pode ser visualizada uma fotografia do momento da realização do experimento com um dos grupos participantes do trabalho, momento em que está sendo observado, com o auxílio da rede de difração, o espectro de absorção característico do cátion sódio (Figura 13).

Figura 13 – Experimento sobre a lâmpada de sódio de alta pressão



Fonte: Autor.

3.3.3.5. Teorema de Koopman

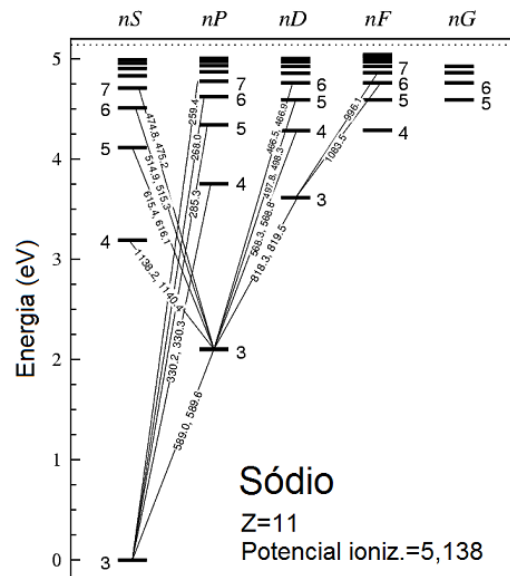
O teorema de Koopman diz como medir, experimentalmente, o potencial de ionização do elétron mais externo de um átomo.

A partir da observação do diagrama de emissão de linhas espectrais para o hidrogênio foi demonstrado no roteiro como efetuar o cálculo do potencial de ionização para o hidrogênio, sendo assim, os alunos foram instigados a realizarem o mesmo para o sódio, cujo espectro foi observado utilizando o aparato que continha a lâmpada de vapor de sódio.

Os dados necessários para a realização dos cálculos referentes ao teorema de Koopman para o sódio foram obtidos pelos alunos a partir da visualização do diagrama de Gotrian, neste é possível observar as principais transições eletrônicas características do elemento sódio.

Abaixo é possível observar o diagrama de Gotrian para o átomo de sódio ionizado (Figura 14).

Figura 14 – Diagrama de Gotrian para o sódio



Fonte: Adaptado de www.nhn.ou.edu/~jeffery/astro/atomic/grotrian/grotrian.html

Como dado para a realização do estudo do Teorema de Koopman foi informado aos alunos o valor da energia 5,138 eV, correspondente ao elétron mais externo do sódio, situado no subnível $3s^1$. Com a posse destas informações os alunos teriam os elementos para chegar ao valor do primeiro potencial de ionização do sódio que é 496 kJ/mol.

3.3.4. Coleta dos indícios da evolução conceitual

O processo de coleta de indícios da evolução conceitual permeou as atividades de ensino como um todo, esse processo contínuo de avaliação é importante para a pesquisa, pois para que fosse possível discutir a evolução conceitual para o conceito de átomo, foi imprescindível que se conhecesse o perfil apresentado pelos participantes do estudo antes da intervenção, para que após a atividade de ensino, por meio de indicadores de aprendizagem, se redesenhasse

este perfil e conseqüentemente fossem feitas as discussões sobre as variáveis associadas à evolução conceitual da população investigada.

Pode-se dizer que o clímax da pesquisa centra-se na tarefa de obter indícios da evolução conceitual, pois todo planejamento, estudo e práticas realizadas durante o trabalho, só têm sentido se produzidas e detectadas evidências de que os perfis conceituais sobre o átomo dos participantes tenham sido modificados após as atividades de ensino. Também, é possível afirmar que o sucesso da pesquisa é condicionado à tomada de consciência dos estudantes sobre os contextos adequados da utilização de cada categoria do perfil, além disso, espera-se que o público da pesquisa passe a apresentar um perfil para o átomo mais consistente, principalmente, nas zonas mais complexas deste perfil, a zona clássica e a quântica.

Para que os participantes pudessem demonstrar em que medida se deu a evolução dos perfis, foram adotadas algumas ferramentas durante a pesquisa, entre elas, temos questionários, abertos e fechados, utilizados tanto no início como no fim da pesquisa, assim como as questões apresentadas no corpo do caderno de experimentos. Esses registros foram transcritos e receberam o tratamento analítico necessário para que fosse possível traduzir estes resultados em perfis conceituais.

Como já citado anteriormente no trabalho, foram quatro grandes grupos de instrumentos utilizados durante a coleta dos dados, os diários da prática pedagógica, o pré-teste, os cadernos de experimentos e o pós-teste, sendo que cada um exerceu um papel distinto na coleta dos indícios da evolução conceitual, como será relatado com mais afinco a seguir.

3.3.4.1. Diários da prática pedagógica

Propostos por vários pesquisadores da área de educação como uma das ferramentas disponíveis ao professor para realizar a crítica sobre suas práticas, o diário da prática pedagógica consiste, segundo Porlán e Martín (1991), em um instrumento para a reflexão significativa dos professores, uma ferramenta básica para a investigação em sala de aula que pode auxiliar ao docente no diagnóstico de problemas, elaboração de hipóteses para a resolução dos problemas, avaliação de resultados de suas práticas, entre outras aplicações relevantes.

Por conseguinte, os diários elaborados pelo professor no decorrer das atividades podem ser considerados demonstrativos da ocorrência da evolução conceitual.

Sobre a elaboração dos diários, sabe-se que existem muitas sugestões e documentos pré-elaborados para que o professor possa realizar seus registros. Contudo, nesse trabalho os diários foram realizados na forma de texto corrido, destacando-se quaisquer acontecimentos nas atividades didáticas que pudessem ser determinantes para a investigação proposta por esse trabalho.

3.3.4.2. Pré-teste: O estágio inicial da evolução conceitual

O pré-teste foi elaborado visando possibilitar o reconhecimento sobre a situação inicial do perfil conceitual de átomo dos grupos participantes do estudo. Sendo assim, o pré-teste teve o papel de fornecer elementos para que se conhecesse o perfil conceitual dos participantes antes da intervenção de ensino.

Para tal, foram apresentadas quatro situações, em forma de problemas, que deveriam ser explicadas pelos participantes do estudo. Tais situações exigiam o emprego de diferentes estágios da concepção de átomo, logo para a resolução destes problemas, seria necessário que os alunos utilizassem cada estágio do perfil de átomo de acordo com o fenômeno discutido em cada uma das situações.

A primeira situação discutida no pré-teste exigia que o respondente assumisse a concepção clássica, o terceiro estágio do perfil conceitual de átomo, para que pudesse explicar corretamente uma representação atômica elaborada em acordo com modelo de átomo de Rutherford. Também é importante deixar claro que a caracterização discutida nessa situação exige que o estudante tenha superado o primeiro estágio do perfil de átomo, o sensorialista, pois é necessário que o respondente tenha clareza quanto à existência de espaços vazios no átomo.

Já a segunda situação apresentada no pré-teste tratava-se de um processo de fusão de um cubo de gelo, a explicação científica para este tipo de fenômeno necessita a superação da zona substancialista do perfil de átomo, pois a mudança de estado físico da matéria não se deve a uma mudança em um átomo ou molécula, mas sim a uma mudança na interação entre as moléculas formadoras da substância. Logo, para que pudessem explicar de maneira aceita cientificamente, os

participantes deveriam expor a zona clássica do perfil de átomo. Na figura 15, podem ser visualizadas a forma de apresentação das situações 1 e 2 no pré-teste.

Figura 15 – Situações 1 e 2 do pré-teste

- 1) A imagem abaixo trata-se de uma representação do Modelo Atômico proposto pelo físico neozelandês Ernest Rutherford. Nesta representação estão indicadas três regiões principais existentes no átomo, segundo esse modelo. Caracterize essas regiões e diga se nelas existem cargas elétricas e se apresentam massa ou não.



Região	Características
Região 1	
Região 2	
Região 3	

- 2) Em termos físicos, a fusão (derretimento) é um processo que ocorre quando a matéria passa do estado físico sólido para o estado líquido. Abaixo elencamos uma série de afirmações que podem explicar o fenômeno de fusão da água, indique aquelas que você julga verdadeiras e explique suas indicações.



- I – Cada uma das moléculas de água sofre derretimento devido o aumento da temperatura;
- II – O aumento da energia cinética das moléculas de água é uma das causas do derretimento;
- III – As moléculas de água no estado líquido estão menos organizadas e com maior agitação do que no estado sólido.

Fonte: Autor.

Na terceira situação, é apresentado o fenômeno da oxidação de pregos. Para que os respondentes possam explicar tal ocorrência, se fez necessário que os mesmos consigam evidenciar a concepção clássica para o átomo, considerando aspectos como a conservação da matéria e a ocorrência de uma reação química.

Por fim, a quarta situação trazida pelo pré-teste, apresentava o fenômeno da luminescência que ocorre em pulseiras luminosas. A explicação científica dessa questão passa pelo conhecimento sobre a zona quântica do perfil do átomo.

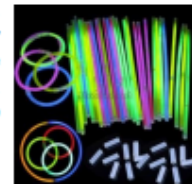
Ver na figura abaixo a apresentação da terceira e da quarta situação no pré-teste (Figura 16).

Figura 16 – Situações 3 e 4 no pré-teste

- 3) O prego de aço é composto basicamente por ferro, substância que facilmente sofre oxidação quando exposto ao ambiente, processo que habitualmente chamamos de enferrujamento. Como explicar o aumento da massa na amostra de pregos após a formação da ferrugem?



- 4) A luminescência é um fenômeno apresentado por alguns materiais, que consiste na emissão de luz diante da exposição à luz negra, por exemplo. O brilho no escuro das pulseiras distribuídas em festas é uma ótima ilustração desse fenômeno. Explique como ocorre a luminescência utilizando seus conhecimentos sobre a matéria e o átomo.



Fonte: Autor.

Com isso, após a resolução e a realização dos registros propostos por esse pré-teste, o pesquisador obteve elementos para traçar um perfil conceitual de átomo do grupo de estudantes participantes do estudo, que representasse o panorama anterior à implementação das atividades de ensino sugeridas por essa proposta.

3.3.4.3. Caderno de experimentos: a experimentação e a evolução conceitual

O caderno de experimentos reuniu os principais elementos para a investigação, já que este recurso didático foi elaborado com o intuito de apoiar a atividade experimental, ponto central nesse estudo.

Esse caderno contém os roteiros referentes a cada um dos cinco experimentos planejados pelo pesquisador, a respeito de cada experimento são apresentados uma série de problemas, cujas resoluções elaboradas e registradas pelos estudantes foram analisadas e corroboraram para o delineamento de um perfil conceitual resultante da participação desses alunos nas atividades de ensino aqui relatadas.

O cerne da pesquisa situa-se nos resultados obtidos a partir da transcrição e análise dos registros produzidos pelos alunos no caderno experimental para cada uma das questões propostas. O caderno de experimentos tem papel de destaque no trabalho, pois as evidências da evolução conceitual que foram explicitadas por meio desse documento foram produzidas durante as atividades experimentais, emergindo como fruto de discussões entre professor e demais participantes do estudo.

3.3.4.4. Pós-teste: triangulação de resultados

Já o pós-teste, realizado após a atividade didática experimental, apoiou-se em um conjunto de problemas fechados para buscar evidenciar o perfil conceitual referente ao grupo de participantes da proposta após as intervenções de ensino. Foram utilizadas dezesseis questões sobre modelos atômicos, contendo cinco alternativas cada, extraídas de livros didáticos, provas de vestibulares e do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), algumas destas sofreram adaptações. Também é importante destacar que a escolha das questões se deu visando analisar o nível de desenvolvimento e de tomada de consciência de cada uma das quatro zonas do perfil de átomo adotado nesse trabalho.

Discute-se aqui, a adoção de problemas fechados como instrumento de coleta de dados em uma pesquisa da área de ensino, contudo é relevante destacar que, buscou-se assim, propiciar ao pesquisador a realização da triangulação entre as evidências da evolução conceitual obtidas na análise dos cadernos de experimento e os indícios da evolução conceitual para o conceito de átomo oriundas da análise dos pós-testes. Já que, assim é possível diversificar tanto o instrumento de coleta, a estratégia de coleta de indícios e conseqüentemente um diferente método de análise. Logo, essa triangulação de variáveis permite validar a pesquisa como um todo e tornar os resultados aqui obtidos um tanto quanto mais confiáveis.

Abaixo é possível observar uma classificação para cada uma das questões do pós-teste quanto ao estágio do perfil conceitual de átomo a que a questão abordava (Tabela 3).

Tabela 3 – Composição do pós-teste

Questão	Zona abordada
1	Sensorialista
2	Sensorialista
3	Clássica
4	Substancialista
5	Clássica
6	Clássica
7	Quântica
8	Quântica
9	Quântica
10	Quântica
11	Substancialista
12	Quântica
13	Substancialista
14	Sensorialista
15	Quântica

Fonte: Autor.

3.4. ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

Neste estudo, adotou-se como método de análise de dados uma combinação entre métodos qualitativos e quantitativos, visando amplificar a validade da investigação.

O primeiro passo foi dado no sentido de sistematizar os dados a fim de viabilizar a análise. Assim, elaborou-se uma codificação para preservar as identidades dos participantes da pesquisa, cada código foi formado pela combinação de três letras maiúsculas, entre as quais a primeira indica o grupo integrado pelo participante, que poderia ser A, B ou C, e duas outras letras maiúsculas correspondentes às iniciais dos estudantes.

A coleta de dados para o estudo, como já apresentado anteriormente, foi realizada de quatro formas distintas, diários da prática pedagógica, pré-teste, questões contidas no caderno de experimentos e no pós-teste. Buscando analisar dados de naturezas distintas, foi necessário adotar métodos correspondentes a cada um dos tipos de análise.

Sobre os diários da prática pedagógica, a análise destes documentos foi realizada por meio da observação dos fatos observados, buscando relacionar estes relatos aos resultados obtidos a partir dos outros instrumentos de coleta de dados, a

priori, o papel dos diários foi auxiliar o pesquisador durante as discussões decorrentes do trabalho.

Na análise do pré-teste e caderno de experimentos houve uma inspiração no trabalho proposto por (Silva, 2006, p.60), no qual a análise da intensidade das zonas dos perfis é trabalhada da seguinte forma, quando o sujeito da pesquisa apresenta características da zona em questão, a este sujeito é atribuído o escore "1", por outro lado, quando o indivíduo não apresenta características de adoção da zona do perfil a este atribuído o valor "0".

Para o pré-teste, após a atribuição dos escores para cada uma das zonas do perfil conceitual de átomo, foi obtido o resultado, em percentuais, da frequência em que os alunos que expressaram estes estágios diante de cada uma das questões do teste.

Já para o caderno de experimentos, após a atribuição dos escores para cada zona do perfil conceitual de átomo, foi realizada a estatística descritiva, adotada para que fosse possível generalizar os resultados de diferentes grupos, mas que sejam provenientes da mesma população. (BISQUERRA; SARRIERA; MARTÍNEZ, 2004). Para a realização dessa análise empregou-se o programa computacional Statistical Package for Social Sciences (SPSS) com o qual foi possível realizar a análise estatística para os resultados dos cinco experimentos.

No caderno de experimentos no decorrer dos cinco experimentos foram propostas um conjunto de questões e ao responder uma dessas questões os participantes poderiam adotar concepções pertencentes a cada um dos quatro estágios do perfil conceitual de átomo, assim como, poderia responder sem utilizar nenhuma dessas concepções. Inicialmente, foi feita a transcrição das respostas dos participantes, posteriormente, foi realizada a categorização quanto à zona do perfil de átomo a qual cada resposta utilizava. Assim, foi necessário desenvolver um desenho de análise que abarcasse todos os cenários de combinações de concepções sobre o átomo.

Criou-se um parâmetro analítico que expressa as zonas empregadas pelos participantes da pesquisa para responder as questões propostas no decorrer dos experimentos, a seguir é apresentado o parâmetro elaborado para a análise (Tabela 4).

Tabela 4 - Parâmetro para a expressão dos perfis

Zona do Perfil	Soma
I (sensorialista)	8
II (substancialista)	4
III (clássica)	2
IV (quântica)	1

Fonte: Autor.

A partir disso, os resultados das análises para os cadernos de experimentos foram demonstrados seguindo este parâmetro. Por exemplo, se o participante evidenciou, ao responder uma questão, somente a zona sensorialista, recebeu o valor (8), se apresentou a zona quântica combinada à zona clássica, recebeu o valor (3).

Para o pós-teste a análise considerou que este instrumento foi elaborado contendo quatro conjuntos de questões, o domínio sensorial, domínio substancial, domínio clássico e domínio quântico, cada qual com certo número de questões. Diante disso, foram atribuídas notas para cada um dos domínios, estas notas serão apresentadas graficamente no capítulo dos resultados.

A sistematização das respostas tanto da análise das respostas do caderno de experimentos, quanto dos resultados do pós-teste, foi realizada tendo como apoio a ferramenta computacional SPSS, com o auxílio deste programa foram elaborados quadros contendo as estatísticas para as respostas e gráficos demonstrando os resultados obtidos pela análise.

4. RESULTADOS SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL

Neste capítulo apresentam-se, de forma sistemática, os resultados obtidos durante a pesquisa, visando explicitar aspectos importantes para que possam ser reconhecidas as evidências da ocorrência da evolução dos perfis conceituais sobre átomo nos participantes do estudo. Portanto, a apresentação dessas evidências ocorre por meio de recursos como tabelas, quadros e gráficos, que serão seguidos de comentários que possam ser pertinentes à análise. Inicialmente, são trazidos à tona os registros referentes aos diários da prática pedagógica elaborados pelo pesquisador durante as atividades, em um segundo momento, o pré-teste é a fonte de dados sobre as quais as atenções estarão voltadas, posteriormente são trazidos os resultados oriundos da avaliação dos cadernos de experimento, e por fim os pós-testes têm seus resultados explorados.

Entre os alunos que participaram do projeto em alguma de suas etapas, trinta e um tiveram suas produções analisadas, pois estes se fizeram presentes em todas as etapas. Pode-se discutir individualmente cada uma das etapas em um próximo estudo e incluir os demais resultados nessa possível investigação, entretanto nesse trabalho desconsideraremos os alunos que deixaram de participar de uma das quatro etapas.

No próximo capítulo, será realizada a discussão sobre cada uma dessas fontes de dados, seguindo a mesma ordem adotada para a explicitação dos resultados.

4.1. RESULTADOS DOS DIÁRIOS DA PRÁTICA PEDAGÓGICA

Sobre os diários da prática pedagógica elaborados após a realização das atividades de ensino destacam-se os que fazem referência à atividade experimental e à atividade de realização do pós-teste. Conforme já relatado, os participantes foram distribuídos em três grupos, aqui nomeados grupos A, B e C. Sendo assim, cada etapa da proposta foi repetida por três vezes e conseqüentemente puderam ser detectadas algumas diferenças durante a implementação em relação aos grupos. Também é importante considerar que o número de participantes apresentou certa disparidade entre os grupos. Ainda assim, por tratar-se de alunos da mesma

escola e em mesmo nível escolar, consideraremos os três grupos homogeneamente durante a apresentação dos resultados.

Após a análise dos resultados, diante de uma evidência que aponte tal necessidade, pode-se investigar individualmente cada um dos grupos. A seguir, será apresentado um quadro contendo alguns aspectos a serem destacados nos diários da prática elaborados pelo professor (Quadro 2).

Quadro 2 –Diários da prática pedagógica

Diários da Prática Pedagógica			
Data	Grupo	Atividade	Fato observado
05/07/16	A	Experimentos	Os alunos muito cansados e sonolentos, portanto a atividade não foi tão produtiva quanto o esperado. Os participantes pediram para sair um pouco mais cedo, pois estavam na escola desde pela manhã. As atividades duraram até às 15h e 40min.
06/07/16	B	Experimentos	Grupo de participantes reduzido, contudo os que participaram se demonstraram realmente interessados em observar e por vezes realizavam questionamentos sobre os fenômenos observados. Contudo, é possível verificar que eles fazem poucos registros por escrito durante a observação dos experimentos.
07/07/16	C	Experimentos	Nesse dia as atividades transcorreram no horário normal de aula. Com intervalo (recreio) e atividades até às 17h. Essa turma foi a única que pediu para fotografar e registrar o momento. Nesse dia a turma foi organizada em grupos para melhor visualizar o teste de chama, pois participaram da atividade, cerca de 21 alunos. Os alunos foram organizados em grupos de cinco alunos.
12/07/16	A	Pós-teste	Alguns alunos solicitaram para levar o pós-teste para casa, o que não foi autorizado. Sendo assim, alguns responderam somente para entregar logo a atividade, sem desprender o tempo necessário para resolver os problemas.
08/07/16	B	Pós-teste	Esta atividade didática teve seu início um pouco atrasada, fazendo com que ao final do pós-teste o tempo ficasse um pouco reduzido para os alunos responderem as questões.
08/07/16	C	Pós-teste	Alguns alunos que não haviam participado da atividade didática experimental estavam presentes e foram convidados a responder as questões do pós-teste. Todos os presentes demonstraram-se interessados em participar da atividade. Ao final solicitaram os gabaritos das questões para saber como havia sido o desempenho individual no teste.

Fonte: Autor.

No quadro 2, foram apresentados alguns trechos dos diários da prática pedagógica produzidos após a atividade didática baseada em experimentos e após a atividade didática destinada à resolução do pós-teste, pois os registros realizados

após estas atividades têm maior relevância para o estudo e as discussões fomentadas pela pesquisa.

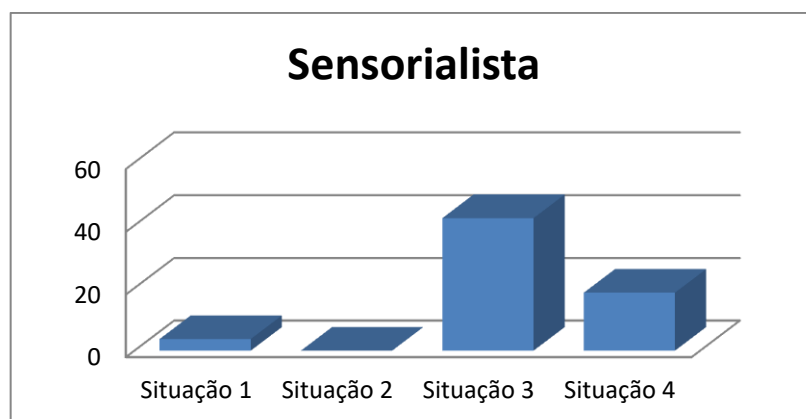
A análise dos diários da prática pedagógica pode indicar ao pesquisador alguns fatores imperceptíveis a partir da análise de outros instrumentos utilizados na pesquisa. Sendo que, a partir dos diários, o contexto da pesquisa pode ser evidenciado e aspectos subjetivos que interferem no estudo podem ser discutidos, como a disposição dos alunos e/ou do professor, tempo de realização das atividades e a atitude dos alunos em relação à atividade.

4.2. RESULTADOS DOS PRÉ-TESTES

O pré-teste consistiu em um conjunto de quatro problemas cuja explicação exigia a utilização da concepção sobre átomo por parte do respondente. Por meio destes problemas buscava-se instigar diferentes zonas do perfil de átomo dos participantes da investigação.

Para organizar os resultados dessa etapa foram avaliadas as respostas dos participantes para cada um dos quatro problemas, indicando quais estágios do perfil de átomo, o sujeito da pesquisa teria acionado para explicar a situação correspondente. A seguir são apresentados os gráficos que indicam, em percentuais, o nível de utilização de cada estágio do perfil conceitual de átomo pelos participantes da pesquisa nas respostas das situações discutidas no pré-teste. Abaixo estão sistematizados graficamente os resultados sobre a utilização da concepção sensorialista do perfil de átomo no pré-teste. (Gráfico 1).

Gráfico 1– Estágio sensorialista no pré-teste

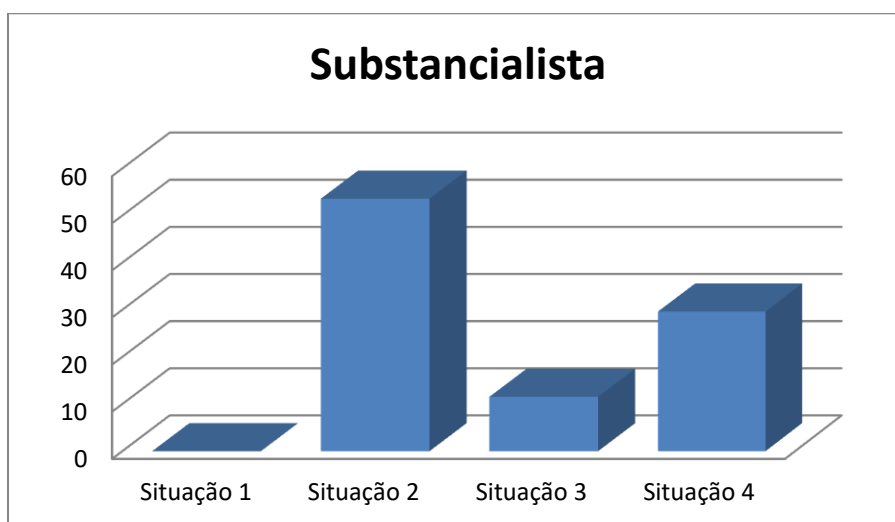


Fonte: Autor.

Destacou-se no gráfico sobre a concepção sensorialista, o elevado percentual de alunos, que ao explicar a situação 3, utilizaram-se dessa concepção para esclarecer os fenômenos associados ao enferrujamento de pregos, assim como na situação 4, que trata de fenômenos de luminescência.

Sobre o segundo estágio do perfil de átomo, cabe o estudo do gráfico que indica, em percentuais, em que medida os estudantes utilizaram a concepção substancialista para explicar cada uma das quatro situações contidas no pré-teste (Gráfico 2).

Gráfico 2- Estágio substancialista no pré-teste

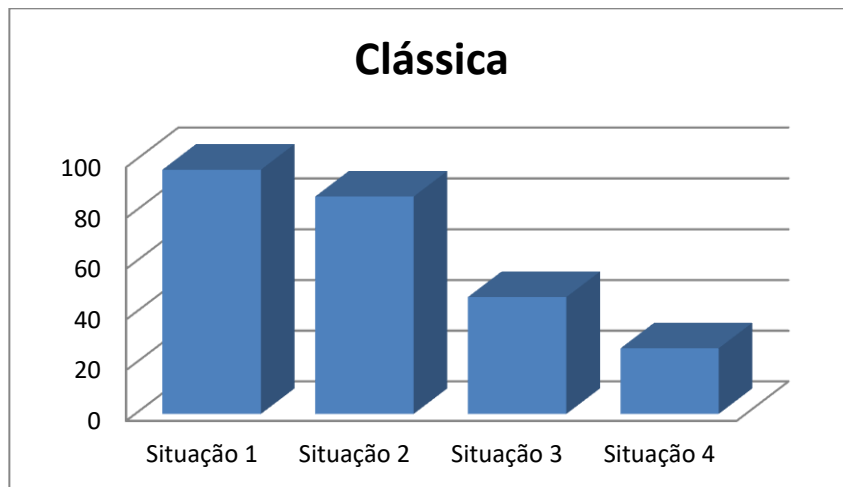


Fonte: Autor.

Sobre o gráfico 2, fica evidente o quanto a concepção substancialista para o átomo se faz presente na medida que os alunos visam explicar as situações 2, que discute a fusão de um cubo de gelo, e a situação 4, sobre a luminescência de pulseiras de festa. Esse estágio do perfil atribui ao átomo às características macroscópicas da matéria, como a mudança de estado físico ou a capacidade de emitir luz. Por exemplo, a luminescência ocorreria devido à existência de um átomo brilhante.

A concepção clássica do átomo foi empregada pelos alunos em percentuais consideráveis nas quatro situações apresentadas pelo pré-teste (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Estágio clássico no pré-teste

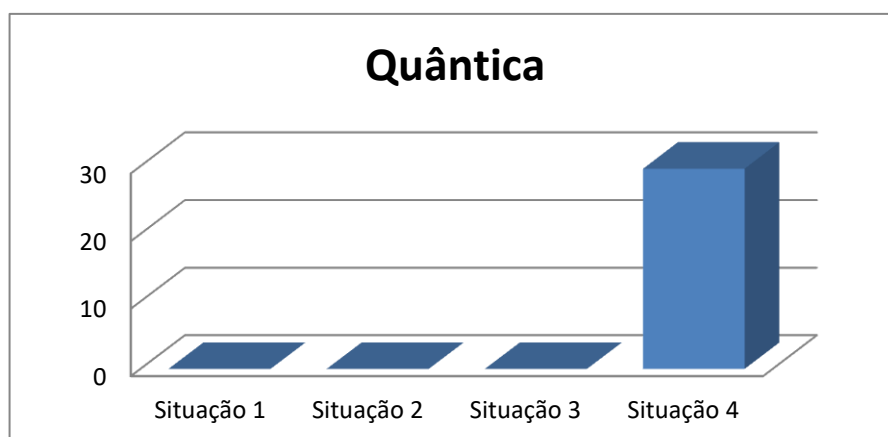


Fonte: Autor.

É evidente que este foi o estágio mais empregado pelos estudantes para explicar quaisquer fenômenos referentes ao comportamento da matéria. A zona clássica foi bastante empregada para que os participantes respondessem principalmente a primeira situação, na qual o percentual superou 90%, assim como nas respostas para a segunda situação, as quais acima de 80% das respostas utilizaram a concepção clássica.

Quanto aos resultados obtidos no pré-teste relativos ao estágio quântico do átomo, estes podem ser observados abaixo (Gráfico 4)

Gráfico 4 – Estágio quântico no pré-teste



Fonte: Autor.

4.3. RESULTADOS DOS CADERNOS DE EXPERIMENTOS

Em relação aos cadernos de experimentos, é importante que se tenha clareza sobre a relevância destes resultados para a pesquisa, pois os registros produzidos pelos alunos durante a realização dos experimentos consistiram na fonte de resultados mais rica para este estudo.

A análise das respostas dos participantes para as questões propostas no caderno de experimento foram explicitados em tabelas e gráficos a fim de sistematizar os resultados da estatística descritiva, método analítico aos quais os dados foram submetidos.

A seguir, serão apresentados os resultados referentes a cada um dos cinco experimentos realizados durante a atividade.

4.3.1. Resultados do experimento do teste de chama

O primeiro passo para a análise das respostas dos participantes foi realizar a categorização quanto ao emprego dos estágios do perfil conceitual de átomo. Para exemplificar o processo de categorização, são apresentadas algumas respostas dos estudantes para a primeira pergunta proposta no caderno de experimentos sobre o experimento do teste de chama:

Q1.1 – *“Você já observou que muitos controles remotos e ponteiros de relógios, quando em ambientes escuros, apresentam como característica a propriedade de emitir luz. Como você explica esse fenômeno?”*

Respostas dos participantes:

BAP: *“O elétron recebe energia e salta para a camada mais externa e quando volta emite luz”.*

CCS: *“Devido aos saltos quânticos do modelo de Bohr”.*

CET: *“Transferência de ondas eletromagnéticas, a luz negra excita os elétrons e quando volta a seu nível emite luz”.*

Nesses três exemplos, considerou-se que estes participantes expressaram a zona quântica do perfil conceitual de átomo para responder a Q1.1. Vamos analisar

a resposta de um participante que expressou ideias substancialistas para a mesma pergunta:

AGP: *“Depende da substância/material que são feitos os controles remotos e ponteiros de relógios”.*

Neste caso, a resposta foi considerada substancialista, pois o aluno considerou que a luminescência dependia somente do material, desconsiderando o processo de transição eletrônica envolvido neste fenômeno.

Conforme será possível observar no quadro abaixo, tem-se a categorização das respostas dos participantes do grupo C, relativas às questões do experimento do Teste de Chama. Usou-se o algarismo “0” para indicar que o participante não expressou aquela zona do perfil, já o algarismo “1” foi empregado para indicar a utilização da zona do perfil em questão. Por fim, as células que apresentam tracejados correspondem à questões que não foram respondidas.

As categorizações propostas para as respostas dos participantes sobre as questões do experimento do teste de chama serão apresentadas, abaixo (Quadro 3).

Quadro 3 – Categorização das respostas do teste de chama

Teste de Chama																					
Nº	Código	Q1.1				Q1.2				Q1.3				Q1.4				Q1.5			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1.	CAL	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
2.	CBB	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
3.	CCS	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0
4.	CDR	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
5.	CET	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	---	---	---	---	---	---	---	---
6.	CGS	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
7.	CGP	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
8.	CGJ	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0
9.	CIB	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
10.	CJA	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
11.	CLA	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0

Fonte: Autor.

Após a categorização das respostas quanto à adoção dos estágios do perfil de átomo para responder as cinco questões, foi utilizado o parâmetro elaborado na

pesquisa, a ser lembrado: quando o sujeito não evidenciou nenhuma zona do perfil, recebeu o valor (0), quando utilizou a zona sensorial (8), a zona substancial (4), a zona clássica (2), zona quântica (1). Logo, o participante que, hipoteticamente, empregou as quatro zonas do perfil de átomo, obteve a soma 15. A importância dessa parametrização para o trabalho foi possibilitar a discussão sobre as combinações de estágios do perfil de átomo utilizados para explicar as questões.

A seguir podem ser observados os resultados da estatística descritiva referente às respostas dos estudantes sobre as questões do experimento do teste de chama (Figura 17).

Figura 17 – Análise estatística para o teste de chama

	Q1.1	Q1.2	Q1.3	Q1.4	Q1.5
Válidos	30	30	30	30	30
Não-válidos	0	0	0	0	0
Média	1,40	3,13	3,90	2,13	2,77
Mediana	1,00	3,50	4,00	2,00	2,50
Modo	1	1	4	2	4
Desvio padrão	1,793	2,047	1,583	1,570	1,995
Variância	3,214	4,189	2,507	2,464	3,978
Obliquidade	2,579	,170	-1,277	,681	,010
Desvio Obliquidade	,427	,427	,427	,427	,427
Kurtosis	6,767	-1,442	2,101	,870	-,997
Desvio padrão kurtosis	,833	,833	,833	,833	,833
Mínimo	0	0	0	0	0
Máximo	8	6	6	6	6

Fonte: Autor.

Na figura 3.5, consta a estatística descritiva referente às questões Q1.1, Q1.3 e Q1.5, sobre o teste da chama respondidas pelos participantes no caderno de experimentos. Nesta figura observa-se que do total de participantes do trabalho, trinta estudantes responderam as questões relativas ao primeiro experimento. Também é possível verificar que na resolução destas questões os alunos expressaram cinco combinações de zonas do perfil conceitual de átomo.

Figura 18 – Resultado da estatística para o teste da chama (Q.1.1, Q1.3 e Q1.5)

Q1.1

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	6	20,0	20,0	20,0
1	20	66,7	66,7	86,7
4	2	6,7	6,7	93,3
6	1	3,3	3,3	96,7
8	1	3,3	3,3	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Q1.3

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	3	10,0	10,0	10,0
2	1	3,3	3,3	13,3
4	20	66,7	66,7	80,0
5	1	3,3	3,3	83,3
6	5	16,7	16,7	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Q1.5

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	7	23,3	23,3	23,3
2	8	26,7	26,7	50,0
3	1	3,3	3,3	53,3
4	10	33,3	33,3	86,7
6	4	13,3	13,3	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Fonte: Autor.

Estes quadros mostram a considerável frequência em que os alunos não utilizaram nenhum dos estágios do perfil conceitual de átomo para explicar as estas três questões (Q1.1, Q1.3 e Q1.5). Como aqui foram consideradas somente os alunos que efetivamente responderam as três questões, é possível afirmar que no universo de trinta alunos, dezesseis vezes os participantes responderam as questões sem adotar ideias científicas.

Na tabela abaixo é possível reconhecer as combinações entre as zonas do perfil que os participantes acionaram para responder as questões referentes a este experimento (Tabela 5).

Tabela 5 – Combinações entre as zonas do perfil conceitual no teste de chama

Perfil	Combinações
1	Quântica
2	Clássica
3	Clássica e Quântica
4	Substancialista
6	Substancialista e Clássica
8	Sensorialista

Fonte: Autor.

Na sequência são apresentados os resultados da análise estatística dos resultados obtidos a partir das respostas dos participantes para as questões Q1.2 e Q1.4 contida no caderno de experimentos (Figura 19).

Figura 19 - Estatística para o teste da chama (Q1.2 e Q1.4)

Q1.2

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	1	3,3	3,3	3,3
1	10	33,3	33,3	36,7
2	2	6,7	6,7	43,3
3	2	6,7	6,7	50,0
4	8	26,7	26,7	76,7
6	7	23,3	23,3	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Q1.4

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	6	20,0	20,0	20,0
1	2	6,7	6,7	26,7
2	12	40,0	40,0	66,7
3	6	20,0	20,0	86,7
4	2	6,7	6,7	93,3
6	2	6,7	6,7	100,0
Total	30	100,0	100,0	

Fonte: Autor.

Ao observar as Figuras 18 e 19, pode-se verificar alguns apontamentos pertinentes à compreensão da investigação. Nestas figuras também são

apresentados percentuais exatos referentes a cada tipo de perfil expressado pelos participantes.

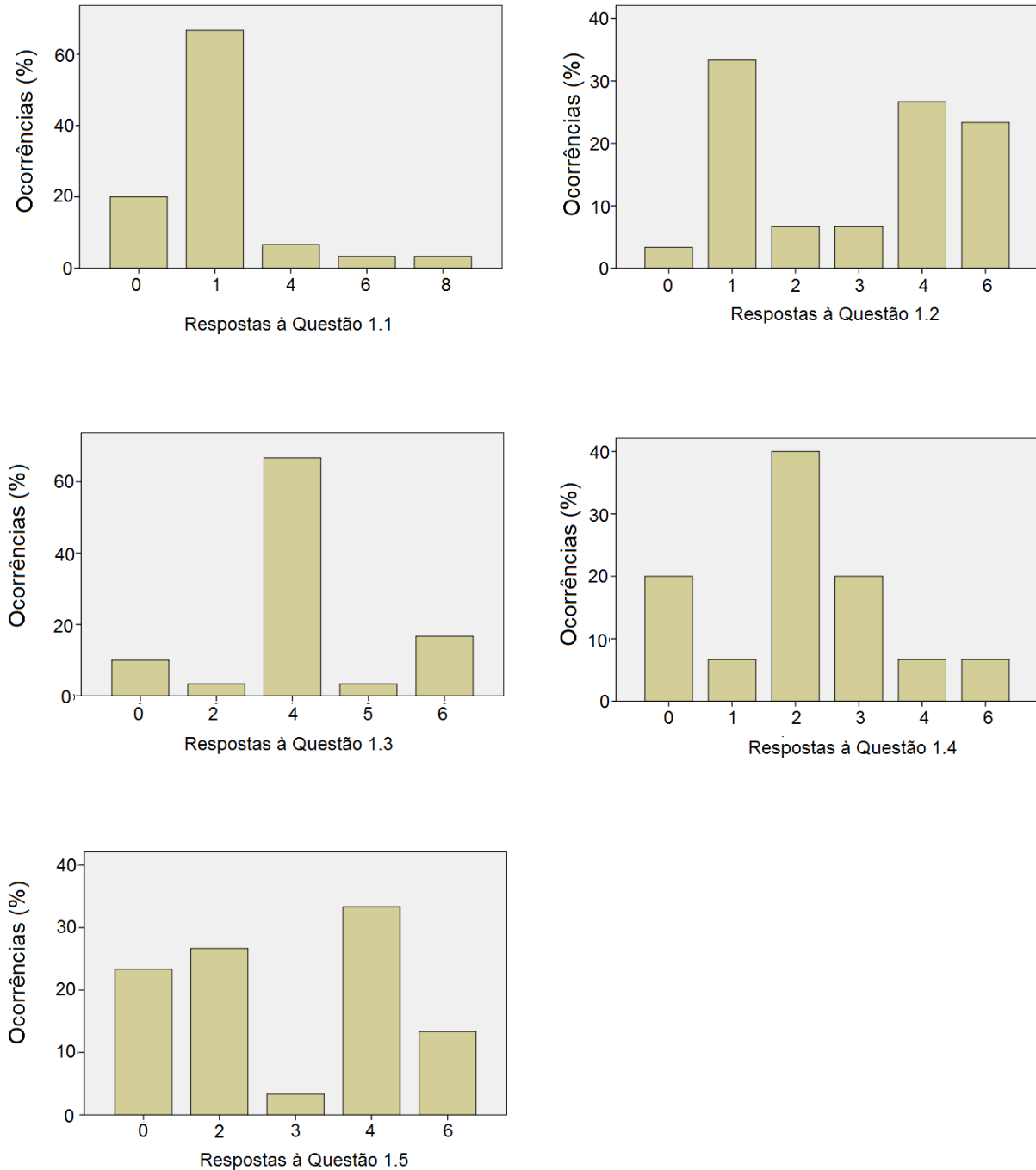
Tais resultados serão apresentados por meio de recursos gráficos a fim de viabilizar a discussão, a partir da análise dos gráficos buscar-se-á reconhecer as tendências e a formulação ou a reafirmação de hipóteses por parte do pesquisador.

São apresentadas cinco gráficos que buscam sistematizar individualmente as cinco questões apresentadas no caderno de experimento sobre o teste da chama (Gráfico 5).

A investigação sobre estes resultados indicam, em primeiro plano, consideráveis ocorrências da categoria (1), principalmente nas questões Q1.1 e Q1.2, esses resultados demonstram que a zona quântica foi utilizada por um percentual relevante de alunos para responder tais questões. Corrobora com tal afirmação a categoria (3), presente em percentual considerável na questão Q1.4. Também é um destaque positivo, o baixo percentual de participantes que adotaram a zona sensorialista para explicar estas cinco questões. Estas são as afirmações trazidas em primeiro plano, pois têm como base generalizações que podem ser consideradas tendências em toda a análise dos resultados para este experimento.

Chama atenção também, em um segundo plano, o percentual de participantes que utilizaram a concepção substancialista para responder a Q1.3. Já a questão Q1.5 destaca-se pela ausência da concepção quântica entre as respostas, além da diversidade de categorias apresentadas. Estas inferências são consideradas em um segundo plano, pois são frutos de observações pontuais que não representam tendências na análise do experimento como um todo.

Gráfico 5 – Análise das respostas do teste de chama



Fonte: Autor.

4.3.2. Resultados do experimento a parte visual do espectro eletromagnético

O experimento chamado a parte visual do espectro eletromagnético, segundo da atividade didática em discussão, foi analisado seguindo o mesmo processo

adotado no experimento do teste de chama, ou seja, a investigação de todos os experimentos iniciou-se com a transcrição das respostas dos estudantes para as questões propostas no caderno de experimentos e foi seguida pela categorização dessas respostas. Tem-se como exemplo algumas respostas dos alunos para a Q2.2:

Q.2.2 - *“Como você poderia usar o espectrômetro para determinar a natureza dos cátions com mais precisão que o simples teste de chama feito no experimento anterior?”*

BPF: *“Cada substância possui seu espectro”.*

CTS: *“O espectrômetro mostra o espectro específico de cada substância”.*

As respostas destes participantes expressaram os estágios substancialista e quântico, o primeiro, pois ambos não apresentaram o espectro como o resultado das transições eletrônicas que ocorrem durante o teste de chama, em contrapartida a adoção do espectro como meio para resolver o problema indica a utilização da zona quântica do perfil conceitual de átomo.

Q.2.4 – *“Utilizando seu conhecimento sobre os modelos atômicos, produção de ondas eletromagnéticas e o conceito de potencial de ionização, explique as emissões de cor observadas durante os testes de chama”.*

BLC: *“Quando em chamas, o elétron vai para uma camada mais externa, nessas idas, vão formando-se as cores”.*

A resposta do participante BLC expressou as concepções substancialista e quântica, a primeira, pois a resposta atribuiu à formação de cores ao fato do elétron estar em chamas, já a concepção quântica foi indicada na referência que o participante fez às transições eletrônicas.

AGP – *“As emissões de cores vistas no teste anterior depende de cada substância colocada em cada chama e também da quantidade de cátions e íons”.*

A resposta do participante AGP para a Q2.4 expressou a zona substancialista, pois não relacionou a emissão de cores à liberação de energia e a zona clássica, por atribuir esse fenômeno à formação de íons.

Em um primeiro momento, é necessário observar que entre todos participantes da pesquisa, somente vinte e cinco responderam as questões sobre este experimento. Após a categorização de todas as respostas, realizou-se a estatística descritiva acerca dos resultados. Conforme pode ser visualizado para o segundo experimento (Figura 20).

Figura 20 – Resultados estatísticos para o segundo experimento

	Q2.1	Q2.2	Q2.3	Q2.4	Q2.5	Q2.6
Válidos	25	25	25	25	25	25
Não-válidos	0	0	0	0	0	0
Média	1,40	3,40	1,68	1,72	,80	,48
Mediana	1,00	4,00	1,00	1,00	,00	,00
Modo	1	5	1	0	0	0
Desvio padrão	1,658	1,871	1,952	2,590	1,780	,510
Variância	2,750	3,500	3,810	6,710	3,167	,260
Obliquidade	3,110	-,930	1,112	1,524	4,379	,085
Desvio Obliquidade	,464	,464	,464	,464	,464	,464
Curtose	10,746	-,611	-,512	1,262	20,746	-2,174
Desvio padrão curtose	,902	,902	,902	,902	,902	,902
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	8	5	5	9	9	1

Fonte: Autor.

Na sequência serão apresentados os resultados da análise estatística das respostas às perguntas Q2.1, Q2.2, Q2.3 dos participantes para as questões referentes ao segundo experimento (Figura 21).

Figura 21 – Estatística para as questões do segundo experimento (A)

Q2.1

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	3	12,0	12,0	12,0
1	19	76,0	76,0	88,0
4	2	8,0	8,0	96,0
8	1	4,0	4,0	100,0
Total	25	100,0	100,0	

Q2.2

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	4	16,0	16,0	16,0
1	1	4,0	4,0	20,0
2	2	8,0	8,0	28,0
3	2	8,0	8,0	36,0
4	6	24,0	24,0	60,0
5	10	40,0	40,0	100,0
Total	25	100,0	100,0	

Q2.3

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	7	28,0	28,0	28,0
1	12	48,0	48,0	76,0
5	6	24,0	24,0	100,0
Total	25	100,0	100,0	

Fonte: Autor.

Figura 22 - Estatística para as questões do segundo experimento (B)

Q2.4

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	12	48,0	48,0	48,0
1	7	28,0	28,0	76,0
5	3	12,0	12,0	88,0
6	2	8,0	8,0	96,0
9	1	4,0	4,0	100,0
Total	25	100,0	100,0	

Q2.5

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	13	52,0	52,0	52,0
1	11	44,0	44,0	96,0
9	1	4,0	4,0	100,0
Total	25	100,0	100,0	

Q2.6

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	13	52,0	52,0	52,0
1	12	48,0	48,0	100,0
Total	25	100,0	100,0	

Fonte: Autor.

Salienta-se também que as respostas dos alunos para as questões Q2.1, Q2.2 e Q2.4 utilizaram uma maior diversidade de combinações entre as zonas do perfil conceitual de átomo, enquanto, as questões Q2.3, Q2.5 e Q.6 tiveram respostas que atingiram um número mais restrito de zonas do perfil. Cabe após a sistematização desses resultados, buscar explicações para tais observações, contudo uma hipótese é que estes dois grupos de questões apresentavam características distintas e conseqüentemente despertavam os estágios do perfil conceitual de maneiras diferentes.

A Q2.1 indicou um percentual de 76% de estudantes que obtiveram a soma (1), isto é, empregaram somente a zona quântica para responder a primeira questão deste experimento.

Quanto à Q2.2, destaca-se o percentual de participantes que obtiveram a soma (5), fruto da combinação entre zona substancialista (4) e a zona quântica (1), assim como, os participantes que obtiveram o valor (4), resultado da expressão somente da zona substancialista. O que indica uma considerável adoção da zona quântica, a qual foi expressa pelos alunos que obtiveram as somas (1), (3) e (5). Contudo, percebe-se, também elevados percentuais referentes às somas (4) e (5), que só podem ser obtidas pelos estudantes que expressaram a zona substancialista (4) isoladamente ou combinada à zona quântica (1),

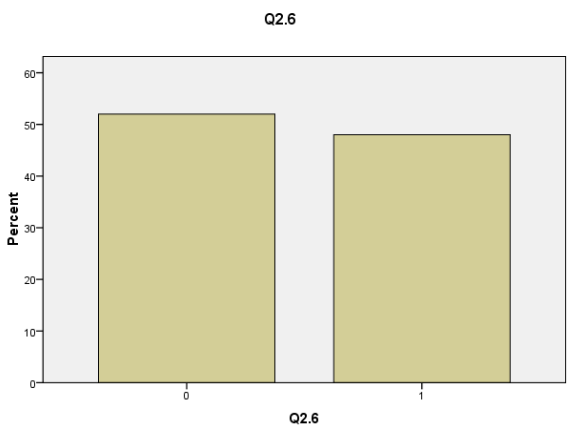
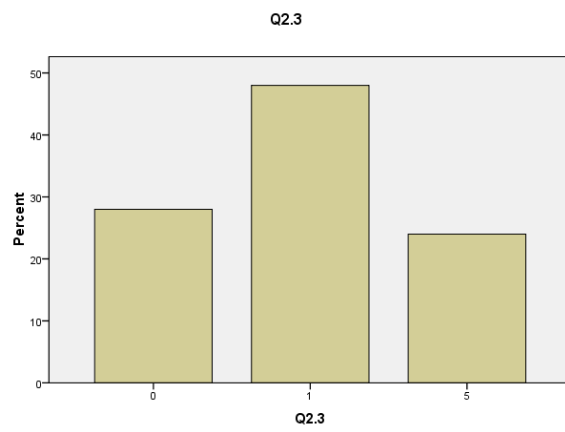
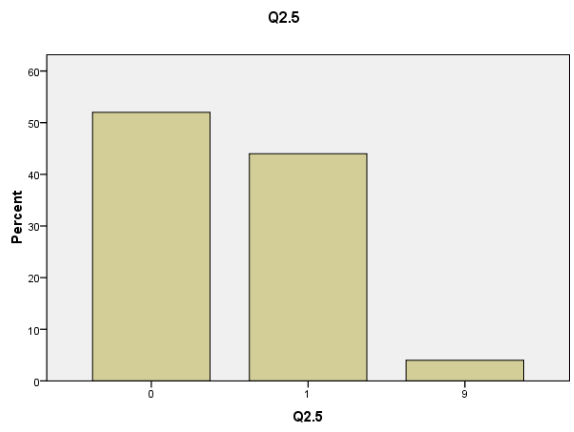
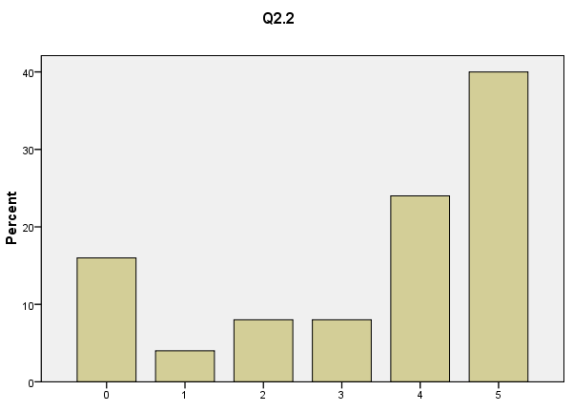
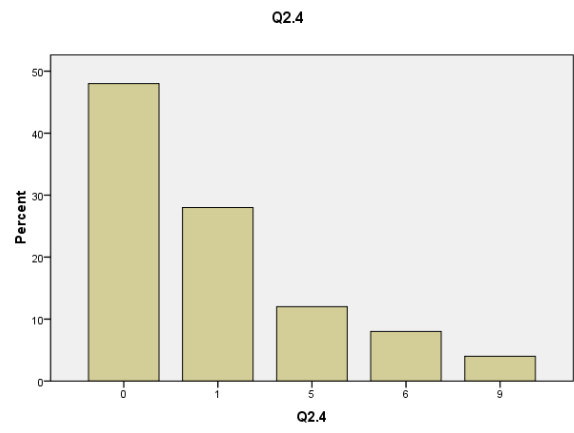
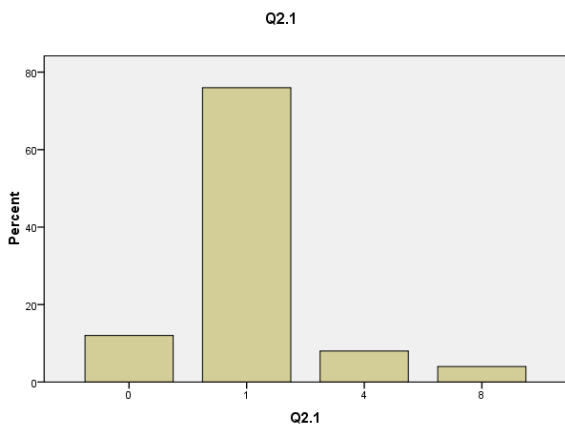
Sobre a Q2.3 é evidente que um considerável percentual de alunos que expressaram a zona quântica (1), já que os maiores percentuais são das somas (1) e (5). Novamente a zona substancialista (4) aparece com certo destaque, assim como nas questões anteriores. Já que os alunos que obtiveram soma (5), o fizeram por apresentar as zonas quântica (1) e a substancialista (4).

Na Q2.4, entre os alunos que adotaram alguma zona do perfil, destaca-se a soma (1) referente a zona quântica. Além das outras somas como (5), (6) e (9) que indicam uma distribuição entre as outras zonas do perfil, incluindo inclusive a concepção sensorialista, que implica na negação à ideia de átomo.

Sobre a Q2.5, foi bastante frequente a adoção da concepção quântica para responder tal questão, entretanto destaca-se também a soma (9), obtida pela expressão da zona quântica (1) combinada à zona sensorial (8). Por fim, para responder a questão Q2.6 os estudantes expressaram somente a zona quântica (1) do perfil conceitual do átomo.

Na sequência serão apresentadas as sistematizações produzidas a partir dos resultados da análise para os resultados obtidos do experimento da parte visual do espectro eletromagnético (Gráfico 6).

Gráfico 6 - Análise da parte visual do espectro eletromagnético



Fonte: Autor.

4.3.3. Resultados do experimento ionização de gases em tubo de Geissler

O terceiro experimento realizado durante a atividade didática baseada em experimentos foi a ionização de gases em tubo de Geissler, no qual, com o auxílio do aparato construído, foi possível observar o espectro eletromagnético de emissão do hidrogênio.

A seguir são apresentadas algumas respostas dos alunos relativas aos problemas propostos o experimento:

Q3.2 – *“Como o espectro do hidrogênio se compara com o espectro da luz branca da lâmpada incandescente?”*

BAP: *“Espectro do hidrogênio é descontínuo. Espectro da luz é contínuo”.*

A resposta do participante BAP indica que este reconheceu a principal característica que difere o espectro do hidrogênio e o espectro da luz branca, evidenciando a expressão da zona quântica do perfil.

AGP: *“A luz de hidrogênio emite várias cores e entre elas duas predominantes, azul e vermelha, e a outra luz emite só uma, a branca”.*

Já o participante AGP demonstrou a concepção substancialista ao responder a Q3.2. Nesta resposta o estudante explica que a formação do espectro se dá pela capacidade do hidrogênio em emitir luzes azul e vermelha.

O número de participantes considerados na análise deste experimento foi de dezesseis, pois estes foram os que efetivamente responderam as questões relativas à atividade. Já as análises para essas respostas repetiu o procedimento descrito para os experimentos anteriores, sendo assim são apresentados os resultados obtidos pela estatística descritiva (Figura 23).

Figura 23 - Resultados estatísticos para o terceiro experimento

	Questão 3.1	Questão 3.2	Questão 3.3	Questão 3.4	Questão 3.5	Questão 3.6
Válidos	16	16	16	16	16	16
Não-válidos	0	0	0	0	0	0
Média	1,38	,81	,94	,38	,56	,69
Mediana	1,00	1,00	,00	,00	,00	,00
Modo	1	1	0	0	0	0
Desvio padrão	1,708	,981	1,652	,500	1,031	1,250
Variância	2,917	,963	2,729	,250	1,063	1,563
Obliquidade	1,529	2,358	2,141	,571	2,731	3,022
Desvio Obliquidade	,564	,564	,564	,564	,564	,564
Curtose	1,103	7,676	3,671	-1,934	8,719	10,491
Desvio padrão curtose	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091	1,091
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	5	4	5	1	4	5

Fonte: Autor.

Recordando que os perfis conceituais demonstrados pelos participantes foram, neste trabalho, expressados de acordo com as combinações de zonas do perfil conceitual de átomo utilizadas para responder as questões, dessa forma, os participantes que adotaram a zona quântica para responder uma questão obtiveram o resultado (1), já a zona clássica concedeu o valor (2), a zona substancialista gerou a soma (4) e por fim a zona sensorialista, a soma (8).

No que se refere a este experimento, as combinações adotadas pelos alunos geraram a soma (1), referente à expressão isolada da zona quântica; a soma (4) resultado da utilização da zona substancialista; e a soma (5), fruto da combinação da zona quântica com a zona substancialista.

Abaixo, são trazidos os resultados da análise das questões referentes ao experimento (Figura 24).

Figura 24 – Estatística para as questões sobre o tubo de Geissler (A)

Questão 3.1

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	5	31,3	31,3	31,3
1	8	50,0	50,0	81,3
4	1	6,3	6,3	87,5
5	2	12,5	12,5	100,0
Total	16	100,0	100,0	

Questão 3.2

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	6	37,5	37,5	37,5
1	9	56,3	56,3	93,8
4	1	6,3	6,3	100,0
Total	16	100,0	100,0	

Questão 3.3

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	9	56,3	56,3	56,3
1	5	31,3	31,3	87,5
5	2	12,5	12,5	100,0
Total	16	100,0	100,0	

Fonte: Autor.

Na questão Q3.1, destacou-se a zona quântica, com 50% dos estudantes obtendo o resultado (1), característico da expressão da quarta zona do perfil conceitual de átomo. Esse quadro também se repete na Q3.2, quando um percentual superior a 56% dos participantes expressaram de forma isolada a zona quântica (1). Já a questão Q3.3 apresenta um panorama um pouco distinto, pois a soma (1) foi apresentada por pouco mais de 31% dos respondentes de maneira isolada. Tais observações deverão ser discutidas no próximo capítulo, no qual os motivos e hipóteses que explicam essas ocorrências serão apresentados.

Na sequência tem-se a análise das respostas dos participantes para as questões Q3.4, Q3.5, Q3.6 deste experimento (Figura 25).

Figura 25 - Estatística para as questões sobre o tubo de Geissler (B)

Questão 3.4

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	10	62,5	62,5	62,5
1	6	37,5	37,5	100,0
Total	16	100,0	100,0	

Questão 3.5

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	10	62,5	62,5	62,5
1	5	31,3	31,3	93,8
4	1	6,3	6,3	100,0
Total	16	100,0	100,0	

Questão 3.6

Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	9	56,3	56,3	56,3
1	6	37,5	37,5	93,8
5	1	6,3	6,3	100,0
Total	16	100,0	100,0	

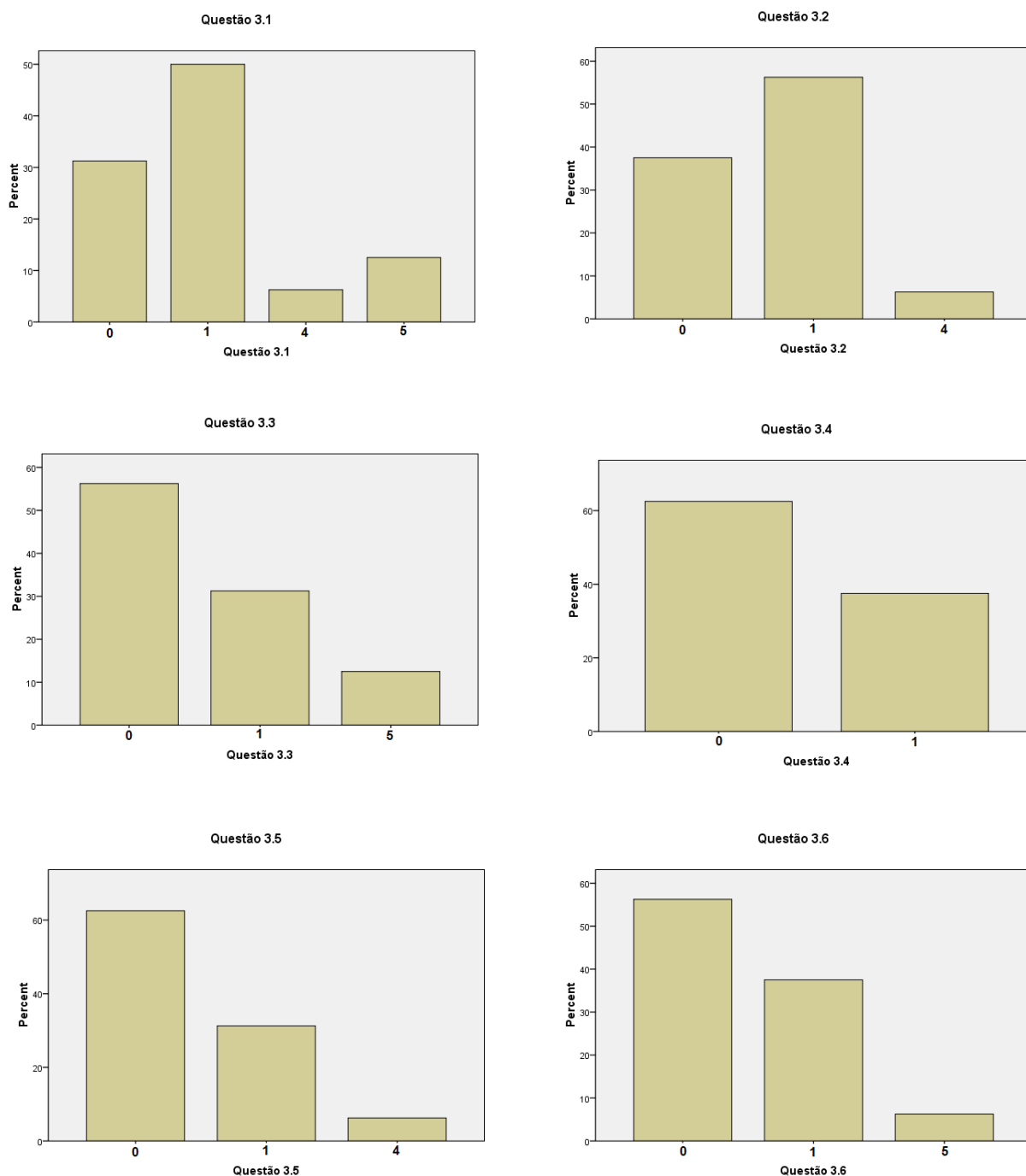
Fonte: Autor.

Os resultados da estatística descritiva para essas três questões (Q3.3, Q3.4, Q3.5) têm em comum os elevados percentuais de participantes que não empregaram nenhum dos estágios do perfil conceitual de átomo em suas respostas, obtendo o resultado (0). Nas duas primeiras questões esses valores são de mais de 62%, já para a última questão o percentual de alunos que obteve (0) superou os 56%.

Também foram parecidas as análises referentes ao percentual de alunos que obtiveram o valor (1), referente à utilização da zona quântica que foram de 37,5% para a Q3.4 e Q3.6 e de 31,1% para a questão Q3.5.

A seguir, podem ser observados os gráficos que sistematizam os resultados obtidos a partir da análise das respostas dadas pelos participantes às questões propostas para o estudo do terceiro experimento (Gráfico 7).

Gráfico 7 - Análise da ionização de gases em tubo de Geissler



Fonte: Autor.

Observando os resultados sistematizados no gráfico 7, é possível observar que para responder as questões Q3.1 e Q3.2, os participantes expressaram de maneira significativa a zona quântica (1), que resulta no perfil (1) e no perfil (5), presente na análise da Q3.1, chegando a percentuais de utilização da zona quântica que extrapolam o 50% dos respondentes.

Também é importante ressaltar que para Q3.1 e Q3.2 os percentuais de participantes que não expressaram nenhuma das quatro concepções que integram o perfil conceitual de átomo foram em torno de 30%.

Já os resultados sobre as questões Q3.3, Q3.4, Q3.5 e Q3.6 demonstraram que 50% dos estudantes não utilizaram concepções contempladas pelo perfil conceitual de átomo adotado no trabalho. Nestas questões também evidenciou-se um número considerável de participantes que expressaram a zona quântica e, por conseguinte, obtiveram o perfil (1).

Em todas as questões foram observados valores menos expressivos das somas (4) e (5), ambas resultado da utilização do estágio substancialista (4), de forma isolada quando o valor é (4) ou combinada à zona quântica, quando a soma é (5). Esta concepção, de forma isolada ou combinada, aparece em percentuais abaixo de 20% em todas as questões com exceção da Q3.4, cujas respostas dos alunos não expressaram a zona substancialista.

4.3.4. Resultados do experimento o estudo de uma lâmpada de vapor de sódio

A análise das respostas dos estudantes para o quarto experimento, o estudo de uma lâmpada de vapor de sódio não adotou a análise descritiva como método de análise, pois muitos estudantes não registraram suas respostas a respeito do experimento, sendo assim, poderiam estes resultados interferir de maneira prejudicial nas discussões sobre a evolução conceitual para o perfil de átomo dos participantes na pesquisa. Portanto, os resultados referentes a este experimento são apresentados de maneira discursiva.

Sobre este experimento, o caderno de experimentos contou com dez questões, entre estas dar-se-á ênfase para as Q4.6, Q4.7, Q4.9 e Q4.10, que poderão auxiliar a investigação sobre a evolução conceitual sobre o átomo, como pode ser visualizado abaixo.

As questões que não foram transcritas aqui, embora importantes para problematizar a realização do experimento não são tão pertinentes para a análise sobre a evolução conceitual dos perfis do átomo, por isso não são analisadas neste momento. Na sequência temos as transcrições das respostas dos alunos e as respectivas perguntas (Quadro 4).

Quadro 4 – Respostas dos alunos para as questões do quarto experimento

Questão	Participante	Resposta
Q4.6- O comprimento de ondas das linhas depende dos níveis energéticos ou dos níveis energéticos ou dos subníveis, ou ambos? Por quê?	CGS	<i>“Dos níveis energéticos. O comprimento de ondas equivale à frequência.”</i>
	CCS	<i>“Torna ele mais forte, ela vai depender dos subníveis”.</i>
Q4.7 - Após a realização do experimento com a lâmpada de sódio, classifique o espectro gerado em como um espectro de absorção ou de emissão e justifique sua resposta.	CIB	<i>“De absorção, pois mostra um local negro, mostrando assim que a cor foi absorvida no decorrer”.</i>
	CGJ	<i>“Espectro de emissão, pois é gerado por luz branca.”</i>
Q4.9: Qual modelo atômico explica melhor a formação das linhas espectrais observadas nesse experimento para a lâmpada de sódio? Por quê?	CGJ	<i>“Lei de Kirchhoff pois existe dois tipos de espectro”.</i>
Q4.10: Explique, sucintamente, a diferença entre um espectro de emissão e um de absorção.	CIB	<i>“Emissão: é aquele conseguido quando se faz luz branca. O de emissão é descontínuo. Absorção: espectro contínuo passa através de outro gás e causa presença de linhas escuras”.</i>
	CGJ	<i>Espectro de emissão – Promovido por luz branca. Espectro de absorção – Presença de luz escura.</i>

Fonte: Autor.

A partir da análise das respostas é possível perceber, entre os estudantes que responderam as questões, a adoção da linguagem científica para explicar os fenômenos observados, já que em algumas respostas os participantes utilizaram termos característicos das zonas científicas do perfil conceitual de átomo, como níveis energéticos e espectros, estes termos, de certa forma, indicam a utilização da zona quântica.

Observa-se, que à sua maneira, cada respondente buscou caracterizar os espectros eletromagnéticos de absorção e de emissão, mesmo que sem conseguir justificar a formação de cada um deles de acordo com os conhecimentos cientificamente aceitos.

4.3.5. Resultados para o experimento teorema de Koopman

Assim como ocorreu no experimento anterior, as respostas dos alunos para as questões propostas para o experimento do teorema de Koopman foram

analisadas a partir do estudo das respostas dos alunos sem lançar do recurso da estatística descritiva.

Para este experimento o caderno de experimento apresentou sete questões, para as respostas dos participantes foi realizada uma análise descritiva, a qual será relatada a seguir (Quadro 5).

Quadro 5 - Respostas dos alunos para as questões do quinto experimento

Questão	Participante	Resposta
Q5.1 - Que relação você espera entre o potencial de ionização dos elétrons mais externos e o tamanho da eletrosfera?	CGS	<i>“O tamanho da eletrosfera equivale à última camada de valência do elétron”.</i>
	CCS	<i>“Eles vão se relacionar, o potencial de ionização irá refletir na eletrosfera”.</i>
Q5.2 -Se na lâmpada de sódio, substituímos o sódio na câmara de alumina por hidrogênio, o que aconteceria com o brilho da lâmpada?	CCS	“O brilho não seria tão intenso”.
	CGS	“O espectro seria diferente”.
Q5.3 - O hidrogênio é um bom gás para uso em lâmpadas? Explique o porque.	CCS	“Sim, pois não seria tão forte a luminosidade quanto o sódio”.
	CGS	“Não porque o hidrogênio possui um elétron apenas na camada de valência”.

Fonte: Autor.

A partir das respostas dos participantes para estas três questões, foi possível generalizar a análise para os resultados deste experimento, mais uma vez a linguagem utilizada foi apropriada e os estudantes demonstraram ter acessado em suas respostas as zonas científicas do perfil conceitual de átomo, apesar de não terem, em algumas respostas, articulado de forma correta essas concepções para explicar de forma adequada os fenômenos discutidos.

Por exemplo, o participante CGS, indicou que a substituição do sódio na lâmpada por um composto de hidrogênio resultaria na observação de um espectro eletromagnético diferente, assim como o participante CCS, afirmou que essa substituição ocasionaria em uma lâmpada com brilho menos intenso. Nesse caso, ambas as respostas estão corretas à luz do conhecimento cientificamente aceito.

Sob esse prisma, pode-se afirmar que este experimento pode ser caracterizado como um recurso didático para propiciar a evolução conceitual sobre o perfil de átomo.

4.4. RESULTADOS DOS PÓS-TESTES

Especificamente sobre os resultados dos pós-testes, foram analisadas cada uma das questões considerando a categoria do perfil conceitual de átomo que a questão abordava preferencialmente. Portanto, as questões foram agrupadas em quatro domínios, cada um destes fazendo referência a uma das zonas do perfil de átomo.

Já análise desse teste iniciou-se a partir da atribuição de notas aos participantes referentes aos quatro domínios. Para tal, adotou-se uma parametrização correspondente ao número de questões que discutem cada zona do perfil conceitual. Por exemplo, como a zona sensorial possuía três questões no pós-teste, a soma das notas variou de zero a três, a zona substancial também teve três questões, logo essas notas variaram de zero a três, assim como a zona clássica que também teve três questões. Já a zona quântica, que possuía seis questões, teve notas variando de zero a seis.

Embora existisse um grupo de questões visando abordar cada zona do perfil conceitual do átomo, é claro que o mais aceito cientificamente tenha sido a adoção das zonas clássica e quântica, já as questões que integravam o grupo das questões sensorialistas e substancialista simplesmente buscaram detectar a frequência com que os alunos expressam esses tipos de concepções não científicas.

Fazendo um recorte sobre os resultados do pós-teste e analisando as questões que compunham os domínios sensorial e substancial, é imprescindível que seja feito o destaque sobre os elevados percentuais de participantes com notas “1”, mais de 40%, uma nota considerada baixa em domínios que possibilitavam a nota “3” como máxima. Ainda analisando o recorte formado por estes dois domínios, é evidente que o domínio sensorial, em que obtiveram nota “0” 9,7% dos alunos preocupa menos que o domínio substancial, cujo percentual de alunos com nota “0” superou os 22%.

Sobre os grupos de questões que integraram os domínios sensorial e substancial, é possível analisar a figura 26, que demonstra os resultados da análise realizada com o auxílio do software SPSS.

Figura 26 – Questões sensoriais e substancialistas no pós-teste

Domínio Sensorial				
Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	3	9,4	9,7	9,7
1	13	40,6	41,9	51,6
2	9	28,1	29,0	80,6
3	6	18,8	19,4	100,0
Respondentes	31	96,9	100,0	
Não respondentes	1	3,1		
Total	32	100,0		

Domínio Substancialista				
Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	7	21,9	22,6	22,6
1	15	46,9	48,4	71,0
2	5	15,6	16,1	87,1
3	4	12,5	12,9	100,0
Respondentes	31	96,9	100,0	
Não respondentes	1	3,1		
Total	32	100,0		

Fonte: Autor.

Sobre a análise das respostas dos participantes para as perguntas integrantes do domínio clássico do pós-teste, foi possível evidenciar que os estudantes, em geral, conseguem empregar a zona clássica para a resolução de problemas, haja visto que 40,6% dos respondentes acertaram todas questões deste domínio e 34,4% erraram somente um dos problemas.

Sobre o domínio quântico, este era formado por um número maior de problemas, ao invés de três, como nos outros domínios, seis questões formavam este grupo de questões. A análise das respostas das questões referentes ao estágio quântico do pós-teste indicaram que nenhum participante deixou de acertar ao menos uma das seis questões e que as notas mais frequentes entre os participantes, em geral, foram de “2” a “4”, isto é, dentro de uma faixa intermediária.

Abaixo são apresentados os resultados para os domínios clássico e quântico (Figura 27).

Figura 27 – Questões clássicas e quânticas no pós-teste

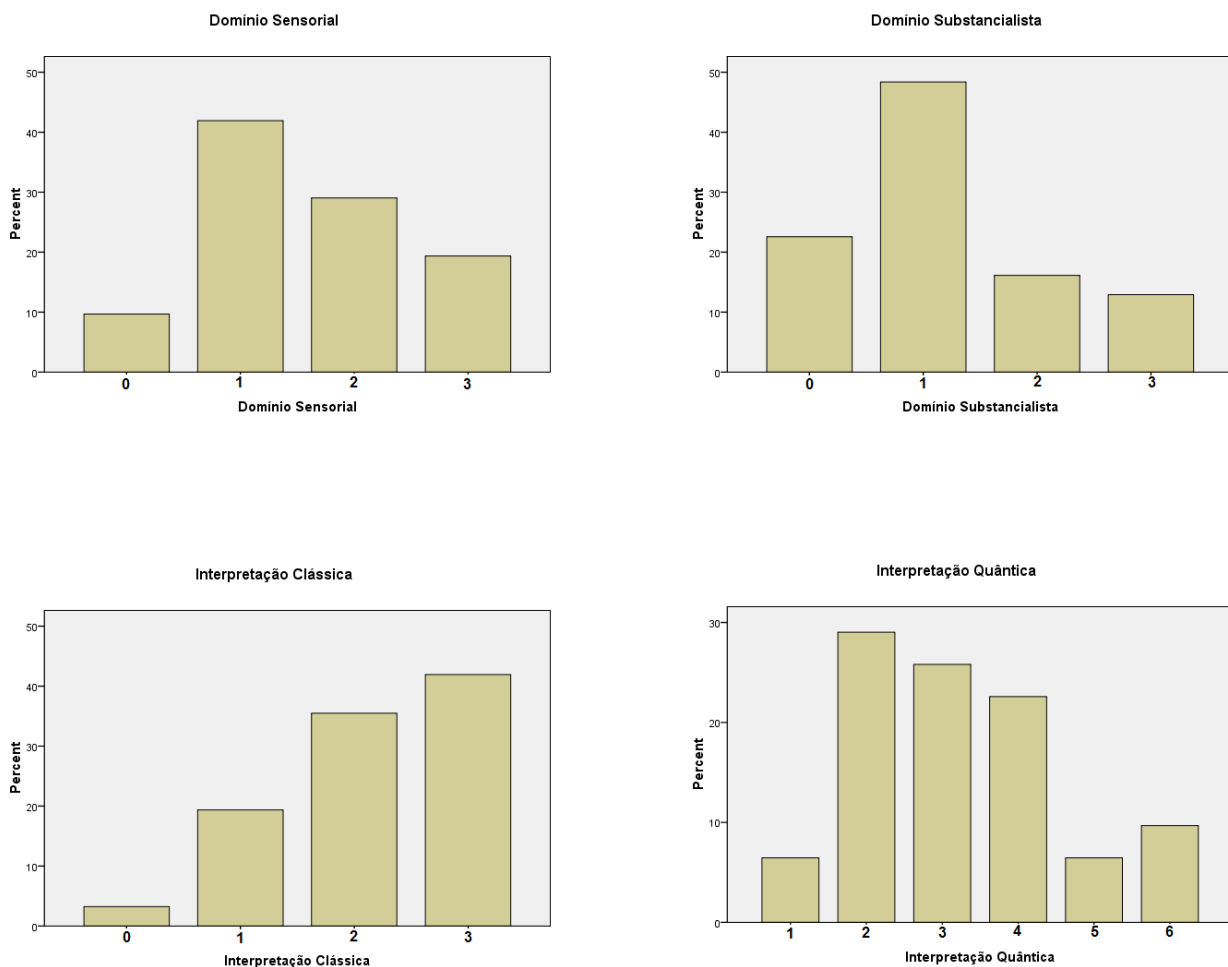
Interpretação Clássica				
Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
0	1	3,1	3,2	3,2
1	6	18,8	19,4	22,6
2	11	34,4	35,5	58,1
3	13	40,6	41,9	100,0
Respondentes	31	96,9	100,0	
Não respondentes	1	3,1		
Total	32	100,0		

Interpretação Quântica				
Perfil	Frequência	Percentual	% Válido	% Cumulativo
1	2	6,3	6,5	6,5
2	9	28,1	29,0	35,5
3	8	25,0	25,8	61,3
4	7	21,9	22,6	83,9
5	2	6,3	6,5	90,3
6	3	9,4	9,7	100,0
Respondentes	31	96,9	100,0	
Não respondentes	1	3,1		
Total	32	100,0		

Fonte: Autor

A sistematização dos resultados do pós-teste na forma gráfica demonstrou o desempenho dos estudantes nos quatro domínios que formaram este instrumento de coleta de indícios da evolução conceitual. Como os domínios sensorial, substancialista e clássico foram compostos por três questões, os gráficos destes domínios apresentaram categorias indicando de zero acertos até três acertos. Já o grupo de questões que abordavam o estágio quântico do perfil de átomo apresentava seis problemas, logo este gráfico foi construído com categorias de zero até seis acertos, conforme pode ser observado a seguir (Gráfico 8).

Gráfico 8 – Análise das respostas do pós-teste



Fonte: Autor.

Observando o gráfico 8 é possível inferir que os resultados dos problemas referentes ao estágio sensorial, indicaram a distribuição de mais de 90% dos estudantes entre as notas de “1” a “3”. Quanto ao estágio substancial, há um percentual bastante elevado de estudantes que não acertou nenhum destes problemas. Sobre o estágio clássico, é perceptível que o desempenho dos estudantes atingiu os objetivos esperados pela proposta. Para finalizar, o gráfico do estágio quântico demonstrou uma distribuição de notas dos estudantes, principalmente, entre as notas “2” a “4”, com cerca de 77% dos estudantes. Em torno de 10% dos participantes receberam a nota “6”, referente ao acerto de todas as questões e 6,5% com nota “1”.

5. DISCUSSÕES SOBRE A EVOLUÇÃO CONCEITUAL

Para possibilitar a reflexão sobre a ocorrência da evolução conceitual foi necessário avaliar os resultados sob a perspectiva do modelo de perfil conceitual, nesse sentido, buscou-se detectar, por meio dos instrumentos avaliativos adotados pela proposta, indícios que pudessem demonstrar o desenvolvimento de zonas mais sofisticadas para o perfil conceitual de átomo, como a zona clássica e a zona quântica, além disso, também foi analisada a superação das zonas não científicas do perfil de átomo, como a zona sensorialista e a zona substancialista. Também foi avaliado o desenvolvimento da tomada de consciência, isto é, a utilização da concepção adequada para cada situação ou contexto.

Diante desse parâmetro é que se realizou a discussão sobre os resultados obtidos pela análise dos diários da prática pedagógica, pelos pré-testes, respostas às questões contidas nos cadernos de experimento e nos pós-testes. Sendo assim, a seguir, são apresentadas estas reflexões e, posteriormente, uma avaliação elaborada a partir da convergência de todos estes resultados e discussões.

5.1. DISCUSSÕES SOBRE OS DIÁRIOS DA PRÁTICA PEDAGÓGICA

As observações registradas nos diários da prática indicam as diferentes atitudes de cada um dos grupos participantes no estudo, enquanto o grupo A, participou expressando uma atitude não tão positiva em relação às atividades. Os grupos B e C demonstraram maior interesse e disposição em aprender e colaborar com a proposta. Entretanto, é importante considerar que, durante a atividade experimental, a falta de registros e anotações, por parte do grupo B, referentes às observações pode ter influenciado tanto sobre os resultados da atividade experimental como sobre os resultados das demais atividades.

Sobre o grupo C, fica evidente a partir da leitura dos fatos observados, que este foi o grupo que participou com maior afinco do projeto como um todo.

5.2. DISCUSSÕES SOBRE OS PRÉ-TESTES

Os resultados obtidos pelo pré-teste após analisados deverão indicar a forma como os alunos concluintes do EM participantes do estudo empregam as

diferentes concepções sobre o átomo, isto é, como se apresenta o perfil conceitual de átomo destes sujeitos em um período anterior ao da participação nesse projeto.

Nesta etapa, cada aluno pode ter empregado mais de um estágio ao responder determinada situação, isso obriga a análise a ser feita individualmente para cada uma das quatro situações.

O estágio sensorial do perfil do átomo, cuja zona foi empregada por um percentual considerável de alunos para a explicação da situação 3, consiste na negação da existência de partículas atômicas. Diante de tal constatação é importante lembrar que a superação dos pensamentos de ordem sensorial envolvem uma ruptura de natureza ontológica, pois as concepções sobre a matéria que envolvem o obstáculo sensorialista são consideradas pré-científicas. Essa ruptura exige o esforço do professor, no sentido de modificar a natureza do pensamento dos alunos sobre o átomo.

No que diz respeito ao estágio substancial do perfil conceitual de átomo, a utilização dessa zona obteve percentuais elevados, acima de 50%, na situação 2, assim como teve um percentual relevante na situação 4, cerca de 35%. Portanto, assim como a zona sensorial, a zona substancialista foi bastante empregada para as respostas do pré-teste, cabendo ao professor mediar a evolução conceitual, no sentido de superar essas concepções não-científicas.

É possível, também, constatar que nas três primeiras situações, a concepção quântica não foi utilizada em percentuais consideráveis enquanto a concepção clássica foi amplamente utilizada, o que indica certo rigor científico, por parte dos estudantes, nas explicações sobre os fenômenos discutidos. Estes resultados devem ser vistos de maneira positiva, pois tais situações não apresentavam fenômenos que exigissem a utilização do estágio quântico do átomo e poderiam ser cientificamente explicadas a partir da concepção clássica do átomo. Isso pode ser interpretado como produto das aprendizagens desenvolvidas nos anos finais do ensino fundamental e no decorrer do ensino médio nas disciplinas de ciências e química, que enfatizam a zona clássica do perfil do átomo.

Entretanto, a quarta situação, referente à luminescência em pulseiras de festas, deve ser explicada segundo a concepção quântica do átomo, ainda assim, menos de 30% dos alunos adotou essa concepção para explicar tal fenômeno. Este resultado deve ser encarado como um indício da necessidade de propiciar aos alunos condições que maximizem a tomada de consciência sobre o estágio quântico

do átomo. Logo, a zona quântica emerge como o estágio de perfil de átomo mais fragilizada entre as concepções ditas científicas, exigindo do professor e dos estudantes um maior esforço visando a evolução conceitual dos sujeitos da aprendizagem.

5.3. DISCUSSÕES SOBRE OS CADERNOS DE EXPERIMENTOS

5.3.1. Discussões sobre o teste de chama

Em geral, pode-se dizer que o experimento do teste de chama foi capaz de potencializar a evolução conceitual dos participantes da pesquisa sobre a noção de átomo. Já que, a concepção quântica, o estágio cientificamente mais aceito do perfil de átomo, se apresentou de maneira mais frequente nas resoluções dos problemas propostos por meio do caderno de experimentos. A não adoção, em termos consideráveis, da zona sensorialista também pode ser considerado um indício da evolução conceitual nos participantes da pesquisa.

É claro que o fato de um percentual maior de alunos evidenciar a zona quântica do perfil e a não utilização da zona sensorial, não indica diretamente a ocorrência da evolução conceitual, para que se possa afirmar isso com propriedade, é necessário discutir também a questão da tomada de consciência.

Por exemplo, a Q1.5 “*Que cátions metálicos da lista estão presentes na substância-problema, dentre os listados na tabela?*”, não obteve muitas respostas que adotassem o estágio quântico do átomo e considerando o fato de que esta pergunta não exigia a adoção dessa zona do perfil conceitual, pode-se inferir que a tomada de consciência ocorreu na maioria dos alunos.

Contudo, o fato de um percentual relevante de alunos adotarem a concepção substancialista para explicar as questões Q1.3 deve servir de alerta para que essa concepção seja trabalhada e superada por concepções mais desenvolvidas para o átomo.

5.3.2. Discussões sobre a parte visual do espectro eletromagnético

As reflexões sobre os resultados obtidos a partir da análise das respostas dos participantes para as questões do caderno de experimentos sobre o experimento da

parte visual do espectro eletromagnético indicam que a concepção quântica foi amplamente utilizada. Entretanto, as questões apresentaram combinações de estágios bastante particulares, logo aqui será realizada uma reflexão sobre as tendências observadas na sistematização gráfica sobre os resultados da análise do experimento.

Começaremos pela Q2.1, que apresentou como resultado um elevadíssimo percentual de estudantes que expressaram a soma 1, que indica a zona quântica do átomo, nesse contexto fica claro que estes alunos apresentaram indícios da evolução conceitual ao utilizarem em grande medida a concepção mais aceita pela ciência. Cabe a ressalva de que a zona clássica não foi empregada para explicar essa questão, logo os alunos que não utilizaram a zona quântica, adotaram concepções não científicas como o sensorialismo ou substancialismo ou até mesmo não apresentaram nenhum estágio do perfil.

Na Q2.2 devem ser encarados como um alerta os elevados percentuais da zona substancialista, pois essa zona do perfil conceitual está longe de ser eficiente para explicar quaisquer fenômenos discutidos nessa atividade.

Entretanto, cerca de metade dos respondentes não utilizaram nenhum estágio do perfil conceitual para explicar tal questão, fato também observado nas questões Q2.4 e Q2.5, para a explicação desses resultados, pode-se investigar se a questão foi capaz de exigir uma explicação que adotasse alguma concepção presente no perfil de átomo. Também pode motivar a falta de utilização de estágios do perfil de átomo, a dificuldade para por em prática a tomada de consciência, que consiste em reconhecer em quais situações deve-se empregar uma determinada zona do perfil conceitual.

Analisando a Q2.4: *“Utilizando seu conhecimento sobre os modelos atômicos, produção de ondas eletromagnéticas e o conceito de potencial de ionização, explique as emissões de cor observadas durante os testes de chama”*.

É possível afirmar que tal questão exigia a utilização de concepções científicas sobre o átomo, logo a não expressão de nenhuma das zonas do perfil, nessas circunstâncias, indica a falta de tomada de consciência dos alunos, o que demonstra dificuldades na evolução conceitual desses estudantes.

Já as questões Q2.5 e Q2.6 propunham associações entre os espectros observados nos experimentos e as ondas de rádio de FM, logo para explicar tais questões não necessariamente os alunos precisariam empregar zonas do perfil conceitual de átomo. Devendo ser aceitos elevados percentuais de alunos que não adotaram nenhum estágio do perfil conceitual de átomo para responder tais questões.

5.3.3. Discussões sobre a ionização de gases em tubo de Geissler

A partir dos resultados obtidos na análise das respostas para as questões do experimento a ionização de gases em tubo de Geissler, foi possível realizar uma série de reflexões, as quais serão apresentadas, a seguir.

Quanto aos resultados das Q3.1 e Q3.2, pode-se afirmar que apresentaram fortes indícios da evolução conceitual dos perfis sobre o átomo dos respondentes. Essa afirmação é apoiada nos percentuais observados de estudantes que expressaram a concepção quântica para responder estas questões. Além disso, corrobora com essa afirmação, a baixa frequência com que as concepções não científicas foram utilizadas.

Já a análise das Q3.3, Q3.4, Q3.5 e Q3.6 tem em comum percentuais consideráveis de expressão da zona quântica, em torno de 30% indício de que alguns alunos tiveram a consolidação da zona mais sofisticada do perfil conceitual de átomo, contudo esse valor deve motivar maiores cuidados por parte do professor afim de fomentar um maior desenvolvimento deste estágio do perfil de átomo. Analisando as questões:

- ✓ **Q3.4:** *“Use o modelo atômico de Bohr para explicar a natureza das diferenças de cores entre as linhas espectrais observadas”.*
- ✓ **Q3.5:** *“Como são produzidas as linha $H\alpha$ e $H\beta$ pelo hidrogênio quando sofre uma descarga elétrica a baixa pressão? Pense no modelo atômico de Bohr que foi feito exclusivamente para esse átomo”.*
- ✓ **Q3.6:** *“Explique, com suas palavras, como se dá a formação do espectro que foi observado para o hidrogênio neste experimento a partir da aplicação da energia elétrica do tubo”.*

A leitura das questões evidencia que as respostas a essas questões deveriam englobar concepções, principalmente, pertencentes ao estágio quântico do perfil de átomo, não devendo ser consideradas adequadas respostas que fogem às concepções científicas como por muitas vezes foram apontadas nos resultados.

Portanto, há que se fazerem algumas ressalvas diante desses resultados. Em primeiro plano, a evolução conceitual de um perfil conceitual é um processo reconhecidamente demorado, logo é aceitável que, de início, os participantes tenham dificuldades em expressar as concepções mais aprimoradas do perfil, mesmo que tenham tido oportunidade de tornar estas mais consolidadas e que tenham desenvolvido seus perfis sobre o átomo. Também, é importante considerar que a linguagem utilizada nestas questões explicitou em diversos momentos o formalismo científico, o qual os participantes, embora concluintes de ensino médio, não estavam tão acostumados a adotar. Por fim, é possível inferir que a evolução tenha demonstrado certa fragilidade, a partir destes resultados.

Sobre essas ressalvas cabe a reflexão, a proposta como foi desenvolvida não tinha a pretensão de propiciar a evolução conceitual de forma absoluta, mas sim reconhecer um método de potencializar esta evolução. Claro que para maximizar estes resultados a proposta deve ser desenvolvida de forma contínua, até para possibilitar a tomada de consciência mais efetiva por parte dos sujeitos.

No que se refere à linguagem adotada, acredita-se que ao não apresentar a linguagem científica adequada o professor estaria prejudicando aos alunos na compreensão de como verdadeiramente se estuda a ciência e como que menosprezando a capacidade cognitiva dos estudantes.

É importante que esses resultados sejam levados em conta durante a fase da reelaboração da proposta, para que estas dificuldades sejam consideradas e possam ser superadas em novas implementações da proposta.

5.3.4. Discussões sobre o estudo de uma lâmpada de vapor de sódio

Um dos objetivos da realização deste experimento era propiciar ao estudante elementos para que ele, enquanto sujeito da aprendizagem, estabelecesse relações entre os espectros eletromagnéticos observados e os modelos atômicos, contudo nesse experimento, por meio das respostas obtidas, foi possível evidenciar que essa relação não foi demonstrada pelos participantes.

Pode ser observado que a linguagem utilizada pelos estudantes nas respostas analisadas apresentou várias características da utilização de zonas científicas do perfil conceitual de átomo. Por exemplo, palavras como “níveis energéticos”, “subníveis”, “espectro de absorção” são fortes indícios do emprego da zona quântica do átomo para explicar as situações propostas. Entretanto, o emprego da linguagem característica da concepção quântica do átomo, não garante a plena ocorrência da evolução conceitual. A análise das respostas indicou que em alguns casos os estudantes não chegaram a articular as respostas de forma cientificamente aceita.

Em síntese, há indícios suficientes para que o experimento do estudo de uma lâmpada de vapor de sódio seja considerado um recurso didático capaz de propiciar a evolução conceitual dos estudantes sobre o átomo. Contudo, diante do quadro de resultados apresentados, deve-se ter cautela, pois ainda não é possível estabelecer uma relação explicativa entre a utilização do experimento para fins didáticos e a evolução conceitual dos alunos.

5.3.5. Discussões sobre o experimento teorema de Koopman

Em um primeiro momento, é possível afirmar, diante das respostas dos participantes às questões propostas para o experimento do teorema de Koopman, que este experimento pode auxiliar ao professor e aos estudantes na busca pela evolução conceitual sobre o perfil conceitual de átomo. Corroborando com essa afirmação, as respostas analisadas e consideradas adequadas ao conhecimento cientificamente aceito. Em um segundo momento, constatou-se que mais uma vez a linguagem utilizada pelos participantes indica características particulares das zonas científicas do perfil de átomo.

Neste experimento muitos alunos não registraram suas respostas para as questões propostas, provavelmente uma decorrência de esse ser a última atividade experimental que compunha a proposta, com isso não é possível explicar com muitos detalhes a relação entre a adoção deste experimento como recurso didático e a evolução conceitual dos estudantes sobre o átomo. Deixando assim alguma margem para a realização de novas investigações que busquem estabelecer claramente a relação entre o experimento do teorema de Koopman e a evolução conceitual sobre o perfil de átomo.

5.4. DISCUSSÕES SOBRE OS PÓS-TESTES

A análise dos resultados dos pós-testes realizados pelos participantes após a intervenção didática teve por finalidade de propiciar a triangulação entre os métodos de coleta de dados, visando validar os resultados desta pesquisa. Em um vértice, usaram-se como fonte de dados as respostas dos alunos aos problemas contidos no caderno de experimentos em uma análise que combinou métodos qualitativos e quantitativos. Em outro vértice, estavam as respostas dadas aos problemas fechados contidos no pós-teste, analisadas via métodos quantitativos. Como produto desta combinação de métodos e estratégias de investigação buscou-se obter resultados que evidenciassem, de forma válida, a evolução conceitual dos alunos perante a proposta de ensino.

O grupo de questões que integravam o domínio sensorial era formado por três questões. Sendo assim, as notas mais próximas de “3” indicaram a superação da zona sensorial, enquanto notas próximas a “0” indicaram dificuldades em superar ideias características do estágio sensorial do átomo, que implica em negação a ideia de átomo e negação à ideia de descontinuidade da matéria. Embora, cerca de 51% dos participantes tenham obtido notas entre “2” e “3”, a nota “1” foi obtida por de 41,9% dos estudantes. Esse valor, não desabilita a ocorrência da evolução conceitual, demonstrada pelos resultados dos cadernos de experimento, contudo indicam a necessidade de consolidar a superação das zonas não científicas do perfil conceitual de átomo.

Quanto ao domínio substancialista, os resultados do pós-teste e dos cadernos de experimentos convergiram para o mesmo cenário, mesmo após a intervenção didática este estágio do perfil conceitual de átomo permaneceu sendo bastante adotado pelos estudantes. Evidenciando que o desenvolvimento de concepções mais avançadas do perfil conceitual de átomo, como as zonas clássica e quântica, não garante que as concepções não científicas sejam abandonadas automaticamente.

Sobre o domínio clássico, 77,4% dos estudantes apresentaram notas entre “2” e “3”, essa última que foi a máxima possível para este grupo de questões. Indício de que a concepção clássica está fortemente consolidada entre os concluintes do EM. Fato positivo, já que esta concepção é a mais discutida e abordada durante a EB. Aqui também se demonstrou a convergência entre os resultados dos cadernos

de experimentos e dos pós-testes. Logo, o estágio clássico do perfil conceitual de átomo parece estar longe de ser o mais problemático.

Por fim, o domínio quântico, formado por seis questões, com notas que oscilaram de “0” a “6”, apresentou relativa divergência entre resultados dos cadernos de experimento e do pós-teste. Apesar de que 77,4% do grupo de participantes tenham obtido notas entre “2” e “4”, valores longe de serem aterradores, estes desempenhos não pode ser considerados satisfatórios, assim como não devem invalidar a evolução conceitual constatada na análise das respostas para os cadernos de experimento. Argumentam em favor dessa afirmação, os resultados do pós-teste avaliados individualmente por cada um dos grupos. Por exemplo, se analisarmos os resultados de cada grupo para a questão 10 (Tabela 6)

Tabela 6 – Desempenho na questão 10 do pós-teste por grupos

Grupo	Respondentes	Acertos
A	11	11
B	7	0
C	10	3

Fonte: Autor.

Por meio da análise do desempenho dessa questão e da rediscussão do relato produzido pelo pesquisador via diários da prática pedagógica, é possível explicar tamanha discrepância de resultados entre cada grupo de participantes.

É perceptível que, principalmente no pós-teste, o desempenho do grupo C destacou-se frente aos demais grupos. A seguir, tem-se a análise do desempenho dos participantes sobre a questão 5 do pós-teste, integrante do domínio clássico (Tabela 7).

Tabela 7 – Desempenho na questão 5 do pós-teste por grupos

Grupo	Respondentes	Acertos
A	11	6
B	7	2
C	13	8

Fonte: Autor.

Embora, os resultados obtidos pela análise dos cadernos de experimento tenham sido semelhantes entre os grupos. Os resultados produzidos por meio do pós-teste evidenciaram um nível distinto de evolução conceitual, em cada grupo, cujas variáveis não cabem ser discutidas neste trabalho. Possivelmente motivados por uma relativa falta de comprometimento por parte dos grupos A e B, o que não chegou a trazer consequências detectáveis para as respostas dos cadernos de experimento, mas foi evidenciado pela triangulação dos métodos de coleta de dados.

Aqui também se evidenciou a importância da triangulação dos métodos de coleta de dados, pois quando empregadas questões abertas, o nível de evolução conceitual demonstrou-se semelhante entre os grupos, já após a comparação com os resultados do pós-teste foi possível evidenciar que estes resultados apresentaram algumas distinções.

Há que se fazer uma ressalva, embora a tendência apresentada no pós-teste tenha indicado um desempenho mais próximo ao ideal por parte do grupo C, em algumas questões os grupos A e B superaram o primeiro, em acertos. Como é o caso da questão 8, constituinte do domínio de questões quânticas no pós-teste (Tabela 8).

Tabela 8 – Desempenho na questão 8 do pós-teste por grupos

Grupo	Respondentes	Acertos
A	10	8
B	7	7
C	13	8

Fonte: Autor.

Logo, é possível, sim, generalizar os resultados da pesquisa para os três grupos como um todo, contudo é necessário observar que provavelmente o desempenho dos grupos poderia ter sido ainda mais satisfatório. A importância desta observação está em demonstrar ao estudante, o quanto a sua participação efetiva nas atividades de ensino são prerrogativas para a sua aprendizagem.

Para Tardif e Lessard (2014), não é fácil a tarefa de coordenar os objetivos traçados para a escola junto ao sistema escola e perante aos atores participantes dessa realidade. É preciso gerenciar esse complexo conjunto de variáveis e atores para o mesmo fim. Transpondo essa observação para o contexto da pesquisa, o grau de comprometimento do aprendiz, assim como, fatores relacionados ao papel do professor, aos materiais didáticos adotados, é um fator preponderante para a ocorrência da evolução conceitual.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi realizado visando investigar como as atividades didáticas baseadas em experimentos podem potencializar a evolução conceitual sobre o assunto dos modelos atômicos, tendo como problema de pesquisa, "como e em que medida a experimentação pode potencializar a evolução do perfil conceitual sobre o átomo em estudantes concluintes do Ensino Médio?" essa investigação foi realizada a partir da proposição de projeto de ensino contendo algumas atividades didáticas, entre elas, uma atividade formada por diversos experimentos, todos voltados ao ensino sobre os modelos atômicos.

A implementação dessa atividade se deu em uma escola de EB e teve como público alvo alunos concluintes do EM. Como frutos desta investigação surgem algumas afirmações, questionamentos, indagações e perspectivas de novos estudos.

6.1. REFLEXÕES SOBRE A PESQUISA DO PROFESSOR

Inicialmente, é necessário reafirmar a importância da realização da pesquisa por parte do professor de educação básica, mais precisamente, pesquisas desenvolvidas no âmbito escolar, que tenham como problemas de pesquisa, dilemas surgidos no cotidiano desse profissional. Só assim, haverá uma aproximação entre o meio acadêmico e o meio escolar, algo tão necessário para que seja possível superar as contradições encontradas entre a realidade de nossas escolas e a produção acadêmica sobre educação.

Espera-se por meio deste trabalho ter demonstrado evidências da riqueza do que é o ensinar e como o professor tem um papel imprescindível nesse processo. Um professor que não reflete sobre sua prática perde a oportunidade de se aproximar da forma como os alunos aprendem e pode, por conseguinte, perpetuar estratégias de ensino que não correspondem as mais produtivas à aprendizagem dos alunos.

A partir dessa e de outras produções, que cada vez mais as experiências cotidianas docentes sejam traduzidas em conhecimento formal que possa ser divulgado e acessado por seus pares.

6.2. OS PERFIS CONCEITUAIS EM SALA DE AULA

Sobre a adoção dos perfis conceituais como modelo teórico para discutir o ensino e a aprendizagem, há muito tem sido discutido essa questão, principalmente por autores que produzem conhecimento sobre educação, contudo não existem tantas produções ou relatos que levem em conta a realidade de sala de aula ou a experiência do professor. Portanto, esta pesquisa pode ser encarada como uma aproximação entre o modelo dos perfis conceituais e a sala de aula, uma contribuição no sentido de divulgar aos professores de Educação Básica a importância do trabalho docente realizado à luz de um referencial consolidado que oriente suas práticas.

Em relação à experimentação como meio para potencializar a evolução conceitual surgem diversos apontamentos possíveis, em um primeiro plano, pode-se perceber ao fim do trabalho o quanto a experimentação pode, de fato, ser um recurso didático capaz de propiciar a evolução conceitual. Provas disso são as análises feitas sobre o pré-teste, que indicaram baixos níveis de tomada de consciência acerca da zona quântica do átomo e percentuais consideráveis de alunos que expressavam zonas pré-científicas do perfil conceitual para explicar as situações propostas e a comparação desse cenário com a análise dos cadernos de experimentos e dos pós-teste que indicaram um percentual elevado de participantes adotando a zona quântica como argumento para explicar e responder as questões propostas após a intervenção de ensino.

Ainda sobre a evolução conceitual, ainda que esta tenha sido evidenciada durante a análise dos resultados, há que se fazer a ressalva do grau de utilização da concepção substancialista, por parte dos alunos, para explicar e discutir os fenômenos observados durante a atividade experimental, isto é um indício de que os alunos não abandonaram tal concepção mesmo após a intervenção didática.

Diante destes resultados, pode-se afirmar que a consolidação das zonas mais avançadas de um perfil conceitual não implica em um abandono automático das zonas pré-científicas do perfil. Acredita-se que aqui reside uma das principais contribuições desta investigação.

Sendo assim, o sensorialismo e o substancialismo, as zonas não científicas do perfil conceitual de átomo, deverão receber atenção especial durante o exercício de reformulação desta proposta de ensino. Para que se possa redesenhar a

proposta de ensino, visando superar as zonas não científicas do perfil, é importante ter em mente as ideias de Bachelard (1978) que estabeleceu uma relação entre o perfil epistemológico e a noção de obstáculo epistemológico, segundo este autor, as zonas mais primitivas do perfil podem configurar obstáculos epistemológicos. Logo, é preciso, durante a reelaboração da proposta, pensar como superar os estágios menos desenvolvidos do perfil de átomo.

Em acordo com Mortimer (1997), a ideia de perfil conceitual auxilia na compreensão da dinâmica evolutiva dos conceitos científicos e quando aplicada ao ensino pode possibilitar aos estudantes o entendimento entre as relações entre as definições conceituais oriundas do cotidiano e as concepções mais consolidadas pela ciência contemporânea. Pode-se afirmar que o modelo cumpriu as expectativas geradas pelo autor, pois a partir da pesquisa, aqui relatada, realizada sob a luz da noção de perfil conceitual, foi possível compreender as formas como as conceituações sobre o átomo podem ser desenvolvidas e quais cuidados devem ser tomados durante as atividades de ensino sobre o assunto.

6.3. UM OLHAR CRÍTICO SOBRE O TRABALHO

A expectativa era que os participantes ao desenvolver as zonas científicas, como a clássica e a quântica pudessem, por si só, abandonar os estágios não científicos do perfil conceitual de átomo, o que após a análise dos resultados não se confirmou. Esse fato pode ser encarado como uma exemplificação da importância da perspectiva da pesquisa-ação, pois a partir da avaliação dos resultados foi possível perceber uma lacuna na proposta de ensino e a partir disso é que acontecerá a reformulação das atividades didáticas.

Outra crítica pertinente ao trabalho foi o tempo de implementação da proposta, diante da grande quantidade de informações e observações a serem discutidas, percebeu-se a necessidade de um tempo maior para que os alunos pudessem participar de maneira mais intensa, contudo por questões circunstanciais do contexto escolar à época, não haveria outra forma de gerenciar o tempo de trabalho, ficando essa recomendação para uma próxima implementação da proposta. Por exemplo, a atividade experimental poderia ser implementada em duas partes, permitindo aos alunos tempo para realizar o experimento e realizar os registros necessários.

É importante salientar que embora a escola apresentasse grande espaço físico, a ausência de laboratório de ciências é um ponto a ser destacado, pois assim, a realização deste tipo de trabalho exige muito mais esforço por parte do professor. Já que, é necessário providenciar quaisquer materiais, desde uma vidraria, reagentes e outros aparatos necessários à realização de um experimento, o que pode ser considerado um empecilho diante da realidade do trabalho cotidiano do docente.

6.4.O PROFESSOR NA PERSPECTIVA DOS PERFIS CONCEITUAIS

Destaca-se aqui a importância do professor neste tipo de proposta de ensino, a experimentação por si só não potencializará a evolução das concepções dos estudantes, cabe ao docente mediar o processo de aprendizagem, orientando, dando ênfase àquilo que deve ser observado, respondendo questões e dúvidas dos alunos e auxiliando na realização do experimento. Mortimer (2000) definiu que o professor desempenha a função de conduzir os alunos à evolução conceitual:

Assim, os alunos passam de uma ideia contínua [...] para uma outra, de partículas redondas [...] e dessa para a ideia de partículas quadradas substancialistas que podem dilatar-se ou comprimir-se. [...] Mas o grande salto entre essas ideias e a concepção atomista, que admite a possibilidade de vazio entre as partículas só se dá através de algo que poderíamos chamar de coerção social, em que a voz do professor, através de um discurso de autoridade, se impõe como a voz científica. (MORTIMER, 2000, p. 334).

Nesse contexto, o professor tem o papel de possibilitar aos alunos a tomada de consciência, isto é, demonstrar aos sujeitos da aprendizagem que as diferentes concepções sobre conceitos científicos podem ser utilizados desde que nos contextos adequados.

Aqui encontra-se uma das maiores dificuldades neste trabalho, propiciar a tomada de consciência, já que os resultados indicaram que os alunos têm extrema dificuldade em saber quais concepções utilizar para explicar diferentes fenômenos.

Sobre as perspectivas, foi demonstrado no decorrer do trabalho, tanto a importância da realização deste tipo de investigação, por parte do professor, assim

como a grande demanda por produções que saiam da escola e vão à universidade. Portanto, é urgente a participação dos professores da Educação Básica na produção de conhecimento sobre Educação e principalmente sobre o Ensino. Corroboram com essa afirmação, as diversas perguntas as quais esse trabalho não pode responder, como, de que maneira o professor poderá fazer pesquisa sobre suas práticas em uma realidade cujas condições de trabalho são, por muitas vezes, inadequadas? Como o professor pode maximizar a tomada de consciência dos alunos? Qual a capacidade do modelo de perfis conceituais como norteador de atividades de ensino para outros conceitos diferentes dos já trabalhados? Enfim, muitas reflexões podem ser extraídas a partir do exercício de investigação aqui relatado e em nenhum momento a pretensão do trabalho foi de esgotar estas questões, mas sim propiciar elementos para futuros estudos que virão a refletir sobre tais questões. Segundo Lüdke (2001):

É preciso analisar essa questão no contexto amplo de desvalorização geral do magistério, com especial atenção ao rebaixamento gradativo dos salários dos professores, nas últimas décadas. Isso contribui para o desestímulo de qualquer esforço que represente um acréscimo à já atribulada rotina cotidiana do professor. [...] poderia talvez caber à dimensão administrativa dos estabelecimentos um cuidado[...], no sentido de estimular e valorizar o melhor aproveitamento possível dos recursos disponíveis para a realização de pesquisas por parte dos professores. (LÜDKE, 2001, p.95).

A partir desse estudo, Lüdke (2001) discute a relação entre o professor e a pesquisa e indica como conclusão a existência de inúmeros desafios visando tornar a pesquisa mais presente no cotidiano dos professores das escolas. Entre as contribuições da autora, uma que pode ser aplicada a esta pesquisa, é demonstrar que, infelizmente, ainda há uma distância larga entre a ótica acadêmica e a ótica voltada à realidade escolar.

Para finalizar, frente à consideração de que o professor deve exercer, ao lado do aluno, o papel de sujeito das ações de ensino e de aprendizagem, emerge a importância de que os docentes em atividade tenham acesso à formação continuada, pois somente a partir dessas oportunidades de troca de informações, experiências e de aprendizagens é que estes profissionais se tornarão mais capacitados e obterão excelência em gerenciar as questões voltadas à escola.

Assim como, aqueles que ainda não chegaram ao mercado de trabalho precisam ter acesso a uma formação inicial que realmente dê elementos para que estes possam atuar e ter condições de tornarem-se professores críticos e conscientes sobre a importância do seu ofício na sociedade atual.

REFERÊNCIAS

AMARAL, E. M. R. **Perfil conceitual para a segunda lei da termodinâmica aplicada às transformações químicas**: a dinâmica discursiva em uma sala de aula de química do Ensino Médio. 2004. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2004.

ANDRÉ, M. (Org.). **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. Campinas: Papirus, 2001.

ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**. Tradução Ricardo Bicca de Alencastro. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2012.

BACHELARD, G. **A filosofia do não**. São Paulo: Abril Cultural, 1978. (Coleção Os Pensadores).

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução Estela dos Santos Abreu. 1.ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BECKER, F; MARQUES, T. B. I (Org.). **Ser professor é ser pesquisador**. 2.ed. Porto Alegre: Mediação, 2010.

BISQUERRA, R., SARRIERA, J.C. & MARTINEZ, F. **Introdução à estatística**: enfoque informático com o pacote estatístico SPSS. Porto Alegre: Artmed, 2004.

BRASIL, Ministério da educação. **Diretrizes curriculares nacionais gerais da educação básica**. Brasília, 2013.

CHASSOT, A. I. Uma história da educação química brasileira: sobre seu início discutível apenas a partir dos conquistadores. **Epistême**, Porto Alegre, v. 1, n. 2, p. 124-145, 1996.

COUTINHO, F. A. **Construção de um perfil conceitual de vida**. 2005. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2005.

CRESWELL, J.W.; CLARK, V. L. P. **Pesquisa de métodos mistos**. Tradução Magda França Lopes. 2. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2009.

DUIT, R. On the role of analogies and metaphors in learning science. **Science Education**, v. 75, n. 6, p. 649-672, 1991.

ESKANDAR, F.; BAYRAMI, M.; VAHEDI, S.; ANSAR, V. The effect of instructional analogies in interaction with logical thinking ability on achievement and attitude toward chemistry, **Chemical Education Research and Practice**, v. 14, p. 566-575, 2013.

FELTRE, R. **Química**. 6. ed. São Paulo: Moderna, 2004.

FERNANDES, L. S.; CAMPOS, A.; MARCELINO, C. A. C. Concepções alternativas dos estudantes sobre ligação química. **Experiências no Ensino de Ciências**, v.5, n. 32, p. 19-27, 2010.

FOCAULT, M. **A verdade e as formas jurídicas**. Tradução Roberto Machado e Eduardo Morais. 3. ed. Rio de Janeiro: NAU, 2002. 160 p. Tradução de La vérité et les formes juridiques.

GIBBS, G. **Análise de Dados Qualitativos**. Tradução Roberto Cataldo Costa. 1. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 198 p. (Coleção pesquisa qualitativa).

GIORDAN, A.; VECCHI, G. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no Ensino de Ciências. **Química Nova na Escola**, n. 10, p. 43-49, 1999.

GIYNN, S. M. Teaching science with analogies: a strategy for teachers and textbook authors. **Reading Research**, Washington, n. 15, 1994.

GUIMARÃES, C. C., Experimentação no Ensino de Química: Caminhos e Descaminhos Rumo à Aprendizagem Significativa, **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 3, p.198-202, ago., 2009.

GÜNTHER, H. Pesquisa qualitativa versus pesquisa quantitativa: essa é a questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, n. 2, p. 201-210, mai./ago., 2006.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 299-313, 1994.

JOHNSON, R. B.; CHRISTENSEN, L. B. **Educational research**: quantitative, qualitative, and mixed approaches. Boston: Allyn and Bacon, 2004.

LISITA, V.; ROSA, D.; LIPOVETSKY, N. Formação de professores e pesquisa: uma relação possível? In: ANDRÉ, Marli (Org.). **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. 12. ed. Campinas: Papirus, 2012.

LÔBO, S. F. O trabalho experimental no ensino de química. **Química Nova**, São Paulo, v.35, n. 2, p.430-434, 2012.

LOPES, A. R. C. **Livros didáticos**: obstáculos aos aprendizado da ciência química. 1990. Dissertação (Mestrado em Educação) – Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1990.

LOPES, C. V. M.; SOUZA, D. O.; DEL PINO, J. C. Professor/a de Ciências Naturais e de Química: a busca de uma identidade. **Educação**, v. 52, n. 1, p. 153-167, 2004.

LÜDKE, M. (Coord.). **O professor e a pesquisa**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2009.

LÜDKE, M. A complexa relação entre o professor e a pesquisa. In: ANDRÉ, M. (Org.). **O papel da pesquisa na formação e na prática dos professores**. Campinas: Papirus, 2001. p. 27-54.

LÜDKE, Menga. **Desafios para a pesquisa em formação de professores**. Diálogo Educacional, Curitiba, v.12, n.37- p.629-646, set-dez. 2012.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: UFMG, 2000.

MORTIMER, E. F. Para além das fronteiras da química: relações entre filosofia, psicologia e ensino de química. **Química Nova**, v. 20, n.2, p. 200-207, 1997.

MORTIMER, E.F. Conceptual change or conceptual profile change. **Science & Education**, v.4, n. 3, p. 265-287, 1995.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A. C. F.; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, 2014.

PERRENOUD, P. **Dez novas competências para ensinar**. Tradução Patrícia Chittoni Ramos. Porto Alegre: Artmed, 2000.

PORLÁN, R.; MARTÍN, R. **El diário del professor: um recurso para la investigación em el aula**. Sevilla: Díada, 1991.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERZOG, W. A. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v.66, n.2, p.211-227, 1982.

POZO J.I.; CRESPO, M. A. G. **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Tradução Beatriz Affonso Neves. Porto Alegre: Artmed, 1998.

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

SAINT-ONGE, M. **O ensino na escola o que é e como se faz**. São Paulo: Loyola, 1999.

SANMARTÍ, N. **Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria**. Madrid: Síntesis, 2002.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceitual na sala de aula: um desafio epistemologicamente fundamentado**. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.

SCHÖN, D. **The reflective practitioner: how professionals think in action**. Nova York: Basic Books, 1983.

SILVA, F. A. R. **O perfil conceitual de vida: ampliando as ferramentas metodológicas para sua investigação**. 2006. 161 f. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

SILVA, B. L. da; ROSA, C. T. W. da. Atividades experimentais de Física: tendências nas pesquisas nacionais na área de ensino. In: Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia, 5, 2016, Ponta Grossa/PR. **Anais**. Ponta Grossa/PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. Disponível em: <<http://www.sinect.com.br/2016/down.php?id=3406&q=1>>. Acesso em: 5 abr. 2017.

TAHA, S. M. et al. Experimentação como ferramenta pedagógica para o ensino de ciências. **Experiências em ensino de Ciências**, v. 11, n. 1, 2016.

TARDIF, M.; LESSARD, C. **O trabalho docente: elementos para uma teoria da docência como profissão de interações humanas**. Petrópolis: Vozes, 2005.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18.ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**. São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.

VYGOSTSKI, L. S. **Obras escogidas**. v. 1, Madrid: Visor, 1991.

ZABALZA, M. A. **Diarios de clase**: un instrumento de investigación. Madrid: Narcea, 2004.

APÊNDICES

APÊNDICE A – CARTA DE ACEITE DA ESCOLA

De: Rodrigo Oliveira Lopes

Data:04/03/16

Para: Coordenadora do Instituto São José (Loery Scremin Quinto)

Venho por meio deste, solicitar à coordenadora do Instituto São José, Loery Scremin Quinto, a autorização para a implementação de atividades e respectiva coleta de dados, referentes ao trabalho de mestrado "O emprego da experimentação como recurso didático para o ensino de modelos atômicos".

O trabalho é realizado sob a orientação do professor Dr. Everton Lüdke e, de forma mais direta, sob a responsabilidade de Rodrigo Oliveira Lopes, aluno de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde, detentor da matrícula 201560051, na Universidade Federal de Santa Maria.

É importante salientar que, de forma alguma, haverá prejuízos aos alunos, pois o trabalho tem como grande objetivo desenvolver metodologias de ensino que venham a potencializar as aprendizagens dos alunos. Assim como, a pesquisa será realizada respeitando a ética estabelecida pela comunidade em pesquisas em educação e em ensino.

Sem mais para o momento, fico no aguardo de um retorno sobre esta solicitação e coloco-me à disposição para esclarecimentos adicionais que se fizerem necessários.

Atenciosamente

Rodrigo Oliveira Lopes
Professor de Educação Básica da Rede Pública Estadual do RS
Aluno de Mestrado no PPGE
Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde
Celular: (55) 91206099

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Loery", written over a horizontal line.

Ciente e de acordo com o disposto no ofício acima.
Coordenação do Instituto São José
Loery Scremin Quinto

Santa Maria, RS, 04 de Março de 2016.

APÊNDICE B - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Ciências Naturais e Exatas
Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Você está sendo convidado para participar do projeto “Modelo Atômico de Bohr: Uma abordagem espectroscópica”. Esse projeto integra o trabalho de mestrado do professor de química, Rodrigo Oliveira Lopes, sob a orientação do Prof. Dr. Everton Lüdke, no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde da Universidade Federal de Santa Maria.

As intervenções referentes ao projeto ocorrerão nas dependências do Instituto São José, no turno da tarde, coordenadas pelo professor Rodrigo Oliveira Lopes, tendo como público alvo os estudantes dos terceiros anos do Ensino Médio. Estas intervenções consistirão na implementação de um conjunto de atividades experimentais que visam propiciar uma evolução nas concepções sobre o Modelo Atômico de Bohr dos estudantes participantes do projeto.

Estas atividades serão implementadas em três etapas, a saber: Durante a primeira etapa, o professor buscará revisar o assunto dos modelos atômicos. Na segunda etapa, serão realizados os experimentos, os quais representarão o recurso didático principal nessa proposta. Por fim, na terceira etapa, o professor buscará reconhecer as aprendizagens desenvolvidas pelos estudantes.

Os estudantes participantes das atividades deverão concordar com a utilização de suas produções (textos e registros) para a avaliação do projeto. As identidades dos participantes na atividade, serão totalmente preservadas e quaisquer discordâncias dos estudantes em relação à utilização de suas produções, em qualquer momento da atividade, acarretarão na não utilização desse material pela pesquisa.

A relevância desse trabalho surge ao passo que o estudo sobre modelos atômicos se apresenta como um dos assuntos mais imprescindíveis para a compreensão do componente curricular química. Sendo assim, os estudantes têm uma grande oportunidade de aprendizagem sobre os assuntos trabalhados na atividade, já que poderão empregar e/ou visualizar experimentos os quais não seriam possíveis de serem realizados no cotidiano das instituições de Educação Básica.

X

Estudante

X

Responsável

APÊNDICE C – PRÉ-TESTE



INSTITUTO SÃO JOSÉ

Projeto de Química

Professor: Rodrigo Lopes

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____ / ____ / ____

- 1) A imagem abaixo trata-se de uma representação do Modelo Atômico proposto pelo físico neozelandês Ernest Rutherford. Nesta representação estão indicadas três regiões principais existentes no átomo, segundo esse modelo. Caracterize essas regiões e diga se nelas existem cargas elétricas e se apresentam massa ou não.



Região	Características
Região 1	
Região 2	
Região 3	

- 2) Em termos físicos, a fusão (derretimento) é um processo que ocorre quando a matéria passa do estado físico sólido para o estado líquido. Abaixo elencamos uma série de afirmações que podem explicar o fenômeno de fusão da água, indique aquelas que você julga verdadeiras e explique suas indicações.



- I – Cada uma das moléculas de água sofre derretimento devido o aumento da temperatura;
- II – O aumento da energia cinética das moléculas de água é uma das causas do derretimento;
- III – As moléculas de água no estado líquido estão menos organizadas e com maior agitação do que no estado sólido.

Estão corretas a(s) afirmação(ões):

Justificativa

- 3) O prego de aço é composto basicamente por ferro, substância que facilmente sofre oxidação quando exposto ao ambiente, processo que habitualmente chamamos de enferrujamento. Como explicar o aumento da massa na amostra de pregos após a formação da ferrugem?



- 4) A luminescência é um fenômeno apresentado por alguns materiais, que consiste na emissão de luz diante da exposição à luz negra, por exemplo. O brilho no escuro das pulseiras distribuídas em festas é uma ótima ilustração desse fenômeno. Explique como ocorre a luminescência utilizando seus conhecimentos sobre a matéria e o átomo.



APÊNDICE D – CADERNO DE EXPERIMENTOS

Universidade Federal de Santa Maria
CCNE - Departamento de Física
Programa FIEX/PROLICEN 2016
Registro GAP/CCNE N° 039511

EXPERIMENTOS DE ATOMÍSTICA

Nome:

Idade: Gênero: []M []F []LGBT

Data: ____/____/____

Experimento 1 - O teste da chama

Nesse experimento, vamos entender o fenômeno físico-químico chamado "teste da chama".

É uma experiência capaz de identificar elementos químicos presentes em uma amostra e também possibilita produzir fogo com cores diferentes, colocando sais de elementos químicos junto com o combustível ou diretamente ao fogo.

Lista de materiais:

- a) Metanol ;
- b) Cloreto de potássio em pó ;
- c) Cloreto de sódio em pó ;
- d) Cloreto de cobre em pó ;
- e) Cloreto de estrôncio em pó ;
- f) Uma rede de difração de 1000 linhas por milímetro;
- g) Vidros de relógio;
- h) Óculos de proteção para o operador;
- i) Um pacote de sopa industrializada.

Cloque os óculos de proteção. Acenda o fogareiro com um palito de fósforo ou isqueiro.

Enquanto a chama se estabiliza com a cor azulada típica, vamos conversar sobre a chama desses dois álcoois.

O etanol ou álcool etílico é um combustível renovável produzido pela fermentação e

destilação de materiais derivados de plantas e ricos em glicose, como cana-de-açúcar ou milho para o etanol e resíduos de madeira para o metanol. A temperatura da chama é consequência da liberação de energia térmica pela quebra de suas moléculas e a quantidade de energia por litro dessa substância depende principalmente das impurezas presentes. Na queima de metanol e etanol de alta pureza, verifica-se que possuem temperaturas máximas similares, sendo a temperatura de 1920 graus para o etanol e 1870 graus para o metanol.

Pelo fato do etanol se tornar vapor a uma temperatura um pouco maior que o metanol e pelo fato de poder ser produzido em maior quantidade a um custo bem menor, é escolhido para ser substituído da gasolina como combustível de veículos. A temperatura de volatilidade para o etanol é 14 graus centígrados. Assim, a a temperatura ambiente em um dia de inverno, precisamos iniciar a ignição do motor usado um pouco de gasolina que é armazenado em um reservatório em veículos com motor "FLEX" para aquecer as câmaras do motor para que o etanol vaporize formando uma mistura gasosa de oxigênio que pode sofrer ignição pelo centelhamento nas velas do motor. A temperatura mínima do etanol para que forme um gás que pode sofrer ignição espontânea sem a faísca da vela é bem mais baixa para o etanol que o metanol. Assim sendo, vapor de etanol pode sofrer ignição espontânea mesmo a temperatura ambiente.

Em geral, mesmo o etanol ou metanol puro são menos tóxicos que a gasolina e não apresenta compostos carcinogênicos - que podem produzir câncer - depois da sua combustão.

Reduza a iluminação da sala para apreciar melhor a coloração da chama, fechando as persianas ou cortinas.

Agora, coloque um pouco de cloreto de potássio sobre a chama. Como se modificou a cor da chama da lamparina ?

O metanol é um álcool muito perigoso e como todo o produto químico pode danificar os olhos, que devem ser protegidos com o óculos de proteção. Sua chama sob a luz do dia é quase invisível e a sua temperatura excede os 1600°C, de modo que a combustão é perigosa. Mesmos cuidados devem ser tomados quando se manuseia o etanol.

Por curiosidade, usa-se o gás butano que é

um alcano dentro dos bujões de cozinha para preparar alimentos. a temperatura de combustão do butano é cerca de 1430°C , o que explica a coloração branco-azulada das chamas dessas três substâncias.

Use sempre os óculos de proteção quando colocar as amostras na chama.

Agora continue o experimento queimando outros sais. Anote as cores observadas na tabela abaixo.

Use uma rede de difração para determinar as bandas ou faixas de cores dominantes do espectro, conhecidas como bandas proeminentes. Risque na tabela abaixo, as bandas proeminentes das cores violeta (VI), azul-celeste (AZ), verde (VE), amarelo (AM), laranja (LAR) e vermelho (VM).

Cátion	Cor da chama	bandas proeminentes
Sódio (Na^+)		VI AZ VE AM LA VM
Potássio (K^+)		VI AZ VE AM LA VM
Cobre (Cu^+)		VI AZ VE AM LA VM
Estrôncio (Sr^+)		VI AZ VE AM LA VM

Esse método é conhecido como teste da chama e permite avaliar a presença de elementos químicos pela presença dos cátions (íons de carga positiva) produzidos quando se queima a amostra.

Vamos escrever um pouco para responder as questões abaixo, onde você pode discutir outros conceitos dentro da técnica.

Questão 1.1 - Você já observou que muitos controles remotos e ponteiros de relógios, quando em ambientes escuros, apresentam como característica a propriedade de emitir luz. Como você explica esse fenômeno?

Questão 1.2 - Por que durante as queimas dos fogos de artifício ocorre a emissão de tantas cores e luzes diferentes?

Questão 1.3 - Por que a chama da substância-problema apresenta uma cor diferente daquela dos grãos azuis colocados

na chama ?

Questão 1.4 - Por que os íons metálicos que alteram a cor da chama azul são sempre cátions ou íons de carga positiva ?—

Pegue um pouco da substância-problema e coloque-os na chama.

Anote que cor é produzida e compare com as cores dos outros sais metálicos presentes nas amostras estudadas.

Questão 1.5 - Que cátions metálicos estão presentes na substância-problema, dentre os listados na tabela ?

Parabéns, você fez uma identificação da composição de uma substância desconhecida pelo teste da chama.

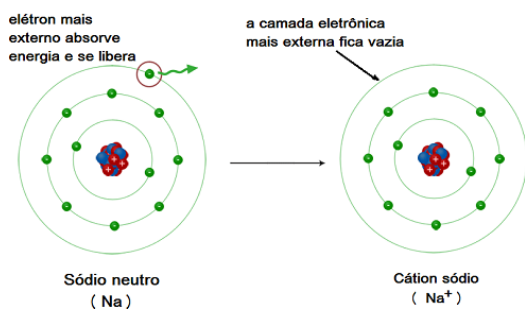
Esse é o objetivo dos trabalhos rotineiros de análise de compostos por químicos e cientistas, que empregam vários testes espectroscópicos para as mais variadas finalidades.

ANOTAÇÕES:

Experimento 2 - A parte visual do espectro eletromagnético

No experimento 1 vimos que o metanol queima com uma temperatura muito alta, e a quantidade de calor produzida nessa combustão remove o elétron da camada mais externa produzindo um cátion monovalente positivo e que pode aceitar um elétron para formar um átomo neutro novamente.

O mecanismo de formação de cátions é simples e está resumido na figura abaixo.



Quando um cátion monovalente captura um elétron livre, esse elétron salta de um estado muito externo para outro mais interno e libera energia na forma da produção de uma onda eletromagnética com frequência e comprimento de onda.

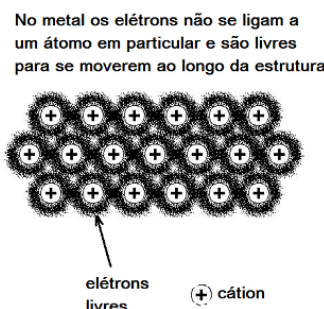
A energia necessária para remover esse elétron mais externo é chamada primeiro potencial de ionização, e é medido em uma unidade de energia especial chamada elétron-volt ($1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ Joules}$).

A maioria dos metais de transição da tabela periódica como o cobre, ferro, alumínio, etc. formará estruturas com seus cátions ordenados em espaçamentos regulares entre si, o que chamamos de estado de **matéria condensada**.

Os elétrons externos se superpõem e formam um imenso oceano de elétrons que podem se locomover livremente ao longo de toda extensão do metal.

Embora alguns metais sejam líquidos como o Césio e o Mercúrio, nos metais de transição que conhecemos no dia-a-dia, essa ligação é

extremamente forte e está esquematizada na figura a seguir:



Claro que as propriedades físicas dos cátions da tabela periódica variam muito dependendo aonde que se ligam e perdem as características da substância pura de origem. Por exemplo, o elemento sódio na forma metálica é muito perigoso, reativo e explosivo em contato com a água e o ar enquanto que na forma de ligação com o cloro, forma o sal de cozinha (NaCl) que podemos ingerir diariamente sem nos envenenarmos.

Em um pedaço de metal como o tungstênio, existem praticamente infinitos níveis de energia com infinitas distâncias de separação entre eles, de modo que elétrons e íons que absorvem calor e emitem ondas eletromagnéticas, o fazem em um número incomensurável de comprimentos de onda.

Como o olho humano não permite distinguir comprimentos de onda muito próximos entre si, enxergamos tudo como se fosse um borrão colorido.

Daí, temos uma banda colorida que se estende por todo a faixa visível do espectro eletromagnético.

Nesse experimento, vamos estudar as cores produzidas por uma lâmpada e determinar as suas frequências e comprimentos de onda.

O calor que sentimos quando aproximamos a mão de uma lâmpada incandescente se deve ao fato de uma boa quantidade delas ser emitidas no infravermelho, que são ondas eletromagnéticas que o olho humano não tem capacidade de perceber.

Das aulas de física, você deve lembrar que um nanometro (nm) corresponde a 10^{-9} metros, um micrômetro (μm) corresponde a 10^{-6} metros e um milímetro (mm) corresponde a 10^{-3} metros.

Na faixa visual do espectro eletromagnético, temos todas as ondas eletromagnéticas no intervalo entre cerca de 340 e 780 nm. Na faixa FM das ondas de rádio, temos comprimento de onda na ordem de 3-4 metros (88-108 MHz), onde $1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$.

Assim, as ondas eletromagnéticas podem existir em um enorme número de intervalos de comprimentos de onda, das ondas de rádio aos raios X e raios gama, passando pelo infravermelho, ultravioleta e microondas, cada um deles com aplicações específicas na vida moderna e interagindo das mais diversas formas com a matéria orgânica e inorgânica.

Materiais necessários:

- Uma lâmpada incandescente de filamento de tungstênio de qualquer potência;
- Um prisma ou rede de difração de 1000 linhas por milímetro;
- Fenda colimadora;

No experimento anterior, aprendemos como podemos usar a técnica da chama para verificar a presença de alguns cátions em substâncias desconhecidas.

Nesse experimento, iremos aprender como decompor a luz visível em componentes espectrais de cores.

Observe a figura abaixo e pegue a lâmpada de filamento de tungstênio e o prisma, colocando a fenda colimadora para produzir um feixe de luz em forma de linha.

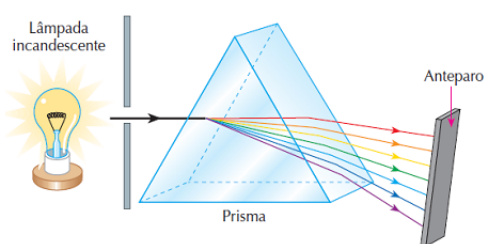


Figura 1: Uso de prisma para decompor a luz visível em componentes de cor.

Observe a luz e veja a sequência de cores. Note que existem cores em toda a extensão luminosa. Esse tipo de espectro, que existe em todos os comprimentos de onda se denomina **emissão contínua**.

Observe agora com o espectrômetro portátil e veja que existe uma graduação numerada,

onde o número representa o primeiro dígito em centenas de nanômetros (nm) e as subdivisões entre os números representam 10 nm. Assim, a marca que contém o número 5 indica uma onda eletromagnética de 500 nm. Uma onda que incide três marcas depois do cinco corresponde a 530 nm e assim sucessivamente.

Se as cores do arco-íris são violeta, azul, verde, alaranjado e vermelho, escreva abaixo qual seriam seus comprimentos de onda aproximados em nm, observando a luz branca emanada pela lâmpada incandescente. A cor violeta com comprimento de onda $410 \text{ nm} = 410 \times 10^{-9} \text{ m}$ possui uma frequência $f = c/\lambda$ dada pela divisão $f = 3 \times 10^8 / 4,1 \times 10^{-7}$ e o cálculo resulta em $7,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$, que completamos na tabela para você.

Componente de cor	Comprimento de onda (nm)	Frequência (Hz)
Violeta	410 nm	$7,3 \times 10^{14} \text{ Hz}$
Azul		
Verde		
Amarelo		
Alaranjado		
Vermelho		

A relação entre o produto do comprimento de onda λ e a frequência f de uma onda eletromagnética é dada pela fórmula:

$$\lambda f = c \quad \longrightarrow \quad f = \frac{c}{\lambda}$$

Aqui, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ é a velocidade da luz. Se λ for dados em metros, a frequência f é dada em Hertz (Hz) ou ciclos por segundo.

Calcule as frequências das cores em Hertz (Hz) e complete a tabela anterior.

A figura acima mostra uma onda eletromagnética, caracterizada por uma frequência f e um comprimento de onda λ , sendo que campos elétricos e magnéticos oscilam transversalmente à direção de propagação com a mesma frequência e comprimento de onda. Eles estão sempre em fase, quer dizer, quando

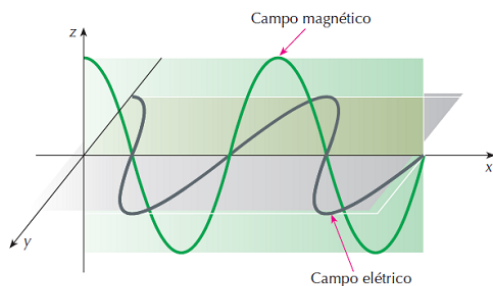


Figura 2: Esquema de uma onda eletromagnética. A distância em metros, milímetros, microns ou nanômetros entre os picos ou cristas é o comprimento de onda λ .

o campo magnético é máximo, o campo elétrico também o é. Ambos são mínimos em um mesmo ponto qualquer no espaço.

O processo de decomposição da luz produzida por substâncias aquecidas em ondas elementares de frequências mensuráveis por um espectrômetro como um prisma ou rede de difração é chamado *decomposição espectral da luz*.

Questão 2.1 - Como você interpreta a luz amarelada produzida por uma lâmpada incandescente em termos desse modelo de onda mostrado nessa figura ?

Questão 2.2 - Como você poderia usar o espectrômetro para determinar a natureza dos cátions com mais precisão que o simples teste da chama feito no experimento anterior ?

Questão 2.3 - Para você qual a principal diferença entre o espectro da luz branca e os espectros das substâncias estudadas no teste de chama?

Questão 2.4 - Utilizando seu conhecimento sobre os modelos atômicos, produção de ondas eletromagnéticas e o conceito de potencial de ionização, explique as emissões de cor observadas durante os testes de chama.

Questão 2.5 - Como você compara a decomposição espectral com o ato de sintonizar um canal de FM dentro da banda de

frequências de 88-108 MHz (megahertz) ?

Questão 2.6 - É possível enxergar ondas de rádio como de transmissores de televisão ou FM ? Explique sucintamente o porque.

ANOTAÇÕES:

Experimento 3 - Ionização de gases em tubo de Geissler

O tubo de Geissler foi inventado pelo físico alemão Johannes Heinrich Geissler em 1858, o qual inventou a técnica de manufatura de tubos que produzem luz colorida, como os anúncios luminosos de neônio. De fato, Geissler possuía uma fábrica desses tubos luminosos para entretenimento e nessa época as transições eletrônicas que produzem a emissão da luz pelo salto em níveis de energia da eletrosfera nem tinha sido descoberta. Bohr somente havia proposto seu modelo atômico para explicar as cores da luz produzidas pelo átomo de hidrogênio em 1913, ou seja, 55 anos mais tarde do primeiro tubo de Geissler ser vendido.

Esses tubos permanecem até hoje como uma ótima forma de identificarmos as características espectrais da luz produzida pelos átomos que compõem substâncias químicas, passando uma alta voltagem elétrica sobre vapores metálicos no vácuo ou em gases rarefeitos.

A figura 3 abaixo mostra o diagrama de análise e decomposição espectral da luz produzida por um tubo de Geissler.

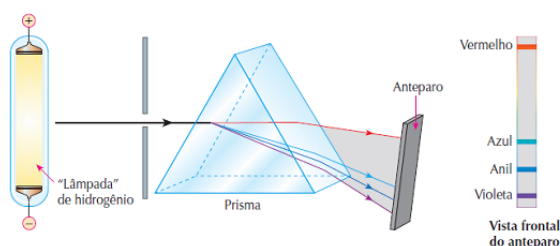


Figura 3: Esquema de análise da luz produzida por um tubo de Geissler com hidrogênio a baixa pressão. A linha de emissão vermelha em $\lambda = 656 \text{ nm}$ é a linha alfa (α) do hidrogênio. A segunda azul $\lambda = 486 \text{ nm}$ é a linha beta (β) e assim por diante para as outras linhas. As linhas H_α e H_β são as primeiras linhas da série de Balmer que é detectada na faixa visual do espectro eletromagnético.

Para esse experimento, temos os seguintes materiais:

- Uma caixa com uma abertura, onde se pode ver a luz produzida por um tubo de Geissler;
- Um tubo de Geissler contendo hidrogênio (H) já montado no lugar ;

O hidrogênio e o hélio são conhecidos como gases estelares, porque estrelas como o sol são formadas dele, em quase a sua totalidade.

Na realidade, o hélio foi descoberto na superfície do sol por análise espectroscópica bem antes de ser detectado na atmosfera terrestre. A cada milhão de átomos da atmosfera terrestre temos 784 mil moléculas de nitrogênio (N_2), 210 mil moléculas de oxigênio (O_2) e desse milhão, apenas 5 átomos são de hélio. Portanto, o hélio é um gás muito caro para ser produzido.

O nitrogênio é o gás mais abundante da atmosfera da terra, mas os seres vivos como os animais e o homem não o absorve pela respiração. Compostos nitrogenados chamados *aminoácidos* são usados para a manutenção das fibras musculares dos seres vivos e são obtidos pela ingestão de alimentos e não diretamente. É preciso que bactérias presentes nas raízes das plantas capturem o nitrogênio do solo e possibilitem sua absorção pelas plantas que alimentam os seres vivos.

Assim, esses três gases são muito importantes para manutenção da vida na terra, entre outros como o próprio oxigênio.

Ligue o botão na caixa para ligar a fonte de alta tensão que alimenta o tubo de Geissler.

Observe as cores da lâmpada e observe-as com o espectroscópio manual ou através da rede de difração no painel de vidro.

Ligue a lâmpada por uns 30 segundos e desligue pelo mesmo intervalo de tempo para preservar a sua durabilidade. Os tubos de Geissler esquentam bastante e nunca devem ser tocados para evitar queimaduras.

Questão 3.1 - O que você pode dizer sobre os espectros observados na descarga do hidrogênio ?

A linha H_α é a mais intensa e a linha H_β é a seguinte. Qual das duas é vermelha e qual é a azul ?

Questão 3.2 - Como o espectro do hidrogênio se compara com o espectro da luz branca da lâmpada incandescente ?

Questão 3.2 - Como você explica essas diferenças em termos da absorção de energia elétrica pelos cátions produzidos pela

passagem da corrente elétrica ? Lembre que o cátion do hidrogênio é um simples próton livre.

Questão 3.3 - Use o modelo atômico de Bohr para explicar a natureza das diferenças de cores entre as linhas espectrais observadas.

Questão 3.4 - Como são produzidas as linhas H_{α} e H_{β} pelo hidrogênio quando sofre uma descarga elétrica a baixa pressão ? Pense no modelo atômico de Bohr que foi feito exclusivamente para esse átomo.

Questão 3.5 - Explique, com suas palavras, como se dá a formação do espectro que foi observado para o hidrogênio neste experimento a partir da aplicação da energia elétrica no tubo.

Observe a luz da lâmpada e veja a sequência de cores. Note que agora não existem cores em toda a extensão luminosa, ao contrário do que foi visto na lâmpada incandescente.

Esse tipo de espectro, que existe somente em alguns comprimentos de onda fixos, mas não em todos os comprimentos de onda, se denomina **emissão discreta**.

ANOTAÇÕES:

Experimento 4 - Estudo de uma lâmpada de vapor de sódio

Como visto anteriormente, gases diferentes produzem quantidades diferentes de intensidade da luz produzida.

Isso significa que alguns gases não são bons para serem empregados para produção de lâmpadas elétricas, onde desejamos uma maior quantidade de luz por potência elétrica consumida.

Uma alternativa desenvolvida pelos cientistas para possibilitar iluminações de grandes áreas com um menor consumo de energia é a lâmpada de vapor de sódio, que iremos estudar nesse experimento.

Existem dois tipos de lâmpada de vapor de sódio. A lâmpada com gás de baixa pressão e a com gás de alta pressão. Vamos usar uma lâmpada de alta pressão que é o tipo de lâmpada vendido no Brasil.

Examine os elementos no interior de uma lâmpada de sódio e compare-os com uma lâmpada fluorescente ou uma lâmpada incandescente.

Questão 4.1 - Como a energia elétrica é conduzida à região da lâmpada ao vapor de sódio aonde a luz é efetivamente produzida ?

Questão 4.2 - Por que se usa o tungstênio que é um metal caro para lâmpadas incandescentes ? Não poderíamos usar alumínio, cobre, chumbo ou outro tipo de metal mais barato ? Qual é a explicação química para isso ?

Outro aspecto histórico interessante é que essa lâmpada foi inventada pelo ano de 1906 mas somente em 1980 pode ter sido comercializada em massa para uso em iluminação pública.

Isso se deve ao fato do átomo de sódio ser muito reativo (por ser um metal alcalino) e somente com a invenção da cerâmica baseada em óxido de alumínio pelo ano de 1962 foi possível confinar e preservar o gás de sódio ionizado mesmo após milhares de horas de uso.

Para esse experimento, temos os seguintes materiais:

- Um espectroscópio manual;
- Uma lâmpada de sódio de alta pressão com 70W ;
- Um reator para lâmpada de sódio, impermeável, para uso externo, contendo capacitor de filtro, transformador de 2,3 kV e ignitor de 45 kV ;
- Um soquete de porcelana com isolamento de 3 kV;
- Uma base de madeira MDF para construção do circuito ;
- Cabo de conexão na rede elétrica de 220 V;
- Uma chave de conexão liga-desliga.

Observe, na figura 4 a seguir, detalhes de construção de uma lâmpada de sódio.

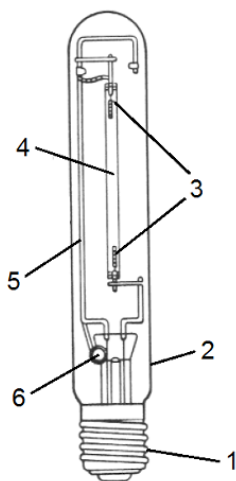


Figura 4: Esquema das partes internas que compõem uma lâmpada de sódio.

Vamos identificar os elementos internos da sua lâmpada de sódio, colocando os números da figura 4 nas respectivas denominações abaixo:

- Ampola exterior de vidro modelo T38
- Tubo de descarga de cerâmica (alumina=óxido de alumínio)
- suporte metálico
- anel coletor de íons residuais (ou estabilizador de vácuo)
- Rosca tubular modelo E27 para contato elétrico

() Eletrodos de nióbio para descarga elétrica

Note a parte espelhada interna na porção de vidro inferior da lâmpada. Sua presença indica que o vácuo está adequado que não há ar atmosférico no seu interior. Em caso da ampola estar trincada ou vazada, o ar atmosférico que entrou produz oxidação nessa porção espelhada, a qual se torna esbranquiçada, indicando que a lâmpada está danificada permanentemente.

Lâmpadas de sódio contém mercúrio e devem ser descartadas em lugar apropriado e não podem ser colocadas em lixo comum, para evitar poluição da natureza pelo mercúrio, que é um metal tóxico aos seres vivos.

Observe as conexões elétricas de alimentação da lâmpada, examinando o circuito que contem a lâmpada.

O reator (caixa cinza) produz uma tensão alternada de 2,3 mil volts (2,3 kV) que alimenta o pequeno cilindro que contem sódio metálico nas paredes do tubo e gás de mercúrio rarefeito. Esse pequeno cilindro central é feito de uma porcelana especial que resiste a altas temperaturas, pois sua temperatura de fusão é bem maior que o vidro.

Dentro da caixa do reator, temos um ignitor que gera pulsos de 45 kV e um capacitor para filtrar sinais de interferência que o ignitor produz quando gera esses pulsos. Quando a lâmpada acende, o ignitor se desliga automaticamente e somente o transformador de alimentação de 2,3 kV permanece funcionando para manter a ionização dos átomos de sódio dentro do cilindro interno de alumina.

Ao ligar a lâmpada de sódio, você deve perceber que a intensidade da luz é muito maior que uma lâmpada incandescente de mesma potência e que a lâmpada demora cerca de 3 minuto para funcionar a pleno brilho amarelo. Essa demora se deve ao tempo necessário para evaporar o sódio dentro do cilindro de alumina e ionizá-lo completamente.

Das características dessa lâmpada presente na embalagem, pode-se dizer que p fluxo luminoso é 6545 lm (lúmens) e a eficiência luminosa é cerca de 94 lm/W. O que esses números e unidades de medida significam para você ?

A temperatura de cor dessa lâmpada segundo o fabricante é 2000 K, o que equivale à cor de luz produzida que seria equivalente ao

aspecto luminoso de um pedaço de metal de alto ponto de fusão como o tungstênio (ponto de fusão igual a 3422°C) aquecido a essa temperatura.

Da Física, temos que a temperatura em graus centígrados ($T(^{\circ}\text{C})$) é obtido da temperatura em Kelvin ($T(\text{K})$) pela fórmula:

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273$$

A produção de uma intensidade luminosa maior para uma dada potência de lâmpada significa que podemos iluminar uma área muito maior com uma lâmpada de sódio de 100 watts, por exemplo, que com uma lâmpada incandescente que tenha a mesma potência.

De fato, medidas em laboratório mostram que a razão entre a intensidade da luz produzida a um metro de uma lâmpada incandescente dividido pela sua energia elétrica consumida por unidade de tempo é na ordem de 20. Para uma lâmpada de sódio de baixa pressão, esse número é dez vezes maior.

Assim, usa-se lâmpadas de vapor de sódio ou de mercúrio para iluminação pública e nunca se usa lâmpadas de filamento de tungstênio para esse fim.

Questão 4.3 - Mas por que essas lâmpadas possuem eficiências tão diferentes ?

Faça uma investigação científica com uma lâmpada de 60 W de filamento e a lâmpada de sódio de 70 W, usando o espectrômetro manual para observar os espectros, para buscar pistas de como responder a essa pergunta.

Questão 4.4 - Por que as lâmpadas de sódio e vapor de mercúrio de alto desempenho precisam de reator enquanto as lâmpadas incandescentes não ?

Questão 4.5 - Qual delas é mais adequada para a) iluminação doméstica em um apartamento ? E b) para iluminação pública ? Quais são os critérios de aceitação dessas duas formas de iluminação para cada uma dessas aplicações a e b ?

Usando o espectrômetro de mão, identifique as principais linhas de emissão dos átomos de sódio ionizados pela alta voltagem produzida pelo reator.

Usando um espectrômetro profissional, um cientista determina as seguintes linhas de emissão espectral em um tubo Geissler de alta qualidade contendo sódio de alta pureza.

	$\lambda(\text{nm})$	tipo de linha	transição
()	616	dubleto vermelho	$3p \rightarrow 5s$
()	589	dubleto amarelo	$3s \rightarrow 3p$
()	568	dubleto verde	$3p \rightarrow 4d$
()	515	dubleto ciano	$3p \rightarrow 6s$
()	498	dubleto azul	$3p \rightarrow 5d$
()	474	singleto violeta	$3p \rightarrow 7s$
()	467	dubleto violeta	$3p \rightarrow 6d$
()	454	dubleto violeta	$3p \rightarrow 8s$
()	449	dubleto violeta	$3p \rightarrow 4d$

Linhas singleto aparecem unitárias enquanto que linhas dubletos na realidade são duas linhas muito próximas que se parecem com uma única linha. Em geral, quando não se pode provar que a linha espectral é um dubleto por limitação técnica dos espectrômetros, ela é chamada automaticamente de singleto. A linha de emissão do sódio de baixa pressão é um dubleto. Se o vapor de sódio estiver a uma temperatura menor que a temperatura do gás que emite a luz, as linhas serão vistas em absorção. Caso contrário, serão vistas em emissão. Como na lâmpada de alta pressão temos mercúrio e sódio, o fato do mercúrio apresentar temperatura maior significará que o sódio apresentará absorção na linha de dubleto amarela.

Marque nos parênteses da tabela acima, as linhas que você detecta com o espectrômetro de mão.

Observe o diagrama de energias dos níveis e subníveis do átomo de sódio ionizado na figura 5.

Circule nesse diagrama, de onde saem e para onde chegam as transições eletrônicas que produzem o dubleto da linha amarela mais intensa do sódio, que caracteriza a luz produzida por esse tipo de lâmpada por ser a mais intensa.

Questão 4.6 - O comprimento de ondas das linhas depende dos níveis energéticos ou dos subníveis, ou ambos ? Por quê ?

Questão 4.7 - Após a realização do experimento com a lâmpada de sódio, classifique o espectro gerado em como um espectro de

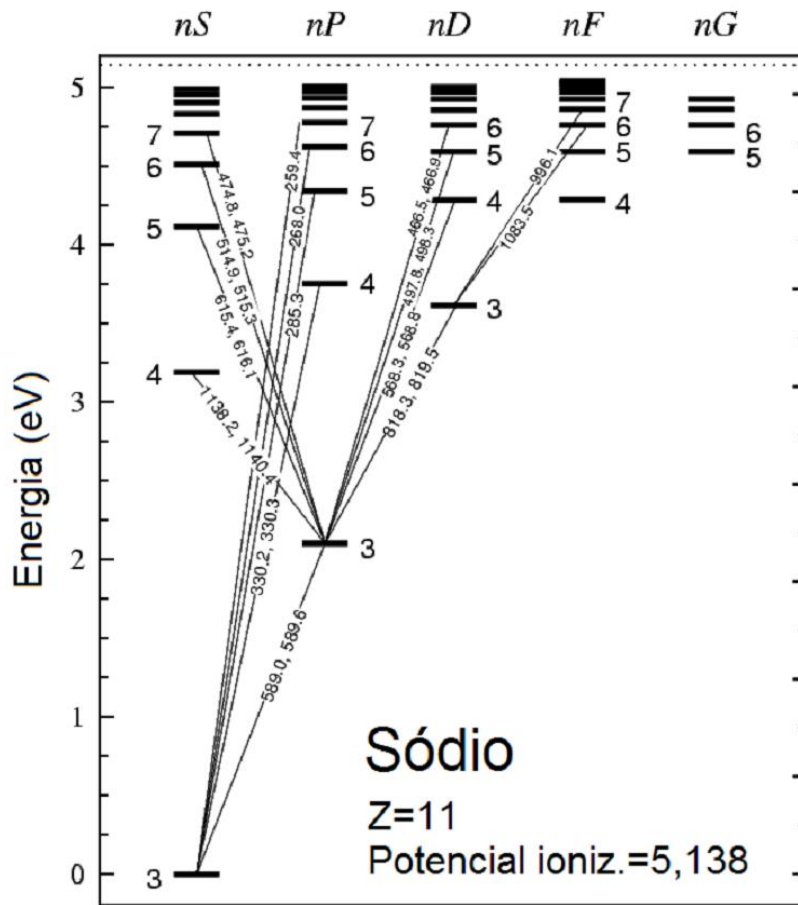


Figura 5: Diagrama de níveis e subníveis de energia do átomo de sódio ionizado, também chamado de diagrama de Grotrian. O elétron só pode chegar ao nível $3s$ por uma ou mais das trajetórias permitidas mostradas no diagrama.

absorção ou de emissão e justifique sua resposta.

Questão 4.8 - Haverá algum prejuízo ao meio ambiente, diante de um descarte incorreto da lâmpada empregada nesse experimento? Justifique sua resposta.

Questão 4.9 - Qual modelo atômico explica melhor a formação das linhas espectrais observadas nesse experimento para a lâmpada de sódio? Por quê?

Questão 4.10 - Explique, sucintamente, a diferença entre um espectro de emissão e um de absorção.

O diagrama de subníveis do átomo de sódio disponível para o elétron mais externo da eletrosfera completa é dada na figura 5.

Com uma eletrosfera completa e $Z = 11$ de número atômico é $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ pela regra de Pauli que você aprendeu.

Apenas esse único elétron $3s^1$ pode ser arrancado do sódio pela presença do campo elétrico intenso produzido pelo reator da lâmpada de sódio produzindo um cátion Na^+ . No teste da chama, a temperatura do fogo remove esse elétron e por isso produz o fogo amarelo, da mesma cor da lâmpada acesa.

Assim, o nível $3s$ é aquele de mais baixa energia disponível para o elétron e um elétron livre no gás ionizado pode ser capturado pelo cátion Na^+ , transitando pelos níveis mais energéticos pelos caminhos das flechas mostradas no diagrama, terminando no estado $3s$ da distribuição eletrônica.

O diagrama da figura 5 diz que o *potencial de ionização* do sódio é 5,138 eV, onde $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19}$ joules. Portanto o eV

(elétron-volt) é uma unidade de medida de quantidades muito pequenas de energia, em comparação com as energias associadas com o movimento dos corpos ao nosso redor.

Surpreendentemente, você viu como essa luz forte e suas características espectrais são explicadas pelo movimento de um único elétron ($3s^1$) e que os outros 10 elétrons da eletrosfera são praticamente fixos em suas posições na eletrosfera ?

Parabéns, você acabou de descobrir como a existência dos subníveis atômicos podem ser provada na prática, analisando espectros da luz emitida por tubos contendo gases ou vapores de substâncias metálicas puras.

ANOTAÇÕES:

Experimento 5 - Teorema de Koopman

Em química, temos o teorema de Koopman que diz que o potencial de ionização do elétron mais externo é a sua energia de ionização no seu estado fundamental, que pode ser medido pela técnica de espectroscopia com tubos de descarga elétrica a baixas pressões como o tubo de Geissler empregado nos nossos experimentos.

Vamos calcular o potencial de ionização a partir da energia do elétron no estado fundamental, que é o orbital ($1s^1$) do átomo de hidrogênio.

Vamos observar o diagrama de energias e os comprimentos de onda das linhas espectrais para as transições possíveis do elétron no átomo de hidrogênio, dadas em nm para a respectiva transição.

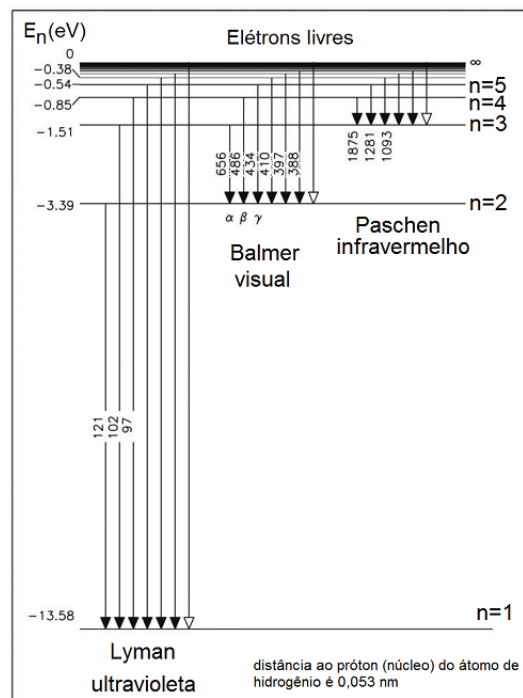


Figura 6: Diagrama de emissão de linhas espectrais entre níveis de energia do átomo de hidrogênio.

Qual é a linha de emissão mais energética ? Olhando o gráfico você percebe que é a linha α da série de Lyman que termina no nível com -13,6 eV que é a energia do nível $1s^1$.

Logo, para um átomo de hidrogênio precisamos de 13,6 eV para liberar o elétron da eletrosfera e separá-lo do próton que constitui seu núcleo central.

Como $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$, temos que a energia que deveríamos ceder para arrancar o elétron é 13,6 vezes $1,602 \times 10^{-19}$ ou $2,18 \times 10^{-18} \text{ J}$ por átomo.

Se quisermos arrancar todos os elétrons de um mol de átomos de hidrogênio, temos que multiplicar essa energia de um átomo pelo número de átomos que um mol possui, que é o número de Avogadro $6,022 \times 10^{23}$.

A energia total é a soma de todas as energias dos átomos individuais em um mol.

Logo $2,18 \times 10^{-18}$ vezes $6,022 \times 10^{23}$ que resulta em 1312796 J/mol.

Dividindo esse número por 1000 para converter joules em kilojoules (kJ), o potencial de ionização do átomo de hidrogênio é:

$$P.I.(H) = 1312 \text{ kJ/mol}$$

Mas o sódio é um átomo bem maior que o hidrogênio, porque possui massa atômica 23 vezes maior que o núcleo do átomo de hidrogênio e 11 elétrons na eletrosfera, ao invés de um.

E para o átomo de Sódio que estudamos anteriormente onde vimos que a energia do elétron $3s^1$ na camada mais externa (lembrese que $Z = 11 \rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$) era 5,138 eV.

Calcule no espaço abaixo, o potencial de ionização do elemento químico sódio e mostre que vale 496 kJ/mol. Repita os cálculos usando o raciocínio empregado para o cálculo do potencial de ionização do átomo de hidrogênio.

Esses cálculos são conhecidos como *teorema de Koopman* que, em uma descrição alternativa, nos diz que o potencial de ionização de um átomo ou molécula é igual ao negativo da energia do orbital mais energético ocupado pelo elétron mais externo.

Questão 5.1 - Que relação você espera entre o potencial de ionização dos elétrons mais externos e o tamanho da eletrosfera ?

Questão 5.2 - Se na lâmpada de sódio, substituímos o sódio na câmara de alumina por hidrogênio, o que aconteceria com o brilho da lâmpada ?

Questão 5.3 - O hidrogênio é um bom gás para uso em lâmpadas ? Explique o porque.

Os metais alcalinos (grupo I da tabela periódica) são muito reativos porque possuem um elétron s^1 na tabela periódica e o grau de alcalinidade se deve à facilidade com que o elétron mais externo pode ser arrancado desse átomo.

Olhe a tabela periódica no final desse texto e localize o hidrogênio e o sódio nesse grupo I.

Questão 5.4 - Qual é o elemento sólido mais reativo ? E qual é o menos reativo ?

Questão 5.5 - Você pode prever qual possui o maior potencial de ionização entre os metais alcalinos ? E o de menor ?

Questão 5.6 - O raio atômico dos metais alcalinos é a distância entre o nível s^1 ao núcleo que é o raio da órbita do elétron mais externo da eletrosfera.

Questão 5.7 - Como se relacionam o raio atômico e potenciais de ionização entre os elementos químicos do grupo I em função de Z ?

APÊNDICE E – PÓS-TESTE



INSTITUTO SÃO JOSÉ

Projeto de Química

Professor: Rodrigo Lopes

Nome: _____ Idade: _____ Data: ____/____/____

1. (ITA-SP) Em 1803, John Dalton propôs um modelo de teoria atômica. Considere que sobre a base conceitual desse modelo sejam feitas as seguintes afirmações:

I – O átomo apresenta a configuração de uma esfera rígida.

II – Os átomos caracterizam os elementos químicos e somente os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos.

III – As transformações químicas consistem de combinação, separação e/ou rearranjo de átomos.

IV – Substâncias compostas são formadas de átomos de dois ou mais elementos unidos em uma razão fixa.

Qual das opções a seguir se refere a todas as afirmações corretas?

- a) I e IV.
- b) II e III.
- c) II e IV.
- d) II, III e IV.
- e) I, II, III e IV.

2. (PUC-MG) A teoria atômica de Dalton só não está claramente expressa em:

- a) a formação dos materiais se dá através de diferentes associações entre átomos iguais ou não.
- b) o átomo possui um núcleo positivo envolto por órbitas eletrônicas.
- c) o átomo é maciço.
- d) os átomos são partículas que não podem se dividir.
- e) toda matéria é formada por partículas extremamente pequenas.

3. (UFSC) Na famosa experiência de Rutherford, no início do século XX, com a lâmina de ouro, o(s) fato(s) que (isoladamente ou em conjunto) indicava(m) o átomo possuir um núcleo pequeno e positivo foi (foram):

- a) A maioria das partículas alfa atravessaria os átomos da lâmina sem sofrer desvio de sua trajetória.

- b) Ao atravessar a lâmina, nenhuma das partículas alfa sofreria desvio de sua trajetória.
- c) Um pequeno número de partículas alfa atravessando a lâmina sofreria desvio de sua trajetória.
- d) Um grande número de partículas alfa não atravessaria a lâmina.
- e) Partículas alfa teriam cargas negativas.

4. (ENEM) Quando definem moléculas, os livros geralmente apresentam conceitos como: “a menor parte da substância capaz de guardar suas propriedades”.

A partir de definições desse tipo, a ideia transmitida ao estudante é a de que o constituinte isolado (moléculas) contém os atributos do todo. É como dizer que uma molécula de água possui densidade, pressão de vapor, tensão superficial, ponto de fusão, ponto de ebulição, etc. Tais propriedades pertencem ao conjunto, isto é, manifestam-se nas relações que as moléculas mantêm entre si.

Adaptado de: OLIVEIRA, R. J. O mito da substância. Química nova na escola, n. 1, 1995.

O texto evidencia a chamada visão substancialista que ainda se encontra presente no ensino da Química. A seguir, algumas afirmativas pertinentes ao assunto.

- I. O ouro é dourado, pois seus átomos são dourados.
- II. Uma substância “macia” não pode ser feita de moléculas “rígidas”.
- III. Uma substância pura possui pontos de ebulição e fusão constantes, em virtude das interações entre suas moléculas.
- IV. A expansão dos objetos com a temperatura ocorre porque os átomos se expandem.

Dessas afirmativas, estão apoiadas na visão substancialista criticada pelo autor apenas



- a) I e II.
- b) III e IV
- c) I, II e III.
- d) I, II e IV.
- e) II, III e IV.

5. Eletrosfera é a região do átomo que:
- concentra praticamente toda a massa elétrica do átomo.
 - contém as partículas de carga elétrica negativa e apresenta ar entre elas.
 - possui partículas sem carga elétrica.
 - permanece inalterada na formação dos íons.
 - contém os elétrons e apresenta o vácuo entre os elétrons.

6. (Faesa-ES) Considerando a reação abaixo:



Efetuada à pressão e à temperatura constantes, podemos afirmar que, durante a reação, permanecem constantes:

(Dados: nitrogênio =  ; oxigênio = )

- a massa e o volume totais do sistema.
 - a massa total e o número de moléculas.
 - a massa total e o número total de átomos.
 - o volume total e o número total de moléculas.
 - o volume total e o número total de átomos.
7. (PUC-RS) Quando se salpica um pouco de cloreto de sódio ou bórax diretamente nas chamas de uma lareira, obtêm-se chamas coloridas. Isso acontece porque nos átomos dessas substâncias os elétrons excitados:
- absorvem energia sob a forma de luz, neutralizando a carga nuclear e ficando eletricamente neutros.
 - retornam a níveis energéticos inferiores, devolvendo energia absorvida sob a forma de luz.
 - Recebem um quantum de energia e distribuem-se ao redor do núcleo em órbitas mais internas.
 - Emitem energia sob a forma de luz e são promovidos para órbitas mais externas.
 - Saltam para níveis energéticos superiores, superando a carga nuclear e originando um ânion.
8. Uma moda atual entre as crianças é colecionar figurinhas que brilham no escuro. Essas figuras apresentam em sua constituição a substância sulfeto de zinco. O fenômeno ocorre porque alguns elétrons que compõem os átomos dessa substância absorvem energia luminosa e saltam para níveis de

elétrons retornam aos seus níveis de origem, liberando energia luminosa e fazendo a figurinha brilhar.

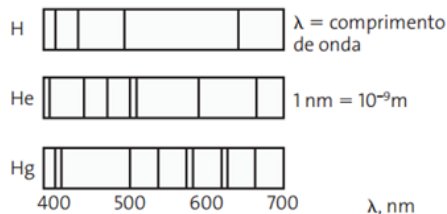
Essa característica pode ser explicada por qual propriedade dos átomos?

- Conservação da massa;
 - Existência de vácuo na eletrosfera
 - Lei de Lavousier
 - Rutherford.
 - Níveis estacionários de energia.
9. O Sulfeto de zinco (ZnS) tem a propriedade denominada fosforescência, capaz de emitir um brilho amarelo esverdeado depois de exposto à luz. Analise as afirmativas abaixo e indique a opção correta:
- salto de núcleos provoca fosforescência.
 - salto de nêutrons provoca fosforescência.
 - salto de elétrons provoca fosforescência.
 - elétrons que absorvem fótons aproximam-se do núcleo.
 - ao apagar a luz, os elétrons adquirem maior conteúdo energético.
10. Toda matéria, quando aquecida a uma temperatura suficientemente elevada, emite energia na forma de radiação (luz). Um exemplo comum é a lâmpada incandescente, em que um filamento de tungstênio é aquecido até ficar branco, pela resistência que ele oferece à passagem de um fluxo de elétrons. Nesse dispositivo a energia elétrica é convertida em energia térmica e energia radiante, que é a luz emitida. Assinale a alternativa incorreta:
- A passagem da luz por uma substância fria entre a lâmpada e o prisma produz um espectro descontínuo.
 - A luz da lâmpada é uma faixa colorida com cores similares ao arco-íris, depois que a luz passa pelo prisma.
 - Lâmpadas de tungstênio sempre produzirão um espectro contínuo da luz
 - Quando se usa a visão humana para detectar radiações luminosas, é possível abranger todas as faixas do espectro eletromagnético.
 - O aparelho no qual é feita a decomposição da luz em seus diversos componentes é chamado espectrômetro.

11. O conjunto das propriedades de um metal determina sua utilização comercial. O ferro, por exemplo, é utilizado na sustentação de edifícios por ser muito resistente. Nessas construções deve ser considerada a dilatação térmica desse metal, que é a expansão do volume de uma amostra de ferro diante do aumento da temperatura. O conhecimento desse fenômeno é de suma importância para a construção civil. Qual das alternativas abaixo explica a dilatação térmica do ferro?

- Cada átomo de ferro tem seu volume aumentado devido a excitação dos elétrons;
- O átomo de ferro tem sua eletrosfera aumentada;
- Os espaços entre os átomos de ferro crescem mediante o aumento de temperatura;
- Individualmente os átomos de ferro sofrem dilatação;
- O aumento da temperatura faz o átomo de ferro aumentar seu volume.

12. Cada elemento químico apresenta um espectro característico, e não há dois espectros iguais. O espectro é o retrato interno do átomo e assim é usado para identificá-lo, conforme ilustração dos espectros abaixo:



Bohr utilizou o espectro de linhas para representar seu modelo atômico, assentado em postulados, cujo verdadeiro é:

- ao mudar de órbita ou nível, o elétron emite energia superior à diferença de energia entre as órbitas ou níveis onde ocorreu essa mudança.
- todo átomo possui certo número de órbitas, com energia constante, chamadas estados estacionários, nos quais o elétron pode movimentar-se sem perder nem ganhar energia.
- os elétrons descrevem, ao redor do núcleo, órbitas elípticas com energia variada.
- o átomo é uma esfera positiva que, para tornar-se neutra, apresenta elétrons incrustados em sua superfície.
- os elétrons estão situados no núcleo.

13. Sobre a evaporação da água, é possível afirmar que trata-se de um processo:



- Em que cada molécula de água passa do estado líquido para o gasoso;
- Os átomos trocam de estado físico;
- Cada molécula de água evapora;
- Em que ocorre o aumento da energia cinética das moléculas, possibilitando a transformação de estado físico.
- As moléculas de água líquidas convertem-se em vapor uma a uma.

14. Na experiência de espalhamento de partículas alfa, α , conhecida como “experiência de Rutherford”, um feixe de partículas alfa foi dirigido contra uma lâmina finíssima de ouro, e os experimentadores, colaboradores de Rutherford – Geiger e Marsden – observaram que um grande número dessas partículas atravessava a lâmina sem sofrer desvios, mas que um pequeno número sofria desvios muito acentuados. Esse resultado levou Rutherford a modificar o modelo atômico de Thomson, propondo a existência de um núcleo de carga positiva, de tamanho reduzido e com, praticamente, toda a massa do átomo. De acordo com esse experimento é possível afirmar que:

- Segundo o modelo de Rutherford há grandes concentrações de massa na eletrosfera do átomo;
- O átomo, em grande parte, é formado por uma região que apresenta matéria e uma pequena parte com cargas elétricas;
- O átomo tem uma pequena região que apresenta grande parte de sua matéria, fora isso é predominante formado por espaços vazios;
- No modelo de Rutherford o núcleo apresenta as cargas negativas;
- Os elétrons conferem a massa ao átomo.

15. (ENEM) Para que uma substância seja colorida ela deve absorver luz na região do visível. Quando uma amostra absorve luz visível, a cor que percebemos é a soma das cores restantes que são refletidas ou transmitidas pelo objeto. A figura 1 mostra o espectro de absorção para uma substância e é possível observar que há um comprimento de onda em que a intensidade de absorção é máxima. Um observador pode prever a cor dessa substância pelo uso da roda de cores (Figura 2) o comprimento de onda correspondente à cor do objeto é encontrado no lado oposto ao comprimento de onda da absorção máxima.

Figura 1

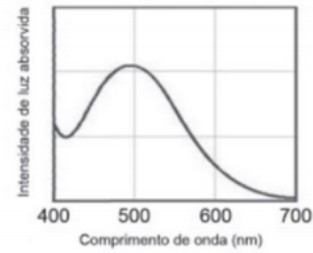
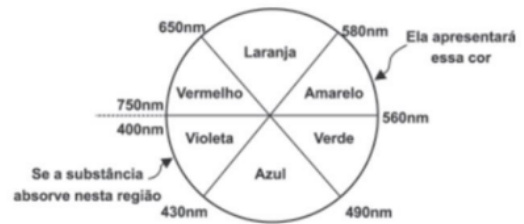


Figura 2



Qual a cor da substância que deu origem ao espectro da Figura 1?

- Azul.
- Verde.
- Violeta.
- Laranja.
- Vermelho.