



**INSTITUTO
FEDERAL**

Ceará

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
CEARÁ**

IFCE CAMPUS FORTALEZA

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA – PGECM**

VIRNA PEREIRA DE ARAÚJO

**OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO CURSO DE LICENCIATURA EM
QUÍMICA NO ASSUNTO DE MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA DE
ANÁLISE UTILIZANDO NARRAÇÕES MULTIMODAIS**

FORTALEZA – CE

2021

VIRNA PEREIRA DE ARAÚJO

OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO CURSO DE LICENCIATURA EM
QUÍMICA NO ASSUNTO DE MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA DE ANÁLISE
UTILIZANDO NARRAÇÕES MULTIMODAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus* Fortaleza, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Profa. Dra. Ana Karine Portela Vasconcelos

Área de concentração: Ensino de Química

FORTALEZA – CE

2021



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIA MATEMÁTICA (PGCEM)

Aos 10 dias do mês de março do ano de 2021, às 9h no através de videoconferência pelo link: <https://meet.google.com/hio-xawd-bcv>, realizou-se a Defesa de dissertação, intitulada "**OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA NO ASSUNTO DE MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA DE ANÁLISE UTILIZANDO NARRAÇÕES MULTIMODAIS**", de autoria da candidata **VIRNA PEREIRA DE ARAÚJO**, aluna do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PGCEM/IFCE, em nível de Mestrado. A Comissão Examinadora esteve constituída pelos professores: **Prof(a). Dr(a). Ana Karine Portela Vasconcelos**, Presidente – IFCE, **Prof(a). Dr(a). Raquel Crosara Maia Leite** – UECE, **Prof(a). Dr(a). José Paulo Cerdeira Cleto Cravino** – UTAD. Concluídos os trabalhos de apresentação e arguição, a candidata foi **APROVADA COM LOUVOR** pela Comissão Examinadora. Foi concedido um prazo de **90(noventa) dias**, para a candidata efetuar as correções sugeridas pela Comissão Examinadora e apresentar o trabalho em sua redação definitiva, sob pena de não expedição do Diploma. E, para constar, foi lavrada a presente ata, que vai assinada pelos membros da Comissão.

BANCA EXAMINADORA:

Prof(a). Dr(a). Ana Karine Portela Vasconcelos, Presidente (Orientadora) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof(a). Dr(a). Raquel Crosara Maia Leite – Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof(a). Dr(a). José Paulo Cerdeira Cleto Cravino – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA NO ASSUNTO DE MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA DE ANÁLISE UTILIZANDO NARRAÇÕES MULTIMODAIS"

LOCAL: <https://meet.google.com/hio-xawd-bcv>

HORA DE INÍCIO: 9h

Em sessão pública, após exposição de cerca de **2h55min**, a candidata foi arguida oralmente pelos membros da banca tendo como resultado:

() APROVADO, devendo o candidato entregar a versão final no prazo máximo de 90 dias.

(X) APROVADO com louvor.

() APROVAÇÃO CONDICIONAL, devendo o candidato satisfazer, no prazo máximo de 90 dias, às exigências listadas na Folha de Modificações de Dissertação de Mestrado anexa à presente ata.

() REPROVADO.

Na forma regulamentar foi lavrada a presente ata que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima determinada, e pelo candidato.

BANCA

17/03/2021

SEI/IFCE - 2424048 - Ata de Reunião

Prof(a). Dr(a). Ana Karine Portela Vasconcelos (Orientadora)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof(a). Dr(a). Raquel Crosara Maia Leite
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

Prof(a). Dr(a). José Paulo Cerdeira Cleto Cravino
Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD)

CANDIDATA

VIRNA PEREIRA DE ARAÚJO



Documento assinado eletronicamente por **Ana Karine Portela Vasconcelos, Professor(a) do Ensino Básico, Técnico e Tecnológico**, em 11/03/2021, às 10:11, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Raquel Crosara Maia Leite, Usuário Externo**, em 11/03/2021, às 15:28, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **José Paulo Cerdeira Cleto Cravino, Usuário Externo**, em 11/03/2021, às 19:58, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Virna Pereira de Araújo, Usuário Externo**, em 17/03/2021, às 07:39, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade do documento pode ser conferida no site https://sei.ifce.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0 informando o código verificador **2424048** e o código CRC **C39D1E9C**.

23256.000468/2021-31

2424048v9

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

1. Narrações Multimodais. 2. Modelos Atômicos. 3. Obstáculos Epistemológicos. I. Título.
CDD 510.07

1. Narrações Multimodais. 2. Modelos Atômicos. 3. Obstáculos Epistemológicos. I. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, luz plena, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas de amor infinito.

À minha orientadora, Ana Karine, por todo o apoio, incentivo, paciência, confiança e, principalmente, pela sua amizade e compreensão. Serei eternamente grata pelo seu carinho e cuidado comigo. Te levarei para sempre em meu coração.

Aos meus digníssimos pais, Tontonho e Francigleide, e meu irmão, Hilcias, por todo o amor e apoio em todos os meus projetos de vida, e por sempre me impulsionarem para que eu continue a crescer.

Ao meu noivo amado, Eduardo, por todo apoio nos momentos difíceis e por nunca ter me deixado desistir.

Aos professores que compõem o PGECM, em especial às professora Cleide Barroso e ao professor Régis Alves e a coordenadora na pessoa da Caroline Goes.

Aos meus queridos colegas de turma Inaiá, Viviane, Rose, Jorge e em especial ao Marley e ao Caio, por quem desenvolvi uma amizade e um carinho.

À CAPES por ter financiado minha bolsa de pesquisa no último e mais difícil ano do mestrado, no qual fomos acarretados pela pandemia.

Ao IFCE – *Campus* Iguatu por ter sediado a minha pesquisa e ao professor Severino por ter cedido todas as informações necessárias para a realização desse trabalho. E a pessoa do professor Jaildo por ter me ajudado e sanado minhas dúvidas em relação as Narrações Multimodais.

A minha tia Fátima e ao tio Robério (*in memoriam*) por ter me proporcionado uma morada no primeiro ano de mestrado. Serei eternamente grata e nunca esquecerei o homem incrível que foi o tio Robério.

A banca, na pessoa do professor Dr. Cravino e da professora Dra. Raquel pelas contribuições que melhoraram esse trabalho.

A todos que direta ou indiretamente me ajudaram.

“Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostrar-lhe que ele pode descobrir.”

(BACHELARD, 1996, p.303).

RESUMO

A Química, assim como as demais ciências, também é fundamentada em uma ampla quantidade de conceitos e construtos teóricos formados com intuito de interpretar e explicar vários fenômenos, relacionados aos mais diversos aspectos, sejam eles qualitativos ou quantitativos, envolvendo não só o estudo da composição da matéria, como também a sua transformação e as decorrentes variações de energia envolvidas nessas transformações. Nesse contexto, o objetivo geral desta pesquisa foi: analisar e utilizar as Narrações Multimodais como ferramenta de pesquisa para a caracterização dos Obstáculos Epistemológicos, recorrente no assunto de MA no componente curricular de Química Geral I no curso de Licenciatura em Química. E como objetivos específicos, tem-se: identificar os principais Obstáculos Epistemológicos no ensino de MA na perspectiva do discente e docente no componente curricular de Química Geral I; eleger categorias para a identificação dos OE no processo de ensino-aprendizagem de MA na NM; aferir o uso da Narração Multimodal como metodologia de pesquisa para identificação dos Obstáculos Epistemológicos de Bachelard no ensino de MA. Os dados coletados para a realização desta pesquisa foram: gravações de áudio da aula, as anotações dos alunos, plano de aulas e/ou anotações do professor, fotos do quadro de acordo com anotações feitas no mesmo, fotos da sala de aula durante a aula, materiais utilizados pelo professor, ou seja, o que foi pertinente para a construção da NM da aula investigada. Porque o intuito foi capturar o que foi proposto pelo professor e o que foi realizado pelos alunos, as discussões geradas, os entraves dos alunos em relação ao assunto ministrado, os silêncios, reações e posturas dos alunos e do professor. Para análise da NM utilizou-se a análise de conteúdo que focou em uma única dimensão que está diretamente relacionada com um dos objetivos desta pesquisa, esta dimensão foi definida então como: discussões geradas na aula de modelos atômicos. Em seguida foram elaboradas duas subdimensões que são respectivamente: intervenções feitas pelos alunos e intervenções feitas pelo professor, cada subdimensão possui categorias de análise. Como resultado obteve-se o maior percentual de OE identificados é referente ao OE Verbalista, com 33%, no qual já se identificou os possíveis motivos de aparecer com mais frequência principalmente entre os estudantes. Em seguida o obstáculo Realista, com 22%, na qual pode estar relacionado com a dificuldade de abstração uma vez que a química é considerada predominantemente abstrata. O substancialista vem logo em seguida com 17%, onde foi mais identificada nos trechos dos estudantes. E em mesma porcentagem, de 11%, os OE do conhecimento geral ou generalista e o da experiência primeira. Por último, o unitário e pragmático com apenas 6%. A partir dos resultados obtidos nesta dissertação tornou-se

perceptível a importância de se ter cuidado no momento de se utilizar analogias e comparações para o ensino de conceitos e principalmente estes sendo abstratos. Nesse cenário, acredita-se que os resultados obtidos ajudem as pesquisas futuras, bem como para professores que queiram evitar os obstáculos epistemológicos no contexto do ensino dos modelos atômicos e que possibilite a pesquisadores como espelho para a utilização de Narrações Multimodais em investigações que busquem identificar OE no contexto de ensino-aprendizagem.

Palavras-chave: Narrações Multimodais, Modelos Atômicos, Obstáculos Epistemológicos.

ABSTRACT

Chemistry, like other sciences, is also based on a wide range of concepts and theoretical constructs formed in order to interpret and explain various phenomena, related to the most diverse aspects, whether qualitative or quantitative, involving not only the study of composition matter, as well as its transformation and the resulting variations of energy involved in these transformations. In this context, the general objective of this research was: to analyze the Multimodal Narrations (MN), proposed by Lopes and collaborators as a research tool and characterization of the Epistemological Obstacles (EO) presented by Bachelard, recurrent in the subject of Atomic Models in the Chemistry curriculum component General I in the Chemistry Degree course at IFCE, Iguatu campus. The specific objectives are: to identify the main EO in the teaching of Atomic Models from the perspective of the student in the Chemistry Degree course; to analyze the use of MN as a research methodology to identify Bachelard's Epistemological Obstacles in the teaching of Atomic Models. The data collected to carry out this research were: audio recordings, of the class, the notes of the students, lesson plan and/or notes of the teacher, pictures of the board according to notes made in the same, pictures of the classroom during the classroom, materials used by the teacher, that is, everything that was relevant to the construction of the MN of the investigated class. Because the intention was to capture what was proposed by the teacher and what was actually accomplished by the students, the discussions generated, the students' obstacles in relation to the subject taught, the silences, reactions, and attitudes of the students and the teacher. For MN analysis, content analysis was used, which focused on a single dimension that is directly related to one of the objectives of this research, this dimension was then defined as discussions generated in the class of atomic models. Then, two subdimensions were elaborated, which are respectively: interventions made by students and interventions made by the teacher, within each subdimension, there are categories of analysis. As a result, the highest percentage of EO identified was obtained referring to EO Verbalist, with 33%, in which the possible reasons for appearing more frequently, especially among students, have already been identified. Then the Realistic obstacle, with 22%, in which it may be related to the difficulty of abstraction since chemistry is considered predominantly abstract. The substantial comes right after with 17%, where it was more identified in the excerpts of the students. And in the same percentage, 11%, the EO of general or general knowledge and that of the first experience. Finally, the unitary and pragmatic with only 6%. From the results obtained in this dissertation, the importance of being careful

when using analogies and comparisons for the teaching of concepts has become noticeable and mainly these are abstract. In this scenario, it is believed that the results obtained will help future research, as well as for teachers who want to avoid epistemological obstacles in the context of teaching atomic models and that enable researchers as a mirror for the use of Multimodal Narrative in investigations that seek to identify EO in the teaching-learning context.

Keywords: Multimodal Narrative, Atomic Models, Epistemological Obstacles.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa conceitual sobre os Obstáculos Epistemológicos (OE).	41
Figura 2 - Quadrado com os quatro elementos: a) com suas qualidades segundo Aristóteles; b) com ilustrações.	49
Figura 3 – Representação do modelo atômico de Thomson: a) de acordo com o seu artigo de 1904; b) representação encontrada em livro didático (Representação esquemática sem escala, em cores fantasiosas).	54
Figura 4 – Ilustração do experimento realizado por Geiger e Marsden.	56
Figura 5 – Representação esquemática do átomo baseado na explicação de Rutherford (Representação esquemática sem escala, em cores fantasiosas).	57
Figura 6 – Mapa conceitual sobre NM.	69
Figura 7 – O processo e as fases de construção da NM.	71
Figura 8 – Representação do modelo de Thomson pelo professor no quadro.....	90
Figura 9 – Recorte da NM que contém foto de anotação feita no quadro pelo professor do MA de Rutherford.	99

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Comparação entre Narrativa e Narrativa Multimodal.	72
Quadro 1 – Comparação entre Narrativa e Narrativa Multimodal.	73
Quadro 2 – Cronograma de execução da pesquisa.	78
Quadro 3 – Etapas de desenvolvimento metodológico da pesquisa.	79
Quadro 4 – Categorização das Discussões geradas na aula de Modelos Atômicos (MA).	82
Quadro 5 – Resumo de trechos que apresentam a analogia do “pudim de passas” com o modelo de Thomson.	88
Quadro 6 – Três (3) trechos seguidos dentro da categoria A – 2.	98

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Compilado geral das categorias e os OE de cada trecho.	100
--	-----

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de identificação dos OE.....	103
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
NM	Narração Multimodal
NMs	Narrações Multimodais
MA	Modelo Atômico
OE	Obstáculos Epistemológicos
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UTAD	Universidade Trás-os-Montes e Alto Douro
UR	Unidade de Registro
UC	Unidade de Contexto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	33
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	37
2.1 Epistemologia de Bachelard.....	37
2.2 Os Obstáculos Epistemológicos	40
2.3 A evolução do modelo atômico	48
2.4 O Átomo na perspectiva de Bachelard	59
2.5 Narrações Multimodais (NM).....	64
2.5.1 O que é e como surgiu uma NM.....	64
2.5.2 Características e estrutura de uma NM	66
2.5.3 Como se faz e para que serve uma NM	70
2.5.4 Narração Multimodal X Narrativa.....	72
3 CAMINHO METODOLÓGICO.....	75
3.1 Abordagem metodológica.....	75
3.2 Descrição do instrumento de investigação	76
3.3 Descrição dos sujeitos e etapas de aplicação da pesquisa.....	77
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	81
4.1. Categorização	81
4.2 Trechos encontrados em cada categoria	82
4.3 Uso da Narração Multimodal para identificação dos Obstáculos Epistemológico	103
5 CONCLUSÃO.....	106
REFERÊNCIAS.....	109
APÊNDICE A – NARRAÇÃO MULTIMODAL.....	115
APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)	142

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP).....	146
--	------------

1 INTRODUÇÃO

A Química, como as demais ciências, também é fundamentada em uma ampla quantidade de conceitos e construtos teóricos formados com intuito de interpretar e explicar vários fenômenos, estes, relacionados aos mais diversos aspectos, sejam eles qualitativos ou quantitativos, envolvendo não só o estudo da composição da matéria, como também a sua transformação e as decorrentes variações de energia envolvidas nessas transformações.

Aprender Química requer conhecer e mobilizar a utilização de uma nova linguagem, uma vez que essa ciência se utiliza de símbolos para representações dos materiais e das transformações que são essenciais para a sua compreensão, além de ser um importante instrumento para formação de cidadãos (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

A aprendizagem da Química transfigura-se como importante ao passo em que são apresentados a produtos novos, os quais surgem baseados no questionamento científico e na demanda tecnológica. Estes produtos são fabricados com a intenção de facilitar, modificar e melhorar as vidas dos seres humanos de forma geral; entretanto, como entender e dar a merecida importância para esses recursos se não conhecer como os conceitos dessa ciência são construídos cientificamente? Este questionamento elucida esta importância, pois é necessário ter a capacidade de responder, participar e possuir um olhar crítico em relação às discussões públicas de questões que demandam esse tipo de conhecimento (CACHAPUZ *et al.*, 2005).

Nesse sentido, a formação do cidadão relaciona-se com um instrumento valioso: a apropriação do conhecimento da Química, pois este lhe possibilitará uma visão crítica e consciente em relação ao mundo e a sua realidade. Por isso, reitera-se a necessidade de investigar como os alunos constroem ou entendem tais conceitos.

A compreensão sobre a composição da matéria, mais especificamente sobre a estrutura atômica, é fundamental para aprender diversos conceitos da química. A discussão sobre a constituição da matéria começou com os gregos Leucipo e Demócrito, que a partir de suas observações e questionamentos, chegaram à conclusão filosófica de que se a matéria fosse seguidamente dividida, chegaria a um determinado ponto que a mesma se tornaria indivisível, dando a essa última parte o nome de átomo, do grego “a”, que significa “não”, e “tomos” que significa “parte” (LUCRÉCIO, 1964 *apud* ZANETIC; MOZENA, 2009, p. 129).

No entanto, essa ideia de que a matéria era constituída por átomos, por muito tempo, não se tornou aceita, pois era disseminado o pensamento de Aristóteles, de que a matéria era

constituída pelos quatro elementos: terra, água, fogo e ar (VIANA, 2007). Mas com o passar dos anos e com o avanço da ciência, com as mudanças no modo de pensar, de paradigmas, de estilo de pensamento, cientistas começaram a se aprofundar sobre a composição da matéria, formulando outros modelos atômicos (MA).

Para que o aluno compreenda de forma mais profunda os conceitos existentes na química, é preciso compreender o estudo da composição da matéria, que foi desenvolvido ao longo da história e da formação do próprio conhecimento científico. Então, para isto, é preciso estudar desde o surgimento das primeiras ideias, que foram feitas a partir das observações e questionamentos feitos pelos filósofos gregos Leucipo e Demócrito, até os dias atuais.

Levando em consideração a importância da compreensão de tais conceitos tanto para a construção do ser crítico quanto para o conhecimento da química, é necessário saber e entender o que pode interferir na aprendizagem dos alunos no contexto da evolução dos modelos atômico. Algo que vem sendo bastante discutido que pode causar interferência na compreensão e aprendizagem dos alunos são os obstáculos epistemológicos.

Os Obstáculos Epistemológicos (OE) foram definidos pelo filósofo e epistemólogo Gaston Bachelard (1884 – 1962) como as causas para a estagnação e regressão, em alguns casos, do processo de construção do conhecimento científico (BACHELARD, 1996).

Trazendo esse conceito dos OE para o contexto da sala de aula, e em relação ao processo de ensino-aprendizagem, podem causar entraves e até mesmo retrocesso na aprendizagem do aluno, principalmente ao se tratar de algo tão abstrato como o conceito de átomo e os seus modelos postulados no decorrer da história.

Então para Bachelard (1996) os professores das áreas das ciências da natureza acreditam que o aluno vem como um “papel em branco”, no entanto este já possui sua própria cultura formada a partir de suas vivências, ou seja, já possui um certo conhecimento empírico. Assim a formação do “espírito científico” depende da superação dos OE, e esse “espírito” proíbe que o indivíduo tenha opiniões baseadas no seu conhecimento empírico acerca de questões que não compreenda. Este conhecimento comum quando racionalizado interfere na visão e na formulação de argumentos, quando relacionado com o conhecimento científico usual utiliza-se de inúmeras: analogias, imagens, metáforas, entre outras formas de representações.

Uma metodologia de pesquisa que surgiu em Portugal e é muito disseminada pela Europa, mas ainda pouco utilizada no Brasil em investigações no ensino são as Narrações

Multimodais (NMs), como mostra o trabalho de Araújo *et al.* (2019) que realizou uma pesquisa bibliográfica no período de 2010 a 2019, foram encontrados apenas 6 trabalhos que utilizaram dessa metodologia para se investigar práticas no ensino. E de acordo com os autores esses trabalhos mostraram que as NM utilizadas apresentaram aspectos positivos na obtenção dos seus resultados baseados nos objetivos.

De acordo com Lopes *et al.* (2014) a Narração Multimodal (NM) é um documento único que possui uma estrutura e características bem definidas e devem seguir um protocolo definido em três fases sequenciais que precisa ser seguido à risca. Afirmam também que ela pode capturar a natureza complexa e holística dos acontecimentos de uma sala de aula. Sendo ela utilizada para diferentes fins, onde o mais comum é como metodologia de pesquisa, mas de acordo com seus desenvolvedores pode ser também utilizada como metodologia de ensino.

Tendo em vista o que foi discorrido até aqui levantou-se os seguintes questionamentos quais obstáculos epistemológicos estão presentes no contexto do ensino superior no assunto de MA? Como esses obstáculos podem causar entraves no processo de ensino-aprendizagem, podendo acarretar bloqueios no seu desenvolvimento e construção, como aponta Bachelard (1996)? E as NM podem servir como metodologia de pesquisa para facilitar a caracterização dos OE no ensino de MA?

A pesquisa foi desenvolvida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Iguatu. O assunto de MA foi ministrado no primeiro semestre do curso de Licenciatura em Química, que possui em média 30 alunos que ingressam no curso e mais alguns que são de outros semestres. Foram acompanhadas as aulas ministradas pelo professor da disciplina referente ao assunto de MA e realizado a construção de NM referentes a uma aula que teve participação dos alunos.

O objetivo geral desta pesquisa focou-se em: analisar e utilizar as Narrações Multimodais como ferramenta de pesquisa para a caracterização dos Obstáculos Epistemológicos, recorrente no assunto de MA no componente curricular de Química Geral I no curso de Licenciatura em Química.

E como objetivos específicos, tem-se: identificar os principais Obstáculos Epistemológicos no ensino de MA na perspectiva do discente e docente no componente curricular de Química Geral I; eleger categorias para a identificação dos OE no processo de

ensino-aprendizagem de MA na NM; aferir o uso da Narração Multimodal como metodologia de pesquisa para identificação dos Obstáculos Epistemológicos de Bachelard no ensino de MA.

Nas próximas seções deste trabalho serão apresentados os capítulos que nortearam o desenvolvimento da pesquisa: o capítulo 2 (dois) que aborda sobre o embasamento teórico deste trabalho, o referencial teórico, onde foi dividido nos seguintes subtópicos; Epistemologia de Bachelard; O Conceito de Átomo e por último Narrações Multimodais (NM).

O capítulo 3 (três) descreve o procedimento metodológico que foi desenvolvido a pesquisa, e contém quatro subtópicos: Abordagem Metodológica; Descrição do Instrumento de Investigação; Descrição do Público-alvo e por fim Etapas de aplicação da pesquisa. Já no capítulo 4 (quatro) diz respeito aos resultados que foram encontrados a partir dos dados e discutidos de acordo com o capítulo do referencial teórico. E no fim, tem-se o capítulo 5 (cinco) que aborda sobre as conclusões que levou a pesquisa.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este tópico retrata o referencial utilizado para embasar esse trabalho de dissertação. Para isso foram abordados os seguintes subtópicos: a epistemologia de Bachelard, os Obstáculos Epistemológicos (OE), a evolução dos Modelos Atômicos (MA), o átomo na perspectiva de Bachelard e por último apresenta-se o subtópico sobre as Narrações Multimodais (NMs), no qual é abordado desde o seu surgimento a suas funcionalidades.

2.1 Epistemologia de Bachelard

Para abertura dessa discussão propõe-se esclarecer acerca da epistemologia do filósofo, epistemólogo, poeta e professor Gaston Bachelard (1884 – 1962), a qual tem início em um contexto histórico de transformações e revoluções do conhecimento científico, especificamente entre o final do Século XIX e o início do Século XX, particularmente quando surgiram a teoria da relatividade, a física quântica e as geometrias não-euclidianas (LIMA; MARINELLI, 2011).

Bachelard (1996) apoia a ideia de uma síntese entre teoria e experiência propondo uma racionalidade dialética; esta compreende a ocorrência do racionalismo aplicado e o materialismo técnico em um movimento dialético, a fim de que o conhecimento se forme, contrariando a positividade dos trabalhos científicos. A construção do objeto científico cria uma dialética em que a teoria verifica a técnica que por sua vez verifica a teoria; assim, isoladas, nenhuma é suficiente. Tal perspectiva é válida para as abordagens experimentais e teóricas que se solidarizam entre si e se articulam dialeticamente (LECOURT, 1977, LÔBO, 2008, PARENTE, 1985).

Quando se fala em epistemologia do conhecimento científico não tem como não falar de Gaston Bachelard, que além de filósofo, era também poeta e epistemólogo, nasceu em 27 de junho de 1884 na França, e trouxe inúmeras contribuições para a ciência no século XX que são refletidas até hoje. Segundo Laberge (2003), Bachelard motiva diversas pesquisas em diferentes áreas como história, história da ciência, sociologia, epistemologia e ainda estudos culturais e literários.

Sendo ele convidado em 1930 para ser professor na faculdade de Dijon e em 1940 para ser professor na faculdade de Sorbonne, ambas localizadas na França, além de se tornar membro da Academia das Ciências Morais e Políticas da França no ano de 1955 (JAPIASSÚ, 1976). Suas pesquisas foram focadas em assuntos relacionados à filosofia da ciência, dessa forma, suas

obras são constituídas por reflexões filosóficas, tanto sobre as práticas dos cientistas, quanto da própria ciência. Em 16 de outubro de 1962, é confirmada a sua morte em Paris (JAPIASSÚ, 1976).

De suas principais obras, destacam-se o livro “O Novo Espírito Científico” publicado em 1934, no qual ele caracteriza a sua epistemologia em decorrência das revoluções científicas causadas pela teoria da relatividade e a teoria quântica. Esta por sua vez teve e tem contribuído pra o desenvolvimento histórico do pensamento científico e para a educação, pois o autor aborda como a linguagem pode dificultar o trabalho dos cientistas e acabar colocando obstáculos que dificultam o processo de construção do conhecimento científico. Anos mais tarde publica o livro “A Psicanálise do Fogo”, em 1937 (COSTA, 2009; SANTOS, 2019).

O livro “A Formação do Espírito Científico”, publicado em 1938, é onde ele inicia a teorização do conceito de obstáculos epistemológicos, que ao ser identificado, procura-se a sua superação com o intuito de se formar o espírito científico. Na obra “A Filosofia do Não”, de 1940, tem-se a discussão das diferentes formas de se entender um determinado conceito científico. Outras obras que se destacam é o livro “Poético do Espaço”, sendo este publicado em 1957 e o livro “Poética do Devaneio” do ano de 1960 (COSTA, 2009).

A ciência foi dividida por Bachelard (1996) em três períodos importantes: o Pré-científico, que é definido como de exaltação e culto à natureza, na qual os fenômenos da natureza eram explicados pela existência de deuses. Este se deu na Antiguidade Clássica até meados do Século XVIII; o período Científico é caracterizado pelo positivismo e a dominação do ser humano sobre a natureza, tendo início no Século XVIII, terminando no início do Século XX; e por último o Novo Espírito Científico que teve início no ano de 1905 e se estende até os dias de hoje, período em que se começa a questionar o conhecimento científico.

Em meio a um contexto de revoluções científicas que a epistemologia bachelardiana teve a sua inserção no meio acadêmico a partir de suas obras. Estas revoluções foram refletidas em várias áreas do conhecimento, nas quais acarretaram inúmeras modificações na forma de ver a realidade e nas relações ocorridas entre objeto e sujeito, que para Bachelard (1996) provocaria o surgimento de um novo saber científico (LIMA; MARINELLI, 2011).

O conhecimento científico determinado por algumas filosofias identificadas por Bachelard (1984) são: racionalismo newtoniano ou kantiano, realismo ingênuo, racionalismo completo, empirismo claro e positivista e racionalismo dialético. Bachelard (1984) determinou

que essas filosofias fossem integrantes do perfil epistemológico, este é necessariamente acerca de um conceito científico e é a percepção pessoal que cada indivíduo em um contexto específico, pode vir a ter, em um grau maior ou menor, sobre cada filosofia do perfil epistemológico.

É fato que os pontos do perfil epistemológico de um conceito sugerem quais rupturas foram realizadas para que houvesse a passagem de uma filosofia para outra. Tais rupturas podem ocorrer de duas formas, entre o conhecimento científico novo e o antigo, ou entre o conhecimento comum e o científico (BERTOCHE, 2013).

Bachelard em sua ampla produção acadêmica analisa e levanta teoria de várias questões sobre a ciência. Em sua epistemologia o destaque principal é para a necessidade de se formar, o que ele chama de o novo espírito científico (BACHELARD, 1996). Além disso, afirma que o conhecimento científico é um eterno questionamento, ou simplesmente um eterno “não”, entretanto, esse “não”, não está relacionado com o seu sentido de negação propriamente dito, mas sim, no sentido de conciliação, onde o novo conhecimento ou a experiência dizem não ao conhecimento ou experiência antiga, concretizando um salto para o alcance do conhecimento científico (VILATORRE; HIGA; TYCHANOWICZ, 2009).

O espírito científico para Bachelard é dialético, isto significa que o conhecimento não deve ser tomado como empirista ou unicamente racionalista, pois se assim fosse ele constituir-se em estruturas que provocam o entrave do conhecimento científico, ocasionando uma paralisação. É indispensável que o espírito científico seja construtivo e isso só é possível com as persistentes negações e rupturas que são estabelecidas nesse processo (BACHELARD, 1996).

Bachelard (1996, p. 293) descreveu que “[...] o espírito científico vence os diversos obstáculos epistemológicos e se constitui como conjunto de erros retificados. [...] A psicologia da atitude objetiva é a história dos nossos erros pessoais”. Este erro mencionado é gerado pelo que ele chamou de obstáculos epistemológicos. Tendo em vista esse trecho é preciso saber de que forma deve ser abordado e apresentado qualquer assunto em sala de aula, pois deve ser considerado as diferentes interpretações que os alunos podem ter, e findar em uma dificuldade na construção desse conteúdo (SANTOS, 2019).

2.2 Os Obstáculos Epistemológicos

Como mencionado no tópico anterior, a não ruptura do conhecimento antigo, seja ele o comum ou o científico, pode gerar o que Bachelard (1996) denominou de Obstáculo Epistemológico (OE). Ele ainda constitui a relação existente entre o perfil epistemológico e o OE, defendendo que um perfil epistemológico de certa cultura guarda a natureza dos OE que ela mesma superou, como por exemplo o conhecimento que uma certa tribo indígena tem que uma determinada planta é venenosa ou possui propriedades medicinais. Então dessa forma, é possível compreender que a construção do conhecimento científico decorre da superação desses OE.

Para o filósofo Bachelard, os Obstáculos Epistemológicos que surgem no decorrer do processo de construção do conhecimento foram superados pelo indivíduo, pela comunidade científica e que ao se apropriar desse conhecimento, ou seja, aprendê-lo, tenha também superado as suas antigas concepções sobre este conhecimento. É importante salientar que estes obstáculos não são inerentes apenas aos estudantes, está na mente de todo sujeito que fique na frente do novo ou aquilo que este sujeito não está familiarizado. Ainda é considerado por ele que esse processo mencionado acima não é fácil, já que “Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos” (BACHELARD, 1996, p. 18).

Na perspectiva bachelardiana, o ponto principal no processo de ensino-aprendizagem não está relacionado com a quantidade de conteúdos ministrados, mas sim que o sujeito possa superar os obstáculos, e que se aproprie do conhecimento científico daquele conteúdo. Dessa forma, o ensino não deve focar apenas no acúmulo de conteúdo e sim no que se pensa sobre o fato científico que gerou esse conteúdo (CARVALHO-FILHO, 2005).

No geral, os obstáculos epistemológicos teorizados por Bachelard (1996) se classificam em sete (7) categorias, como mostra o mapa conceitual na Figura 1: o obstáculo realista, o obstáculo animista, o obstáculo verbalista, que também é conhecido como obstáculo verbal, o obstáculo substancialista, o obstáculo do conhecimento geral, que também é chamado de generalista, o obstáculo da experiência primeira e o obstáculo unitário e pragmático.

A Figura 1 apresenta de forma sucinta o que são os OE, neste mapa conceitual pode-se encontrar quais são os OE, e suas principais definições, bem como correlações existentes em seus conceitos, observa-se também a construção do seu conceito do que é e como é gerado.

paradigma, ele estabelece o rompimento científico no momento em que coloca a necessidade de superação dos OE (PEREIRA, 2017).

O primeiro obstáculo a ser superado para formação do espírito científico é o obstáculo da **Experiência Primeira**, ou imediata, este por sua vez é identificado por Bachelard (1996) por estar coberto de intuições, fantasias, paixões, desejos, motivações, sentimentos e vaidade do saber. Então, para o filósofo, um espírito pré-científico possui um receio com relação aos fenômenos mesmo antes de procurar uma explicação para tais fenômenos.

A experiência primeira é encantadora, pois é de acordo com a busca da mente do indivíduo por tudo aquilo que é novo, situações e curiosidades, mas sempre preferindo e se atentando para as imagens do que para o conteúdo. Dessa forma, o desenvolvimento científico e o aprendizado não são beneficiados. E, de acordo com Bachelard (1996), o pensamento pré-científico:

[...] não se fecha no estudo de um fenômeno bem circunscrito. Não procura a variação, mas sim a variedade. E essa é uma característica bem específica: a busca da variedade leva o espírito de um objeto para outro, sem método; o espírito procura apenas ampliar conceitos; a busca da variação liga-se a um fenômeno particular, tenta objetivar-lhe todas as variáveis, testar a sensibilidade das variáveis. Enriquece a compreensão do conceito e prepara a matematização da experiência (BACHELARD, 1996, p. 38-39).

Sabe-se que a formação do espírito científico não se inicia na aula e nem pela repetição de atividades ou experimentos, pois o estudante ao chegar à sala de aula já possui o conhecimento empírico, que já está bem formulado pelas experiências vividas, abrindo um parêntese para salientar que o conhecimento empírico é diferente de conhecimento prévio, pois o empírico está relacionado com o conhecimento a partir de suas experiências fora da sala de aula, já o prévio é aquele que o aluno adquiriu durante sua vida escolar. O aluno não vai para a aula para absorver uma nova cultura experimental, ele vai para mudar a cultura experimental que ele já possui, e para isso, somente com ajuda da psicanálise do erro² inicial é que o professor será capaz de explicar conceitos iguais envolvidos em processos ou experimentos diferentes. É preciso que comece por um tipo de purificação intelectual e afetiva para se formar a cultura científica (BACHELARD, 2013).

No entanto, Bachelard (2013, p. 24) afirma que: “No decurso de minha longa e variada carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico. O educador não tem o senso do

² Estudo que se concentra em uma relação do desejo inconsciente do erro, pois somente por ele é possível ter indícios sobre aquilo que foi reprimido na mente do indivíduo (SINSSON E WINOGRAD, 2012).

fracasso justamente porque se acha um mestre”. Então, para o filósofo, o professor perceber esse erro pedagógico é extremamente importante para a identificação dos Obstáculos Epistemológicos, mas também desafiador por ser preciso reconhecer suas limitações e falhas.

Para Bachelard (2013), o obstáculo da experiência primeira possui vinculação de forma direta com o empirismo, tendo origem a partir do que foi vivido, visto e experimentado no mundo. Os sentidos e sensações gerados facilmente impressionam a mente e os fatos vistos tornam-se verdades, sem ao menos se questionar ou questionar o outro.

O segundo OE é o **Conhecimento Geral**, que consiste na generalização de conceitos, fenômenos ou leis. Para Bachelard (2013), este obstáculo está diretamente relacionado com o da experiência primeira, pois este transforma em verdade generalizações feitas apenas nas observações. Ainda para o filósofo, esta busca rápida da generalização pode trazer algumas generalizações mal colocadas, principalmente por não terem relação direta com a comprovação presente nos fenômenos que foram generalizados.

Para Bachelard (2016), as leis generalizadas foram eficazes para as suas épocas, mas não são mais, e ainda bloqueiam as ideias geradas na sua atualidade. Essas leis são claras, fechadas e completas e não geram o sentimento e a inquietação de se investigar mais a fundo os fenômenos, deixando todos satisfeitos com o pensamento, propiciando assim a perda do estímulo pela experiência.

Bachelard (2013) se utiliza de exemplos para demonstrar suas teses. Em um desses exemplos, cita a teoria do *ar fixo* de David Macbride do Século XVIII, no qual determinou, a partir do estudo sobre a carne e os legumes, que era o *ar fixo* que dava a coesão como um *vinculum* entre elas antes da fermentação. Em suma, David Macbride acreditava que o *ar fixo* é o dióxido de carbono, que antes da fermentação mantinha as estruturas unidas, e, após ela, era liberado fazendo com que essa matéria orgânica se tornasse *mole*. Bachelard (2013, p. 86) afirma que “[...] o ar fixo encontra um nome muito geral na experiência particular da ação do anidrido de carbono (CO₂) sobre a água de cal (solução de Ca(OH)₂)”.

O terceiro obstáculo é o **Obstáculo Animista**, que foi formulado por Bachelard (2016) baseado no construto teórico do fetichismo da vida, onde ele afirma “que seria fácil indicar a confusão entre o vital e o material com referência à ciência antiga ou à ciência medieval” (BACHELARD, 2016 p. 186). Isso se dá pelo fato do valor dado aos reinos pertencentes à natureza, mais especificamente ao animal e vegetal, quando comparado ao reino mineral.

Ao observar a química do Século XVIII até o Século XIX encontra-se que a maioria dos estudos eram feitos em matérias vivas e os químicos afirmavam que estas eram mais simples de se estudar ao comparar com a matéria inerte. Para a época era mais fácil pesquisar as propriedades dos tecidos vegetais e animais do que de substâncias metálicas, por exemplo, pois estas exigiam um trabalho bem maior (GEOFFROY, 1743).

Bachelard (2013) exemplifica vários químicos que focaram diretamente suas pesquisas nas matérias orgânicas, como Lavoisier, que investigava a cera de abelha, o azeite, amido, marfim e carne, e os químicos Fourcroy e Berzélius que mesmo por darem um maior enfoque para as matérias orgânicas, desenvolviam estudos sobre o reino mineral por consequência.

Bachelard (2013, p.187) afirma que “a vegetação e a animalização sejam fenômenos inversos aos da combustão e da putrefação”. Com essa afirmação, demonstra a sua teoria da relação existente entre os reinos, que foi bem aceita para o Século XVIII, pois reafirmava a filosofia biológica da época, onde o vegetal e o animal são colocados como base em todos os processos químicos. No entanto, mais a frente Bachelard destaca que para Berthelot (1902) o fenômeno inverso da reação de combustão é a redução e não a vegetação como afirmou Lavoisier (BACHELARD, 2013).

Bachelard (2013, p. 187) anuncia que “tudo o que se baseia na analogia dos três reinos sempre deprecia o reino mineral”. E essa passagem de analogias que ocorre de um reino para outro é utilizada até mesmo para explicar fenômenos muito simples. Um exemplo citado pelo filósofo é a afirmação de Poncelet (Abbé) (1769, p. 68): “a putrefação é para as plantas o que a mastigação é para os animais”. Então, para o autor essas analogias não expressam um conhecimento sólido e não geram nenhum experimento útil, é simplesmente uma busca incessante pelo que é natural, se não fossem feitas essas analogias com o vegetal e animal, esses pesquisadores trabalhariam apenas com abstrações.

No capítulo sobre o Obstáculo Animista, Bachelard (2013) traz alguns exemplos que estudiosos atribuem vida aos minerais, e em um desses exemplos tem-se a afirmação de Locques (1665), que assegura que existem doenças nos minerais. E, como este autor, outros também discutem sobre essas doenças e apresentam que a ferrugem é uma doença que o ferro está sujeito.

Seguidamente, Bachelard (2013) destaca vários pesquisadores que afirmaram que os minerais se comportavam como as plantas, as características mencionadas por eles são que os

minerais possuem a capacidade de crescerem, reproduzirem e renascerem, sendo essas afirmadas com base em analogias feitas em relação ao reino vegetal. Hecquet (1712, p. 136) demonstra sua analogia no trecho: “se as estacas para enxerto das plantas formam raízes, os estilhaços das pedras ou dos diamantes que foram lapidados, se enterrados na terra, reproduzem outros diamantes e outras pedras ao cabo de alguns anos”.

Em resumo, o Obstáculo Epistemológico animista está relacionado com as analogias feitas daquilo que é não-vivo com características que são pertencentes ao reino vegetal ou animal (BACHELARD, 2013). Dessa forma, o conhecimento científico fica prejudicado e pode gerar entraves no que se trata do conhecimento da Química. Leal (2009) apresenta um exemplo relacionado ao estudo do átomo, que diz: os átomos que não possuem oito elétrons na sua camada de valência sentem-se tristes, já que os possuem esses oito elétrons na camada de valência sentem-se alegres e felizes.

O quarto é o **Obstáculo Realista** é demonstrado por Bachelard através da psicanálise do realista e este é baseado no sentimento do ter, onde se prevalece acima de quaisquer outros. Pautada no pensamento formado a partir do senso comum e tem a capacidade de produzir uma ciência do geral e superficial (BACHELARD, 2013).

O realismo é o que valoriza apenas o conhecimento que é tátil e visual, ignorando o que não é puramente material. Para isso, o homem forma as imagens que estão apenas no plano das ideias buscando explicar fenômenos que são abstratos através de representações concretas. Nele existe uma supervalorização do objeto e conhecê-lo quer dizer que se pode descrevê-lo de forma completa apenas com suas propriedades (MELZER *et al.*, 2009).

No que diz respeito ao obstáculo realista, ele é identificado quando o indivíduo restringe seu olhar apenas para o fenômeno de forma macroscópica, não atingindo o aperfeiçoamento de uma visão microscópica dos conceitos científicos abordados. Sendo isto resultado de uma supervalorização de vivências simplesmente visuais e ainda ao pouco interesse em investigar e conhecer mais profundamente os conceitos ou teorias (LOPES, 1992).

Segundo Bachelard (2013), este obstáculo é considerado como uma compreensão errata da própria realidade, como também complexa que pode vir a influenciar o senso comum e isto é o que provoca a construção de uma ciência superficial; com a ruptura desse OE a construção do conhecimento científico pode ser tratada com mais profundidade.

O quinto é o **Obstáculo verbal**, que de acordo com Bachelard (2013), decorre do uso de palavras, termos científicos, analogias, jargões e metáforas de forma única para explicar algum conceito ou fenômeno, como constituição de toda a explicação. O autor se utiliza do exemplo da esponja para explicar como esse obstáculo funciona, para ele a função da esponja já é clara e distinta, na qual não se é necessário explicar, ao utilizar a palavra esponja para explicar algum fenômeno o aluno não formulará a teoria acerca deste fenômeno, mas sim pensará apenas na função da esponja nele. Então Bachelard (2013, p. 91), afirma que: “À esponja, corresponde, portanto, um *denkmittel*³ do empirismo ingênuo.”

Araújo (2016) consegue estabelecer uma relação entre os OE de Bachelard e a teoria dos ídolos do foro de Bacon (1999), onde essas teorias se diferem em relação ao significado do erro para a construção do conhecimento, pois para Bachelard esse erro é necessário para que ocorra a superação dele, mas para Bacon ele deve ser evitado. No entanto, o autor encontrou uma semelhança na teoria de Bacon com a ideia do obstáculo verbal de Bachelard, na qual se consiste na falsa explicação de uma teoria dada através de uma única palavra usada para explicar, pois para os dois filósofos as palavras podem gerar um efeito negativo de entrave, deturpação, contradição ou até mesmo persuasão para o intelecto do ser humano.

Mesmo depois de muitos avanços nas áreas filosóficas e científicas, muitos conceitos seguem sendo interpretados e representados por uma mesma linguagem, mas mesmo a realidade presente sendo vista com um novo ponto de vista estes conceitos podem vir a serem ineficientes, contribuindo para que ocorra um atraso na construção do conhecimento científico (ARAÚJO, 2016).

Já no sexto obstáculo, que é o **Obstáculo Substancialista**, Bachelard (2013) elenca que esta foca apenas no que está evidente, aquilo que é superficial. O autor ainda fala da existência de diferentes tipos de substancialismo, como menciona no seguinte trecho:

[...] um substancialismo do oculto, de um substancialismo do íntimo, de um substancialismo da qualidade evidente. Mas, ainda uma vez, tais distinções levariam ao esquecimento do aspecto vago e infinitamente tolerante da substancialização, ao descuido com o movimento epistemológico que é alternado, do interior para o exterior das substâncias, prevalecendo-se da experiência externa evidente, mas escapando à crítica pelo mergulho na intimidade (BACHELARD, 2013 p. 121).

Este obstáculo parte da observação superficial de um objeto ou fenômeno atribuindo-lhe explicações baseadas em suas características. Um exemplo básico é afirmarmos que a cor

³ Que traduzido do alemão é uma expressão: meio ou instrumento.

amarela é intrínseca ao Ouro (LOPES, 2007). Tais atribuições dadas a um objeto como a deste exemplo citado trava a construção do pensamento científico, pois a substancialização viabiliza uma explicação breve e rasa. Este OE relaciona-se com a tentativa de explicar de forma simplificada conceitos científicos complexos, bem como a utilização de exemplos que não possuem relação direta com conceito, este na busca de proporcionar uma compreensão facilitada da teoria pelo aluno (LOPES, 1992).

Outro exemplo citado pelo filósofo para compreender como se constituem as falsas explicações substancialistas é sobre a teoria de Boyle que atribuiu à eletricidade a qualidade de visco, como se ela fosse uma cola, ou se comportasse como uma, pois os corpos considerados leves conseguiam prender-se a um corpo eletrizado. Esta visão incompleta e imediata acerca da eletricidade representa apenas um único momento do fenômeno total, como explica Bachelard (1993, p. 128) “o fenômeno imediato será tomado como sinal de uma propriedade substancial: toda busca científica logo será interrompida, a resposta substancialista abafa todas as perguntas.”

O sétimo e último obstáculo ao conhecimento científico é o conhecimento **Unitário e Pragmático**, que diz respeito a uma valorização abusiva do conhecimento ou fenômenos a serem abordados. A perfeição desses fenômenos se enquadra como um princípio fundamental para a explicação para o espírito pré-científico, mas não para a formação do novo espírito científico (BACHELARD, 2013).

Quando alguns físicos foram escrever acerca da luz do sol utilizaram-se de termos divinos e trouxeram esse fenômeno como algo ungido de perfeição divina sob a ótica do que Bachelard (2016, p.105) chamou de “homem admirante que admira e que ama” o espetáculo admirável que no exemplo mencionado é o fenômeno da luz vinda do sol. Completa o autor ao dizer que essa busca pela elevação dos assuntos está diretamente relacionada a um ideal de perfeição que é cedido aos fenômenos. A perfeição serve como paradigma e comprovação para o estudo dos conteúdos dos fenômenos físicos, pois as observações feitas são um pouco menos superficiais do que elas realmente parecem.

Atribuir uma utilidade aos fenômenos era dar uma razão aos mesmos. Se uma determinada utilidade não fosse encontrada o fenômeno era tido como não explicado. O fenômeno podia ser concebido como irracional, pois apenas o útil era o que podia se explicar, portanto, a verdade estava ligada à utilidade (BACHELARD, 2013).

Santos (1998) trouxe em seu trabalho explanações e explicações sobre este OE, e ele consolidou como a busca da utilidade incessante de um fenômeno como única e direta forma de explicação, sem nenhuma associação com outros contextos.

2.3 A evolução do modelo atômico

Tales de Mileto se tornou um dos primeiros questionadores sobre a essência da matéria, no Século VI a.C., onde formulou que toda a matéria teria como essência a água (GREENBERG, 2009). Após isso, seu sucessor Empédocles de Agrigento (490 a 430 a.C.) apresentou a ideia de que a composição da matéria era formada pela junção de quatro elementos que possuíam a mesma importância (FERREIRA, 2013).

Somente por volta do Século V a.C. que dois filósofos pertencentes a escola de Mileto, Leucipo e seu aluno Demócrito (460 a 370 a.C.), postularam uma teoria atômica com coerência, na qual afirmavam que a natureza era composta por átomos, do grego “*atomos*” que quer dizer não-divisível, e vácuo, que vem do grego, “*vacuus*” (PULLMAN; REISINGER, 1998).

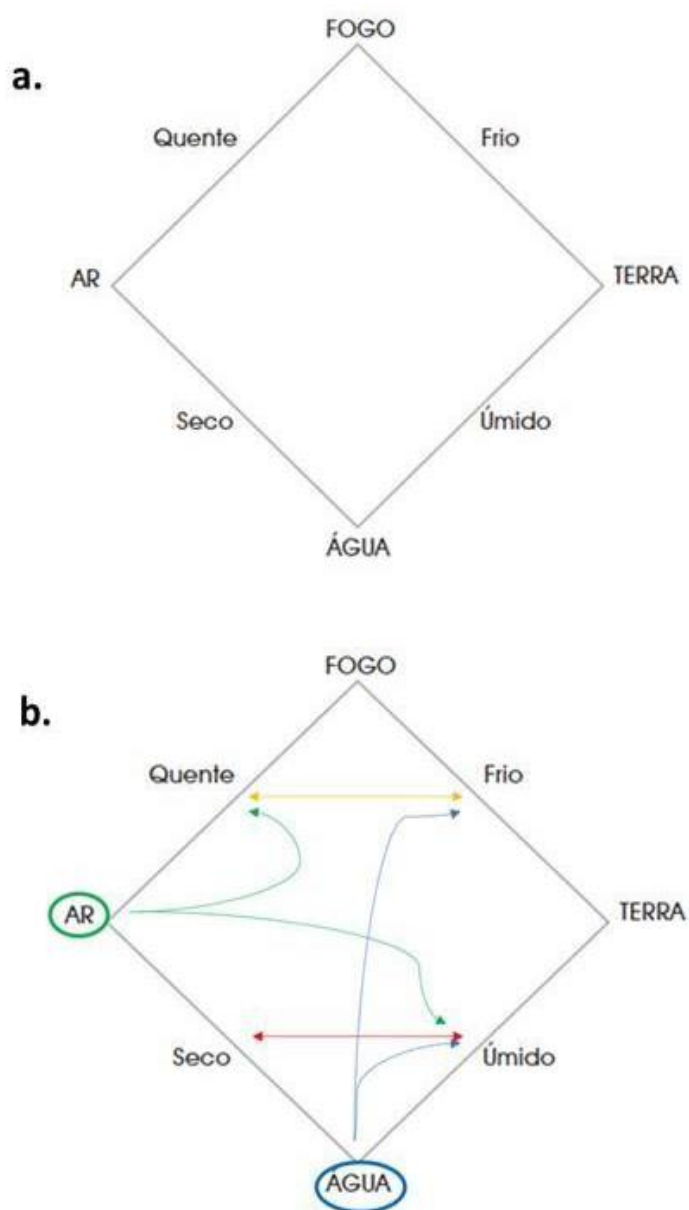
Aristóteles (384 a 322 a.C.) acrescentou à teoria de Empédocles dos quatro elementos duas duplas de qualidades contrárias, de acordo como mostra a Figura 2, onde a propriedade quente é contrária a frio e o seco é oposto a úmido.

A Figura 2a é a representação da junção dos quatro elementos e suas propriedades, e esta imagem é bastante utilizada e apresentada em diversos manuscritos de alquímicos até o Século XVIII, por muito tempo sendo aceita como a verdade para a composição de toda a matéria existente, a partir das diferentes combinações desses elementos (PULLMAN; REISINGER, 1998).

Para uma melhor compreensão de como esse quadrado ajudava os alquimistas, a Figura 2b (adaptada), demonstra a sua aplicabilidade com base (GREENBERG, 2009, p. 5), na qual cita as seguintes demonstrações e interpretação da imagem:

[...] um líquido (rico em água) é frio e úmido, enquanto seu vapor (rico em ar) é quente e úmido. Para vaporizar um líquido, basta adicionar calor – deslocar-se da aresta frio para a aresta quente do quadrado. Para dissolver um sólido (rico em terra), adicione úmido; para queimar o sólido, adicione quente (p. 5).

Figura 2 - Quadrado com os quatro elementos: a) com suas qualidades segundo Aristóteles; b) com ilustrações.



Fonte: a) Greenberg (2009, p. 5); b) adaptado de Greenberg (2009, p. 5).

Aristóteles não aceitou a teoria da existência do átomo e do vácuo, proposta por Leucipo e Demócrito, se declarando como antiatomista, como também mais a frente René Descartes (1596-1650) não aceitou a teoria atomística e nem a teoria aristotélica, pois descreveu que a matéria possuía dois princípios, extensão e movimento. Nos Séculos XVII e XVIII isto provocou alguns conflitos entre a escola de Descartes e a escola Corpuscular, esta escola baseada na teoria semelhante a atomística (PULLMAN; REISINGER, 1998).

O segundo nome marcante na história da evolução da teoria atômica é o de John Dalton (1766-1844) que mesmo tendo a sua formação inicial em matemática, sempre demonstrou interesse pelas ciências físicas e químicas, e para Viana (2007) este é o motivo pelo qual Dalton pôde ter uma perspectiva mais diferenciada dos químicos da época em relação à composição da matéria. Mas ele também elaborou sua teoria apoiada em vários químicos notáveis, mas havendo destaque maior para a tradição newtoniana inglesa.

Ao analisar a teoria atômica de Dalton, percebe-se que esta foi formulada com base em um acervo de seus trabalhos publicados, onde possuíam um maior foco em temas com relação a composição da atmosfera e aos gases, ou seja, sua teoria não surgiu do nada, e um desses trabalhos é o de William Higgins (1762 – 1825), na qual já expressaria seu pensamento sobre os elementos possuírem um determinado átomo em sua composição, bem como também que elas diferenciariam em número de massa (MORRELL, 1969).

Então a construção da teoria de Dalton não decorreu de uma elaboração repentina, pois passou por um processo, no qual teve início a partir do lançamento da 1ª Lei das Misturas Gasosas no ano de 1802 e só conclui por volta de 1810 (LOBATO, 2007). Mas de acordo com Viana (2007), neste mesmo artigo que Dalton publicou em 1810, ele relata que no ano de 1804 definiu sua teoria atômica.

A construção da teoria atomística de Dalton passa por dois períodos distintos, no primeiro, sua teoria é baseada em seus estudos sobre física, fundamentada no corpuscularismo newtoniano⁴. Já no segundo período, tem-se que seus estudos foram pautados a partir das discussões e críticas feitas pelos estudiosos conceituados da época, na qual o fizeram repensar e formular sua teoria com a união da proposta de Newton da partícula e com outras que possuíam afinidade química (VIANA, 2007, LOBATO, 2007).

Dalton propôs que os átomos que ele chamou na verdade de “partícula última” seriam maciços e indivisíveis, mas para se chegar a essa conclusão ele identificou que os átomos de um elemento qualquer são iguais, que os átomos podem ter massas diferentes a depender dos elementos, que compostos possuem uma determinada proporção de átomos diferentes e que em

⁴ “Newton acreditou no vazio durante grande parte de sua vida. Entretanto, por volta de 1740, para explicar a transmissão do calor e da eletricidade através de um recipiente de vidro, Newton sugeriu a existência de um fluido elástico entre as partículas – o éter e a isso deu-se o nome de corpuscularismo” (VIANA, 2007).

uma reação química ocorre uma recombinação dos átomos (ATKINS; JONES, 2006, DUTRA, 2019).

Dalton não mencionou a forma esférica dos átomos em nenhum de seus estudos, pelo contrário, sua forma dependia das propriedades específicas dos átomos. O conceito de volume molar veio ser posteriormente apresentado por Avogadro, que afirmou que gases diferentes de igual volume, contêm o mesmo número de moléculas, desconstruindo a ideia de Dalton acerca de "partículas última". A ideia dele era que diferentes fluídos elásticos, como era chamado o gás, não possuía o mesmo número de partículas, mesmo que possuíssem o mesmo volume e o mesmo peso (BROWN *et al.*, 2016; DUTRA, 2019).

Registros históricos oficiais indicam que Dalton anunciou sua pesquisa sobre a "última partícula" à comunidade científica em 21 de outubro de 1803, no Departamento de Literatura e Filosofia de Manchester. Deve-se notar que a maioria dos documentos históricos oficiais e originais sobre esse modelo atômico foram perdidos na Segunda Guerra Mundial (CAMEL, 2010).

Naquela época, ainda havia confusão conceitual dentro de alguns dos conceitos físicos, como o de peso e massa. Mesmo com o apoio de químicos de renome na época, como Berzelius e o sucessor do seu modelo, Thomson, a teoria atômica de Dalton ainda não tinha ganhado uma aceitação geral (DUTRA, 2019).

A próxima teoria atômica proposta é a de Joseph John Thomson (1856-1940), mas antes de começar a falar sobre ela, é preciso conhecer em que contexto histórico se encontrou Thomson. O fim do Século XIX decorreu-se da caracterização de uma boa quantidade de estudo de grande relevância na área da ciência, física, química e astroquímica, dos quais destacam-se os estudos sobre a radioatividade, raios catódicos, espectroscopia, efeito Zeeman⁵ e química quântica, sendo estes de uma notória importância para a concepção da teoria atômica (MELZER; AIRES, 2015).

De acordo com Lopes (2009) existiam muitas pesquisas sendo feitas em diferentes áreas por pesquisadores de grande relevância para o desenvolvimento da ciência. O autor então separa os pesquisadores de destaques de acordo com suas respectivas áreas, e ainda para ele todos estes

⁵ O efeito Zeeman é o desdobramento das raia espectrais de um espectro em resposta à aplicação de um campo magnético a uma amostra (BROWN *et al.*, 2016).

estudos realizados por esses pesquisadores possuem uma relação com as teorias atômicas que foram surgindo, pois todos pesquisavam os efeitos gerados pelo que a matéria era constituída.

Um outro aspecto importante para a formulação da teoria atômica foi a criação de um grupo de pesquisa, que possuía físicos experimentais importantes de Cambridge e teve seu apogeu no ano de 1874. E a implantação do laboratório de Cavendish, sendo este considerado por muito tempo como o maior centro de pesquisa sobre a constituição da matéria (FITZPATRICK, WHETHAM, 1910). Esta grande repercussão se deu bastante pelas pesquisas de Thomson, Rutherford, Nicholson, entre outros.

Lopes (2009) afirma que Thomson deu início a seus estudos muito cedo, por volta dos 14 anos de idade, estudou engenharia em Owens College, mas apresentava uma afeição pela física e algumas leis químicas, como também pela teoria atômica de Dalton. Em suas pesquisas acadêmicas sempre estudou sobre a eletricidade e o átomo. Começou a estudar o átomo vortex do Lorde Kelvin, onde publicou seu primeiro livro, *A Treatise on the Motion of Vortex Rings* (1883) (Um tratado sobre o movimento dos anéis de vórtice, tradução nossa), sugerindo que a capacidade máxima de combinação dos átomos fosse seis e que o número existente de vórtices que um átomo possui era igual a sua valência (CHAYUT, 1991).

Esta teoria do átomo vórtex levou muitas críticas, em especial de Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932), um dos mais importantes contribuintes de teorias físico-químicas e Arthur Schuster (1851-1934), físico britânico. Em 1890 Thomson resolveu mudar sua metodologia e começou a focar mais em teorias que possuísse uma representação mais mecânica e não-matemática (CHAYUT, 1991). Observa-se como a construção do conhecimento científico é feito de forma coletiva, cada pesquisador possui relevância dentro desse processo.

A publicação do artigo *On the cathode rays* (Nos raios catódicos, tradução nossa) no ano de 1897 o fez ganhar o prêmio Nobel de Física como reconhecimento das suas pesquisas experimentais acerca da condução de eletricidade em gases, ganhando repercussão internacionalmente e gerando debates, onde alguns cientistas alemães consideravam que os raios catódicos fossem compostos de partículas e outros franceses e ingleses achavam que eram um tipo de onda (THOMSON, 1985, p. 291).

Só em 1904 que J. J. Thomson apresentou sua teoria atômica baseada nas suas pesquisas que buscavam entender como se dava a distribuição dos elétrons a partir dos cálculos de carga e massa do elétron. Então ele propôs a seguinte teoria:

Nós temos primeiramente uma esfera positiva uniformemente eletrificada, e dentro dessa esfera um número de corpúsculos distribuídos numa série de anéis paralelos, o número de corpúsculos varia de anel para anel: cada corpúsculo está girando em alta velocidade na circunferência do anel que está situado, e os anéis estão distribuídos de forma que os com maior número de corpúsculos estão mais próximos da superfície da esfera, enquanto aqueles com menor número de corpúsculos estão mais internos (Thomson, 1904, p. 254-255).

Com base nessa afirmação de Thomson imagina-se o modelo atômico como ilustrado na Figura 3a.

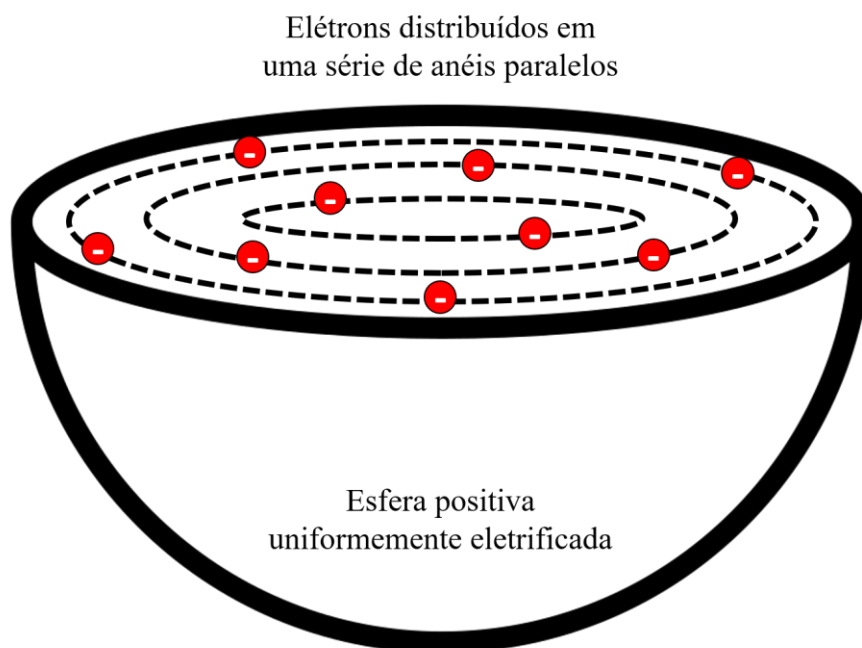
Formulou-se essa teoria baseada em cálculos para demonstrar quanto de corpúsculo⁶ cada anel suporta, e com o passar do tempo ele continuou por detalhar o modelo atômico com a utilização de analogias, exemplos e gráficos, incluindo a apresentação da distribuição eletrônica dos átomos que possuíam de 1 a 100 corpúsculos. Demonstrou suas ideias em relação às reações ou combinações químicas, troca de corpúsculo, eletronegatividade, eletropositividade e valência (THOMSON, 1907). Destacando que: “os termos eletronegatividade e eletropositividade são apenas relativos, e um elemento pode ser eletropositivo para uma substância e eletronegativo para outra” (THOMSON, 1907, p. 126).

Ao se comparar o modelo apresentado por Thomson em seu artigo com o que é apresentado em livros didáticos, Figura 3b, como por exemplo no livro de Química Geral Atkins e Jones (2006, p. 40), que afirma: “Thomson sugeriu um modelo de átomo como uma bolha de material gelatinoso com carga positiva e elétrons suspensos nela, como passas em um pudim”, observa-se que ele traz de forma errônea a representação desse modelo e a sua analogia com um pudim de passas (LOPES; MARTINS, 2009).

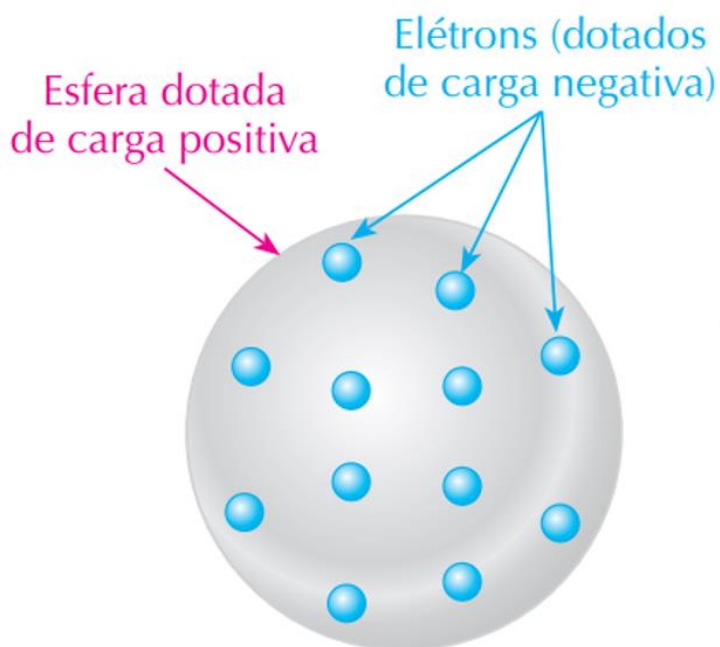
⁶ Forma que Thomson chamou os elétrons, pois este nome só foi dado por James Chandwick em 1932.

Figura 3 – Representação do modelo atômico de Thomson: a) de acordo com o seu artigo de 1904; b) representação encontrada em livro didático (Representação esquemática sem escala, em cores fantasiosas).

a)



b)



Fonte: a) autora, 2021; b) Peruzzo e Canto (2006).

Dos alunos de Thomson destaca-se Ernest Rutherford (1871-1937), que posteriormente tornou-se um pesquisador importante na área de radioatividade e atômica, onde deu

continuidade às pesquisas sobre sua teoria atômica (MARSDEN, 1956). Este destacou-se nos estudos sobre Raios X e eletricidade, posteriormente ao ir para o Canadá ganhou um prêmio Nobel justamente por seus estudos em radioatividade e ao voltar para Manchester provoca influência em vários físicos como Geiger, Marsden, Bohr, Darwin, entre outros (LOPES, 2009).

Rutherford concentra-se em pesquisas sobre partículas radioativas, como o espalhamento através de um bombardeamento dessas partículas em lâminas metálicas. Pesquisa esta realizada com o auxílio de Hans Geiger e depois de Ernest Marsden com intuito de compreender os desvios ocasionados nessas partículas (CONNOR, TURNER, 1965).

Os dois pesquisadores, Geiger e Marsden, deram continuidade às pesquisas sobre as partículas alfa em diferentes tipos de metais e chegaram a publicar um artigo, mas logo em seguida Geiger publica outro, apenas para explicar o porquê de se utilizar a lâmina de ouro preferencialmente nos experimentos, no qual é explicado pelo o ouro ser um metal que possui uma facilidade de se trabalhar e ainda ter os coeficientes de espalhamento melhores.

Então Rutherford buscou explicar este fenômeno, utilizando como base o modelo atômico de Thomson, no entanto ele encontrou uma falha neste modelo, pois o mesmo não explica o ocorrido com os ângulos de deflexão, levando Rutherford a considerar a existência de uma região central e periférica e um grande espaço vazio dentro (LOPES, 2009). A Figura 4 demonstra o esquema do experimento realizado por Geiger-Marsden e posteriormente estudado por Rutherford.

Figura 5 – Representação esquemática do átomo baseado na explicação de Rutherford (Representação esquemática sem escala, em cores fantasiosas).



Fonte: autora, 2021.

O modelo atômico que aqui será elucidado é o proposto por Niels Henrick David Bohr (1885-1962), que desde o seu mestrado fez pesquisas sobre o comportamento do elétron. Ao fim do seu doutorado, ele foi para Cavendish com intuito de trabalhar junto a Thomson, no entanto ao juntar-se com ele, Bohr mostra alguns prováveis erros existentes em um de seus artigos, prejudicando a sua permanência em Cavendish. Posteriormente, ele vai em busca de Rutherford e inicia pesquisas com partículas α , mais especificamente na variação dessas partículas (LOPES, 2009).

Lopes (2009) afirma que em 1913 Bohr publica um artigo que discute sobre a composição dos átomos e das moléculas, apresentando posteriormente, três trabalhos que demonstram a base teórica do seu modelo fundamentada em Rutherford e Thomson. No seu primeiro artigo ele pesquisa sobre o átomo de hidrogênio e chegando a algumas conclusões e teorias a respeito dos átomos, então lança o conceito de estados estacionários, que para ele são órbitas eletrônicas ou órbitas estáveis, e nesses estados estacionários os elétrons de átomo não podiam absorverem e nem emitirem energia, na qual aconteceria ao passarem de um estado para outro.

Como o modelo atômico de Rutherford, o de Bohr também possuía um núcleo pequeno e que além de possuir carga positiva também é onde se encontra toda a massa do átomo. Este modelo também possui elétrons girando em torno do núcleo, assim ele deixa evidente que partiu

do modelo de Rutherford para desenvolver o seu modelo. Bohr (1963, p. 133) postulou, “que os elétrons estão dispostos em intervalos angulares iguais, rodando sobre anéis coaxiais em torno do núcleo”.

Os dados presentes neste artigo de Bohr (1963), são ainda postulados, pois a física ainda se encontrava na sua era clássica e não tinha passado para a quântica. Baseado na estrutura atômica apresentada no parágrafo anterior, ele elencou que de acordo com algumas regras publicadas no artigo de 1913 os elétrons ao mudarem da camada mais externa para camada mais interna ocorreria as emissões dos espectros, esta teoria possuía relação direta com as ideias quânticas e Planck e Einstein (LOPES, 2009).

O seu modelo foi comparado ao sistema planetário, onde os planetas giram em uma órbita ao redor do sol, no entanto de acordo com a física clássica o átomo não poderia existir dessa forma. Então Bohr reformulou seu modelo de tal forma que não gerou mais críticas. Afirmou que o elétron existente no átomo de hidrogênio ocupa um nível de energia na qual o átomo esteja estável e posteriormente conseguiu provar através de cálculos (KOTZ; TREICHEL, 2002).

Em resumo, o modelo de Bohr teve várias especificações, como o tamanho do raio de cada órbita aumenta quando o nível (n) em que o elétron se encontra aumenta, e, com esse aumento de n , a energia vai ficando menos negativa, podendo afirmar que quando um átomo possui seus elétrons nos níveis mais baixos de energia, pode-se dizer que ele está no seu estado fundamental (KOTZ; TREICHEL, 2002). No entanto seu modelo possuía um problema, pois não explicava os espectros de He^+ e Li^{2+} , além dos elementos presente na família dos metais alcalinos, pois assim como o hidrogênio, possuem apenas um elétron de valência (NIAZ; CARDELLINI, 2011; OLIVEIRA, 2016).

A teoria de Sommerfeld foi um aperfeiçoamento do modelo de Bohr, na qual incluiu os subníveis de energia nos orbitais, e em cada orbital ainda acrescentou a órbita circular, ele também propôs orbitas elípticas igualmente para os subníveis de energia, outro aspecto apresentado por ele foram as correções relativísticas que conseqüentemente observou-se que para cada movimento constante sob a influência de uma central, o elétron que apresenta massa

m descreve uma elipse com um periélio⁷ em precessão⁸, onde um de seus focos está no núcleo (NIAZ; CARDELLINI, 2011).

Então surgiu o modelo atômico de Bohr – Sommerfeld com as orbitais elípticas e foi largamente aceita pelos membros da comunidade científica, pois mostrou-se ser um modelo mais sofisticado ou melhorado do modelo de Bohr. As ideias de Sommerfeld foram apresentadas em seu famoso livro “*Atombau und Spektrallinien*” (Estrutura atômica e linhas espectrais, tradução nossa), publicado em 1919, no qual foi escrito para os estudantes e não para cientistas com base em cursos que ele mesmo lecionou na Universidade de Munique, e durante muitos anos foi conceituado pelos físicos da teoria atômica como uma “bíblia” (NIAZ; CARDELLINI, 2011; OLIVEIRA, 2016).

2.4 O Átomo na perspectiva de Bachelard

Bachelard em suas obras trouxe discussões sobre o período que houve a transição da ciência clássica para a quântica, por ele ter vivenciado essa época pode trazer importantes teorias. No livro “*Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*” (O pluralismo coerente da química moderna, tradução nossa), Bachelard (2009) demonstra, especialmente com relação ao átomo, o desenvolvimento do pensamento científico, afirmando que esta obra é um teste de filosofia química, não de história da química, pois ela apresenta argumentos que foram retirados dos fatos ocorridos no decorrer da história da química.

No capítulo III do livro supracitado ele relata sobre o problema filosófico da diversidade, afirmando que a conceituação do átomo tem uma enorme vantagem para fazer um estudo mais sistematizado da diversidade material. E fala também, que os preceitos atomísticos apresentam que átomos são sujeitos de composição, já que são gerados como consequência de uma decomposição (BACHELARD, 2016).

Outro livro que Bachelard fala da química é “*Les Intuitions Atomistiques*” (Intuições Atomísticas, tradução nossa), só que possui um enfoque apenas sobre o átomo. Nesta obra que foi lançada em 1993 ele relata sobre os primeiros atomísticos e afirma que:

O que faltava nos atomismos das épocas passadas para merecer o nome de axiomático é um movimento realmente real na composição epistemológica. De fato, não basta postular, com a palavra átomo, um elemento indivisível para reivindicar ter colocado o fundamento da ciência física como um verdadeiro postulado. Ainda seria necessário

⁷ Quando um corpo se encontra no periélio, ele tem a maior velocidade de translação de toda a sua órbita.

⁸ É um fenômeno físico que consiste na mudança do eixo de rotação de um objeto.

usar essa hipótese, pois a geometria usa um postulado. Não se deve limitar-se a uma dedução, frequentemente verbal, que tira consequências de uma única suposição; mas, pelo contrário, devemos encontrar os meios de combinar vários caracteres e construir novos fenômenos por essa combinação. Mas como teríamos a possibilidade dessa produção, pois pensamos apenas em provar a existência do átomo postulado do que em reificar uma suposição. A teoria filosófica do átomo interrompe as perguntas; ela não sugere (BACHELARD, 2016 p. 108 tradução nossa).

Então para Bachelard o maior foco das teorias atômicas iniciais era explicar como seria o átomo e se realmente a sua existência tinha a possibilidade de ser provada. Então, por um bom tempo a concepção de que a matéria era constituída ou formada por átomos não foi aceita pela comunidade científica (BACHELARD, 2016). Isto posto pode ser observado ao analisar-se a seguinte citação: “[...] se as leis conhecidas do campo eletromagnético são verdadeiras, o átomo pode consistir apenas de elétrons e, se não forem, não há provas da existência de elétrons.” (CAMPBELL, 1925 *apud* BACHELARD, 2016, p. 115, tradução nossa), ou seja, não existiam provas suficientes para afirmar que o átomo possuísse uma estrutura.

O átomo esteve presente, nas mais variadas doutrinas, considerando para cada uma, significados diferenciados. Com base nisto, Bachelard discursa nos capítulos do livro “*Les Intuitions Atomistiques*” (Intuições Atomísticas, tradução nossa) sobre o atomismo em algumas escolas, nas quais ele as denomina de atomismo realista, o atomismo positivista, o atomismo criticista e o por último o atomismo científico moderno (BACHELARD, 2016).

Ainda falando sobre as propostas de conceito de átomo, tratados pelos antigos gregos, Bachelard (2016) ressalta que:

Atualmente, existem muitos cientistas que se recusam a associar as filosofias de Demócrito e Lucrécio ao atomismo científico moderno. Ousamos ir além: as doutrinas do atomismo antigo não nos parecem ter propagado uma influência real nos tempos modernos; eles realmente não inspiraram as teorias de Gassendi, Huyghens, Boyle, nem as pesquisas de Dalton. (BACHELARD, 2016, p.16 tradução nossa).

Então, é impossível não observar e trazer essas afirmações para esta época, onde os livros didáticos não condizem com tais afirmações de Bachelard, pois os livros afirmam que para Dalton construir seu postulado ele retomou conceitos de Demócrito sobre átomo. Em seu livro Bachelard já defendia que não houve relação nenhuma entre os dois postulados, e mesmo assim essas ideias se perpetuaram até hoje (FERREIRA E PEDUZZI, 2014).

De acordo com a conjectura feita por Bachelard, o atomismo como concepção possui sua origem a partir da observação de algum fenômeno e sempre com questionamentos. Foi dessa forma que se obteve a percepção de que a matéria poderia ser formada de partículas pequenas e com base nisso Bachelard apresenta sua concepção a respeito da relação entre as

teorias atomísticas e a poeira, tendo em vista que o atomismo emergiu a partir de observações feitas do fenômeno ocorrido no espalhamento da poeira, Bachelard (2016) mencionou que:

Se a experiência usual não nos apresentou os vários fenômenos da poeira, presume-se que o atomismo não teria recebido filósofos uma adesão tão rápida e que ele não conhecia um destino tão facilmente renovado. [...] Pelo contrário, devido à existência de poeira, o atomismo conseguiu receber, desde o início, uma base intuitiva que é permanente e rico em sugestões (BACHELARD, 2016, p. 22, tradução nossa).

Bachelard (2016) declarou que a imagem da poeira é a forma mais simplificada do atomismo e complementa que, exatamente por ser mais primitiva e simples é a explicação de ser durável. Ele ainda considera que o fenômeno da poeira é de relevância para a compreensão da pedagogia do atomismo. Em síntese o autor afirma que atomismo é uma teoria de inspiração visual e que a poeira é absorvida sob o mesmo olhar que ilustra a primeira lição do atomismo.

A partir da observação de J. J. Thomson no experimento realizado ele chega à conclusão de que dentro do átomo existia outra partícula que seria o elétron, ele consolida que, com esses fenômenos elétricos demonstrados, foi possível desvendar a complexidade de alguns átomos. Mas quem nomeou de elétron foi George Johnstone Stoney (1826 – 1911), pois na verdade Thomson postula que o átomo possuía cargas negativas e ele as denominou de corpúsculo (PULLMAN; REISINGER, 1998).

Com a descoberta da existência do elétron, Bachelard (2009) incluiu uma epistemologia nova, na qual proporcionou a junção da teoria com a experimentação, já que o problema ainda era provar que o átomo existia. E a fim de apresentar a ruptura existente entre as diferentes formas de experimentação, o autor, através de J. J. Thomson, elenca algumas questões envolvidas na diferença de interpretação, e os avanços realizados ao considerar-se o átomo eletrizado:

[...] devem-se ao fato de que um átomo não eletrizado nos engana tão bem que, enquanto o número de átomos não ultrapassar 1 bilhão, não temos nenhum meio sensível para constatar sua presença; [...] O átomo ou a molécula eletrizada, porém, é bem menos discreto, a tal ponto que foi possível, em alguns casos, detectar a presença de um único átomo eletrizado; (THOMPSON, 1919 *apud* BACHELARD, 2009, p. 141).

Por consequência, na química contemporânea na época de 1930, estava sendo cada vez mais considerados pela comunidade científica que os cátions e os ânions são elementos passíveis para explicação das reações químicas. Destacando que para comprovar é só consultar “[...] um livro didático [...] para ver a novidade e a simplicidade que as considerações elétricas trazem à coordenação das experiências químicas” (BACHELARD, 2009, p. 141).

Os MA onde os elétrons ficam parados são chamados por Bachelard (2009) de modelos estáticos, nestes enquadra-se o modelo postulado por Thomson, já os que se encontram em movimento são intitulados de modelos cinéticos. Dessa forma, o autor apresenta as dificuldades que tal modelo atômico possui. Primeiramente, o autor aponta que em um átomo encontram-se corpúsculos de carga positiva de um lado e no outro lado corpúsculos com cargas negativas. Mas a partir de Coulomb, tem-se o conhecimento que: “[...] cargas de nomes contrários se atraem na razão inversa do quadrado da distância. Para as distâncias interatômicas, muito pequenas, a força de atração deve ser enorme” (BACHELARD, 2009, p. 153). Então, estas cargas devem entrar em contato e possivelmente se percam uma da outra, neutralizando, podemos então perceber uma contradição (BACHELARD, 2009).

Por esse motivo Thomson tentou encontrar uma solução pra resolver esse problema da sua teoria, das cargas opostas, então ele acrescenta a seu postulado a força repulsiva dos corpúsculos com cargas iguais, afirmando que quando as distâncias eram pequenas entre os elétrons a energia de repulsão predominava impedindo o choque de cargas opostas (BACHELARD, 2009).

Agora acerca dos modelos cinéticos, tem-se o modelo atômico de Rutherford, que para Bachelard (2009) a experiência que serviu como ponto de partida foram os estudos do raio X, mais especificamente a sua trajetória no momento em que eram expulsos pelo rádio, no momento em que essas trajetórias atravessaram diferentes meios. Dessa forma, um enorme número de partículas α atravessaram as películas metálicas sem desviar-se, provando que os átomos possuem um caráter lacunar, ou seja, que possuem lacunas. Este experimento abordado por ele foi mencionado no tópico anterior e também se encontra com uma certa frequência em didáticos de química, seja de nível médio ou superior.

Então a partir dessa experiência, Bachelard (2009, p. 162) afirma que: “já não se pode atribuir ao átomo a característica compacta que era tão natural na hipótese primitiva do átomo indivisível. Essa experiência marca portanto um momento decisivo da evolução das ideias atomísticas”. Mesmo Rutherford não tendo a intenção de formular um novo postulado atômico ele realizara pesquisas com partículas elétricas e de acordo com Marques (2006) suas contribuições mais importantes estão relacionadas com a estrutura nuclear do átomo.

Mais uma vez Bachelard (2009) discute sobre o modelo assim como o de Thomson não se sustentar e para ele a explicação facilitada no modelo de Rutherford produzira um obstáculo que parecia ser insuperável. Em suas palavras tem-se que: “[...] do momento que se postula que o elétron gira com rapidez prodigiosa em torno do núcleo, cabe concluir que o elétron emite ondas magnéticas” (BACHELARD, 2009, p. 164).

Desse modo ele faz a seguinte indagação, a partir da perda de energia que é causada pela emissão de radiação, como esses elétrons reagirão? Logo explica que conforme o elétron emite radiação, ele perde sua velocidade, ao chegar a um determinado ponto onde sua força irá diminuir, aproximando-se do núcleo. Se isso acontecesse a emissão de radiação deveria acontecer de maneira contínua, mas não é isso que acontece no experimento, onde os espectros obtidos possuíam um aspecto de linhas (REIS, 2015).

Por conta disso Bachelard (2009, p. 165) afirma que: “ou é preciso renunciar ao átomo cinético, ou é preciso retirar o movimento do elétron das regras da eletrodinâmica clássica”. Mas Rutherford continuava a insistir em seu modelo atômico baseado nas leis da mecânica clássica de Newton, mesmo com a proposta de Bohr já sendo melhor aceita por explicar pontos que não foram explicados por ele, como por exemplo a respeito do problema com a estabilidade do átomo (MARQUES, 2006).

Para resolver o problema da radiação, Bohr propõe uma premissa algébrica, na qual os valores de energia do elétron entre duas órbitas estáveis, onde acontece o salto, são iguais ao valor da multiplicação da constante de Planck⁹ (h) pela frequência (ν) de radiação, na qual se propaga, sendo então formada a fórmula¹⁰ que se torna muito importante para a teoria atômica.

Com base nessa perspectiva era necessário que surgisse uma nova forma de pensar sobre o átomo e o comportamento de suas partículas, e para Bachelard (2009) a ideia de Bohr tentara explicar, mas possuía: “um conjunto muito desajustado de suposições” (BACHELARD, 2009, p. 167), pois as órbitas mencionadas por ele são separadas por um nada energético. Percebe-se uma inadequação dos conceitos apresentados por Bohr, tendo em vista a teoria clássica da

⁹ A constante de Planck, representada por h , equivale a $6,6260 \times 10^{-34} \text{ m}^2 \text{ kg/s}$ (BROWN *et al.*, 2016).

¹⁰ “ $W - W' = h\nu$, em que W e W' representam valores da energia do elétron sobre cada uma das órbitas estáveis entre as quais ocorre o salto, h a constante proposta por Planck no problema da radiação do corpo negro e ν a frequência da radiação que se propaga [...] em consequência da contração energética do átomo” (BACHELARD, 2009, p. 172).

matéria. A estabilidade da matéria e a representação do espectro de hidrogênio se contrariam à racionalidade (REIS, 2015).

O modelo de Bohr passou a utilizar-se da nova mecânica, no entanto ainda possuía conceitos baseados na mecânica clássica, ele então afirma que: “Adotei um ponto de vista razoável em relação a questão delicada da utilização simultânea da antiga mecânica e dos novos pressupostos introduzidos pela teoria da radiação de Planck” (BOHR, 1963, p. 142).

Com intuito de potencializar os conhecimentos acerca de como a ciência se constrói e como ocorre a construção e desenvolvimento dos conhecimentos científicos Reis, Kiouranis e Silveira (2017) discutem em seu trabalho sobre como reflexões históricas e epistemológicas possuem importância para a aprendizagem do conceito do átomo no ensino de química. Estas fundamentações baseadas em Bachelard demonstram a necessidade da problematização e contextualização dos conceitos do átomo e a sua construção, na qual possa permitir aos estudantes a compreensão crítica de tais construtos teóricos científicos (REIS; KIOURANIS; SILVEIRA, 2017).

2.5 Narrações Multimodais (NM)

Neste tópico abordar-se-á sobre os construtos teóricos das Narrações Multimodais, por ser uma metodologia nova este tópico dedicou-se para melhorar a compreensão acerca da sua aplicação, sendo então divididas em 4 subtópicos. O primeiro: O que é e como surgiu uma NM, trazendo o contexto histórico de como surgiu e principalmente o que é a NM, já no segundo tem-se: Características e estrutura de uma NM, no terceiro: Como se faz e para que serve uma NM, e por último: Narração Multimodal X Narrativa. Este último apresenta-se como um comparativo entre esses dois tipos de narrativas.

2.5.1 O que é e como surgiu uma NM

Com base no livro, *Researching Your Own Practice: The discipline of Noticing* (Mason, 2002) (Pesquisando Sua Própria Prática: A Disciplina de Notar, tradução nossa) um grupo de pesquisadores conduzidos por Joaquim Bernardino Lopes deu início ao desenvolvimento e aperfeiçoamento de um instrumento de coletas de dados de pesquisa que fosse confiável para a prática de ensino e que preservasse a natureza complexa e holística da sala de aula (Lopes *et al.* 2014).

Este livro foi inspirador por promover a percepção de que era preciso utilizar-se de uma recolha de dados mais diversificados, de modo que chegaram aos seguintes tipos de levantamento de dados: gravações de áudio, anotações feitas pelos professores, esquemas, fotos da lousa, figuras, *software* ou simulações usadas, filmes apresentados, organização espacial da sala de aula com o posicionamento predominante do professor e estudantes, cadernos e anotações dos discentes, materiais didáticos usados nas aulas, como as apresentações de slides, sínteses das aulas, atividades, entre outros dados, provas aplicados aos discentes, atitudes, conceitos e competências (LOPES *et al.* 2008).

A *posteriori*, começaram a surgir as primeiras narrações, mas ainda sem elementos multimodais. Estas primeiras narrações foram objetos de estudo de um processo sistemático de análise de vários professores e pesquisadores, de modo a solucionar problemas que foram detectados, a exemplo, o foco e a objetividade. Soma-se a isto a estabilização de critérios para um protocolo de elaboração, para deixar explícitos os elementos integrantes e suas características, com a finalidade de identificarem-se as características que evidenciavam diversos narradores (LOPES; VIEGAS; PINTO, 2018).

Para a utilização dessas narrações no estudo sobre a mediação do professor em sala de aula fez-se indispensável procurar uma forma de padronizar, a fim de que todas as narrações possuísem os mesmos elementos e características, e ainda a propriedade de comparação entre si (LOPES; VIEGAS; PINTO, 2018).

Um dos problemas mencionado por Lopes, Viegas e Pinto (2018, p. 22) que precisava ser resolvido é que “a narração não poderia focar-se no que chamava a atenção do professor, pois isso aumentaria a subjetividade do relato, dificultava a comparabilidade com outras narrações e impedia que se soubesse o que realmente tinha acontecido na aula”.

Dessa forma, o narrador poderia inserir preocupações e especulações que gerariam mudanças e omissões de acontecimentos na narrativa, sendo necessário então que a narração tivesse seu foco separado dos interesses do narrador. Mais um problema a ser resolvido era a subjetividade com relação ao tempo cronológico dos passos da narrativa. Ademais, era preciso que a narração tivesse um fio narrativo cronológico e sem lacunas (LOPES; VIEGAS; PINTO, 2018).

Em 2010, com o intuito de desenvolver um instrumento de pesquisa que fosse eficaz na investigação da mediação do professor dentro de sala de aula e que pudesse servir de análise

para a sua prática docente com o decorrer de suas atividades, Lopes e seus colaboradores desenvolveram a NM, e em 2011 utilizou-se pela primeira vez a expressão *Multimodal Narrative* na literatura internacional (LOPES *et al.*, 2011). Com ela o professor não seria capaz de interferir nos resultados adquiridos, e para isso era fundamental recolher dados que absorvessem e preservasse a prática letiva (LOPES *et al.*, 2011, 2014).

A NM é um documento que descreve em ordem cronológica e multimodal, as ações e falas de professor e alunos no contexto de ensino, onde então reunidos todos os dados, sejam eles dependentes ou não do professor, de acordo como protocolo de construção de NM descrito por Lopes et al., (2014). Este evita a dificuldade de manipular múltiplas fontes de dados, pois ela é autossuficiente e sucinta, bem como também incorpora fragmentos de dados coletados apresentando as atitudes, intuítos, decisões, silêncios e movimentos do docente e do discente (LOPES *et al.*, 2014).

2.5.2 Características e estrutura de uma NM

O processo de construção de uma NM, embora complexo, permite estruturar os dados recolhidos, ajudando na reflexão sobre a prática de ensino e na melhoria da percepção que o próprio professor forma da sua aula. Com alguma prática, a interiorização do processo torna a sua construção em um sistema metódico, útil, permitindo uma (auto) reflexão acerca das práticas de ensino. Este processo passa por três fases essenciais estabelecidas num protocolo com indicações para: (a) a coleta de dados da sala de aula; (b) o narrador construir a NM, fazendo um documento único; e (c) validar uma NM. Estas devem atender um protocolo, que consiste em:

1. Descrever as intenções do professor;
2. Preservar a natureza holística e complexa do processo de ensino-aprendizagem;
3. Descrever com multimodalidade este processo;
4. Permitir a verificabilidade dos eventos narrados;
5. Comparação entre diferentes NMs feitas por diferentes professores e/ou pesquisadores;

De acordo com Lemke (2005), o processo de ensino-aprendizagem, a produção e o uso do conhecimento científico são naturalmente multimodais, pois possuem vários modos, meios,

modalidades e recursos envolvidos. Como também existem diferentes línguas e formas de escrita, fala, entre outras, Martínez *et al.* (2012) afirmam que esta natureza multimodal do ensino de ciências exige a recolha de diferentes dados e devem incluir artefatos instrutivos.

Uma característica importante na NM são os episódios, estes de acordo com Lopes (2010a) são determinados desde o momento que se inicia uma atividade até o momento que o professor a finalizar ou iniciar outra, começando um novo episódio.

Para Bot *et al.* (2005) as tarefas exercessem uma função importante no processo de ensino-aprendizagem e de acordo com Redish (2003) e Crisp (2012) a atividade, se for de forma investigativa, pode proporcionar uma aprendizagem de diferentes conteúdos, bem como dos que envolvem a elaboração e organização do conhecimento científico.

Levando em consideração a importância da atividade para o processo de ensino-aprendizagem, as NMs têm como principal foco os episódios, que são delimitados pelo início e fim de uma atividade, pois, desta forma, as NMs podem ser comparadas mesmo que tenham sido feitas de diferentes aulas e por diferentes narradores. Os episódios devem estar centrados na seguinte característica: sequência de episódios bem definidas, podendo também apresentar subepisódios, determinadas por subtarefas apresentadas pelo professor e possuem a mesma estrutura. Outra característica de uma NM é que normalmente ela é escrita pelo próprio professor que ministrou a aula a ser narrada, mas também pode ser feita por pesquisadores (LOPES *et al.*, 2014).

A principal característica de uma NM descrita por Lopes *et al.* (2014) é a sua escrita, que é feita de forma modular, na qual são determinados pelos episódios, onde serão apresentados início, meio e fim de cada tarefa proposta pelo professor, podendo esta ser realizada em minutos ou em uma aula inteira, devendo ser bem observada, pois não necessariamente o docente conclui a atividade e já inicia a próxima de forma clara, cabendo ao narrador entender que um episódio terminou e outro se iniciou.

Lopes *et al.* (2018) afirmam que a NM é uma descrição real do que acontece durante a aula, podendo imergir o pesquisador ou um simples leitor para os acontecimentos. É também completa, pois deve permitir apontar as diferentes vertentes utilizadas, sejam elas pedagógicas, psicossocial, didáticas ou epistemológicas. Outra característica é o seu aspecto multimodal, determinado pela coleta de inúmeros dados da aula que levam em consideração a multimodalidade do ensino (LOPES *et al.*, 2018).

O documento final é verificável, pois passa por uma análise externa, feita por professores pesquisadores, na qual possuem acesso aos dados coletados e é possível verificar a veracidade do que foi narrado e descrito. Este documento final também é objetivo, ou seja, não possui justificativas dos acontecimentos narrados, no entanto deve mostrar a intenção do professor e por fim ele é útil, tanto para o desenvolvimento do profissional quanto para a investigação (LOPES *et al.*, 2014).

Mesmo a NM sendo uma história narrativa e essencialmente descritiva, ela tem seu foco nas ações e linguagens do professor, sendo ela genuína, singular, autocontida e compreensiva. Por utilizar dados multimodais que enriquecem e complementa a narração, ela é facilmente verificável por qualquer outra pessoa que não tenha assistido ou participado do seu processo de construção (LOPES *et al.*, 2010).

A NM é determinada por duas unidades, o processo e o produto. O processo é especificado por um protocolo de coleta de dados multimodais, sendo estes dependentes e independentes do professor que ministra a aula. E o produto é a Narração Multimodal como documento validado e finalizado que é utilizado para diferentes fins de pesquisa e investigação sobre a prática docente (LOPES; VIEGAS; PINTO, 2018).

A estrutura da NM é constituída por duas partes essenciais, a primeira parte consiste na apresentação da narração e um resumo contextualizado do seu teor. Nesta parte apresenta-se basicamente um sumário de toda a aula, contendo também referências na qual a aula está embasada, como o que já foi trabalhado pelo docente em aulas anteriores, a organização espacial e posição dos alunos na sala, quantidade de alunos, objetivos que o professor pretende alcançar com a aula, tempo da aula e dos episódios entre outras informações que o narrador julgar importantes para compreensão da NM (LOPES *et al.*, 2014).

Já a segunda parte é constituída pelos episódios e subepisódios, se houver, onde se concentram nas ações do professor e dos alunos, produtos e linguagem. Tal estrutura e foco são cruciais para permitir a comparabilidade entre diferentes NMs concluídas por pessoas diferentes. Como resumo completo sobre NMs, apresenta-se na Figura 6 um mapa conceitual, na qual contém suas características e conceitos importantes de forma clara e objetiva.

A partir da Figura 6 pode ser observado que as NMs possuem uma complexidade em sua formulação de protocolo de elaboração e sua construção e ainda que possuem uma riqueza de detalhes das aulas e tudo aquilo que ela engloba (LOPES *et al.*, 2014).

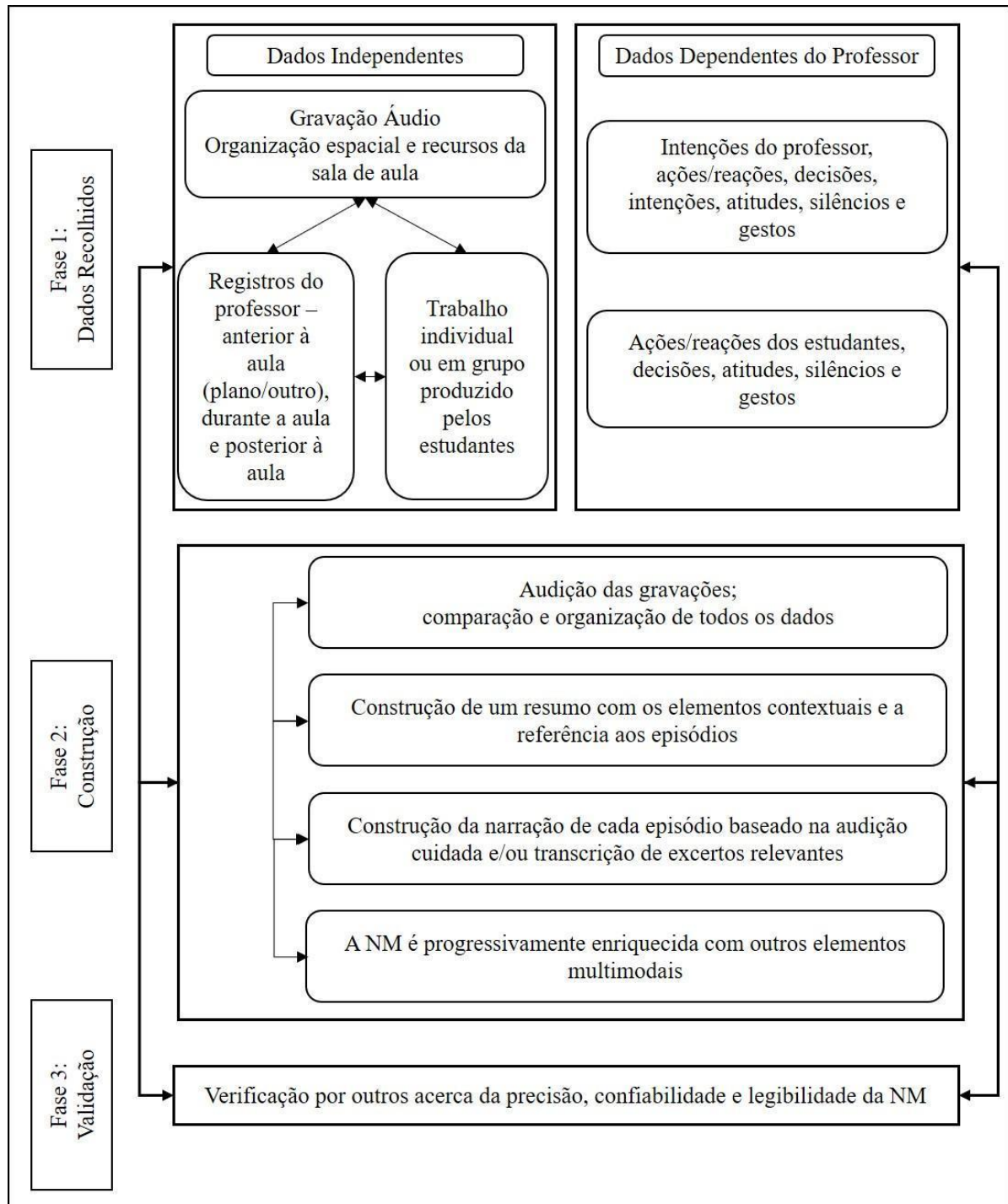
2.5.3 Como se faz e para que serve uma NM

Para a construção de uma NM são seguidos rigorosamente os passos descritos na Figura 7. Em resumo, deve ser feito primeiro a coleta de dados, dependentes ou independentes do professor, em seguida a elaboração com base nesses dados e no final a validação da NM. As NMs podem ser utilizadas no âmbito da investigação, da formação e do desenvolvimento profissional em contextos educativos e de outros profissionais que envolvam a interação humana. No âmbito da investigação, a NM apresenta-se como um instrumento que permite a organização e a sistematização de dados relevantes e diversos, tanto no volume de dados como na própria natureza diversa dos dados, relacionados com processos e contextos de ensino de Ciências e Tecnologia.

As NM preservam a complexidade dos ambientes profissionais e permitem a comparabilidade entre elas. Estas duas características permitem fazer investigação das práticas de ensino em extensão e/ou grande profundidade.

No âmbito do desenvolvimento profissional docente, a NM assume uma dupla potencialidade: a primeira consiste no aprofundamento de conhecimentos que permitam a melhoria da qualidade das práticas de ensino e da aprendizagem; e a segunda no desenvolvimento de comunidades práticas colaborativas entre professores, onde eles partilham experiências, visões e práticas de ensino, entre outras dinâmicas, contribuindo para o aperfeiçoamento de competências essenciais de desenvolvimento profissional, quer na formação inicial, quer na formação contínua de professores. Por fim, as NM podem ser utilizadas em outros contextos profissionais, no período de formação anterior e ao longo da carreira profissional.

Figura 7 – O processo e as fases de construção da NM.



Fonte: adaptado de Lopes *et al.* (2014)

2.5.4 Narração Multimodal X Narrativa

Como mencionado, a NM possui fio narrativo, como uma história. Mas é importante ressaltar que ela vai além de uma narrativa comum, por que de acordo com Lopes *et al.* (2014) a NM deverá explicitar a intencionalidade do professor nas suas ações, gestos e silêncios, deixando bem claro que é diferente de interpretar e categorizar os dados. Mas também é preciso ressaltar que são procedimentos diferentes de investigação, pois são pautados em referenciais teóricos diferentes, além de estarem relacionados com os objetos e objetivos de pesquisa que pretende investigar.

A diferença entre NM e narrativa parece ser pequena, no entanto ela é fundamental para se compreender que a NM é um pouco mais complexa e completa. Um ponto importante é que a Narrativa, com base em Clandinin e Connelly (2000), é a própria fonte de dados e depois de feitas algumas modificações é o relatório da pesquisa. Isso é contrário ao que se tem na NM, visto que é descrita e não explicada as intenções e decisões do professor que estão relacionadas aos episódios e subepisódios. No Quadro 1 são colocadas as principais diferenças entre elas e as características das Narrativas Comuns foram baseadas em Kramp (2004).

Quadro 1 – Comparação entre Narrativa e Narrativa Multimodal.

(Continua)

Características	Narrativa (características gerais)	Narrativa multimodal (características específicas)
Dados	Dados contidos na narrativa do professor com base em uma gravação de áudio ou de vídeo.	São necessários vários tipos de dados independentes (gravação de áudio ou vídeo, documentos produzidos pelo professor ou alunos, tarefas, organização espacial, instalações de sala de aula, etc). Uma NM é um relato do que acontece na sala de aula que incorpora todos os dados independentes com dados adicionais mantidos apenas pelo professor (intenções, decisões, atitudes, silêncios, gestos). Uma NM é uma unidade hermenêutica¹¹ constituída por todos os dados referidos.

Fonte: Lopes *et al.* (2014) tradução nossa.

¹¹ Significado da palavra hermenêutica: Interpretação dos textos, do sentido das palavras.

Quadro 2 – Comparação entre Narrativa e Narrativa Multimodal.

(Conclusão)

Características	Narrativa (características gerais)	Narrativa multimodal (características específicas)
Características Formais	Enredo Um ou mais caracteres. Ajuste em uma hora e em um lugar (eventos humanos em um tempo). Ponto de vista do narrador.	O enredo é a sequência de episódios (cada episódio começando com a apresentação de uma tarefa) narrando à sequência temporal de eventos. É verificável por dados independentes e estruturada pelos episódios e validado por outros professores e pesquisadores. Os personagens são o professor e os alunos. As configurações são de acordo com os dados independentes disponíveis, incluindo o tempo (dado pelas gravações) e os dados dependentes, apenas mantidos pelo professor. Isto é verificável pelos dados independentes. O ponto de vista do professor, encapsulando suas visões epistemológicas, éticas e educacionais e escolhas. Também sua teleologia é apresentada.
Estrutura	Os eventos são estruturados para demonstrar: (a) conexidade e coerência (b) direção através do tempo	A estrutura é definida pelas tarefas reais definidas para os alunos e seu sequenciamento. Os eventos são narrados por sua ordem real de ocorrência. Há uma estrutura externa explícita, baseada em episódios. Além disso, há uma macro-estrutura composta por duas partes: uma parte inicial com elementos contextuais explícitos e um resumo de todos os episódios, e a segunda parte com a narração detalhada de cada episódio.
Foco	Escolha de eventos para uma determinada finalidade. O foco muda de acordo com o narrador.	Episódios inteiros que acontecem na sala de aula, em particular, contabilizando as ações e a linguagem do professor e dos alunos durante cada episódio. O foco é o mesmo entre narradores, embora cada narrador tem um ponto de vista específico, específica para suas próprias circunstâncias.
Natureza	Apenas um documento	O NM é um único documento, com um enredo composto de eventos sequenciais, com elementos multimodais (a maioria deles dados independentes).

Fonte: Lopes *et al.* (2014) tradução nossa.

Tem-se que a NM possui algumas características de Narrativa, mas ela possui particularidades e aspectos adicionais, mais especificamente em relação aos dados coletados, sua estrutura e foco. Uma outra característica que se deve ressaltar é a validação que a NM é sujeita e a narrativa comum não precisa passar por esse processo.

3 CAMINHO METODOLÓGICO

Neste tópico abordar-se-á o caminho metodológico realizado nesta pesquisa, desde a abordagem metodológica utilizada; a descrição do instrumento de investigação, utilizado na coleta de dados e material para análise; descrição do sujeito e etapas de aplicação da pesquisa.

3.1 Abordagem metodológica

Para alcançar os objetivos propostos, optou-se por uma pesquisa de caráter qualitativo, a qual, de acordo com Godoy (1995), permite ao pesquisador uma melhor aproximação e compreensão dos fatos estudados, possibilitando a análise de forma integral, na qual diversos tipos de dados são coletados acerca do fenômeno em estudo.

Além disso, utilizou-se a metodologia do estudo de caso que é uma metodologia de pesquisa muito aplicada em áreas das ciências sociais e biomédicas, que possui seu foco em apenas um sujeito ou poucos (GIL, 2002).

Estudos mostram que esta metodologia surgiu a partir do método Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), que teve sua origem na Escola de Medicina da Universidade de *McMaster* em Ontário, no Canadá, por volta de 1970. Ela foi desenvolvida para que os alunos de medicina tivessem um contato com situações problemáticas reais, antes de concluírem o curso. A partir de então começou a se difundir para outras faculdades de medicina e com o passar do tempo para diferentes cursos, tanto de graduação como de pós-graduação (ANDRADE E CAMPOS, 2005), passando a ser empregado em distintas áreas, incluído o uso no ensino, de forma mais específica no ensino de ciências (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007).

Conant (1949), que foi professor da área de ciências da Universidade de Harvard, inaugurou a utilização do estudo de caso, pois organizou uma de suas disciplinas baseada nesse método, outros professores de química, biologia e física passaram a adotar também o estudo de caso (SÁ; FRANCISCO; QUEIROZ, 2007).

Mesmo não havendo um consenso entre os pesquisadores em relação aos passos a serem empregados na elaboração e aplicação da pesquisa, os pesquisadores Robert K. Yin (2001) e Robert E. Stake (2000) descreveram sete etapas para serem seguidas. De acordo com Gil (2002) a **primeira etapa** é a formulação do problema, na qual se configura como parte inicial de qualquer pesquisa. Já a **segunda etapa**, definição da unidade-caso, está relacionada com o

sujeito em um contexto estabelecido e podendo também ser delimitado no que se refere ao ponto de vista temporal ou espacial do caso a ser estudado. A **terceira etapa**, a de determinação do número de casos, pode ser feita de um único ou de múltiplos casos, sendo utilizado apenas um caso quando não se é possível ter acesso a múltiplos casos.

Na **quarta etapa**, a elaboração do protocolo, Yin (2001) afirma que esta etapa é produzida com a definição da conduta a ser praticada na execução da pesquisa, aumentando a confiabilidade desse método. Até aqui foram apresentadas as etapas que serão utilizadas nesta pesquisa antes da realização do protocolo das NMs. Pois apesar de existirem mais três etapas do método de estudo de caso, essas não serão utilizadas por se encontrarem dentro do protocolo de construção de uma NM.

No estudo de caso as três últimas etapas são: coleta de dados, análise dos dados e preparação do relatório, já na NM essas três etapas se encaixam apenas em duas fases: coleta de dados multimodais e construção da Narração Multimodal. Referindo-se a estes, serão descritos com mais detalhes na próxima sessão.

3.2 Descrição do instrumento de investigação

Os dados que foram coletados para a realização desta pesquisa são: gravações de áudio da aula, as anotações dos alunos, plano de aulas e/ou anotações do professor, fotos do quadro de acordo com anotações feita no mesmo, fotos da sala de aula durante a aula, materiais utilizados pelo professor para a construção da NM da aula investigada. O intuito foi capturar o que foi proposto pelo professor e o que foi realizado pelos alunos, as discussões geradas, os entraves dos alunos em relação ao assunto ministrado, os silêncios, reações e posturas dos alunos e do professor.

Seguindo o protocolo de construção de uma NM, após a sua finalização esta foi validada por um professor investigador que não teve conhecimento sobre a pesquisa e teve total acesso aos dados coletados a fim de verificar a veracidade da NM. Este foi escolhido a partir do conhecimento de um professor brasileiro de outro IF que fazia pesquisa na área de Narrações Multimodais e que ainda estava a cursar o doutorado na UTAD – Portugal. Vale ressaltar que de acordo com Lopes *et al.* (2010, 2014), a validação é um processo importante para a confiabilidade e a comprovação de que os fatos narrados são verídicos.

A NM teve a sua construção feita a partir de um modelo retirado do acervo na plataforma digital criada para divulgação dessa metodologia pelos professores investigadores, onde é possível ter acesso através do link: <<https://multimodal.narratives.utad.pt/search/>>.

3.3 Descrição dos sujeitos e etapas de aplicação da pesquisa

O público-alvo da pesquisa foi constituído pelo professor e os 30 graduandos, regularmente matriculados, no componente curricular de Química Geral I, 1º Semestre do curso de Licenciatura em Química do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – *Campus Iguatu*, município do centro sul do Ceará.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram observadas 3 aulas no componente curricular de Química Geral I do professor da disciplina em questão e construída uma NM de uma das aulas que referente ao conteúdo de MA em que houve maior participação dos alunos na aula. As aulas aqui observadas ocorreram no horário das 20:20h às 22:00h, ou seja, no segundo horário, após o intervalo de 10 min que é dado para os alunos lancharem, estes devem estar na sala às 20:20h, no entanto não é isso que ocorre, pois, os alunos acabam demorando um pouco a mais no intervalo, atrasando o início da aula que no caso desta narração multimodal só começou depois das 20:30h. Outra informação importante é que a maioria dos alunos vem e voltam no ônibus disponibilizado pelo IFCE, na qual sai às 22:00h e os alunos com intuito de não perderem esse transporte pedem para que o professor os libere um pouco antes para que dê tempo de chegarem até o ônibus.

No Quadro 2 tem-se o cronograma de execução da pesquisa, no qual apresenta-se as datas das aulas, os assuntos trabalhados em sala pelo professor, a etapa de desenvolvimento da pesquisa e a carga horária de cada aula.

Após entrar com o pedido de aprovação do Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) do IFCE e ter o parecer de aprovado com o número 4.426.243 (ver Anexo I), entrou-se em contato com a instituição e com o professor da disciplina de Química Geral I, e disponibilizou-se para a realização da pesquisa. Tendo início no dia 03/03/2020 como pode ser observado no Quadro 2, onde a pesquisadora foi apresentada aos alunos e eles puderam assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do CEP (ver Anexo II), dando continuidade às observações e acompanhamento do professor no dia 04/02/2020 e por último a aula do dia 10/03/2020, no qual foi feita a coleta de dados multimodais e construção da NM desta aula.

Quadro 3 – Cronograma de execução da pesquisa.

Data da Aula	Assunto da Aula	Desenvolvimento da Pesquisa	Carga Horária
03/02/2020	O que é matéria e suas propriedades;	Apresentação aos alunos e coleta de assinaturas do TCLE;	2 h/aula
04/02/2020	Constituição da matéria e introdução aos MA;	Apenas observação e acompanhamento do professor;	2 h/aula
10/03/2020	Atividade sobre MA desenvolvida pelo professor com participação dos alunos;	Coleta de dados e construção da NM dessa aula;	2 h/aula

Fonte: autora, 2021.

Apesar de terem sido observadas e coletado dados de 3 aulas, só foi feita a NM de uma aula que foi a do dia 10/03/2020, nas aulas anteriores foi observado o comportamento dos alunos e estabeleceu-se uma relação com professor para poder adquirir alguns dados dependentes dele, como seus gestos e intenções durante a aula com base nas aulas observadas e a partir da proximidade com ele. Outro motivo de ter realizado apenas uma NM foi pelo fato dessa aula ter sido a única com uma participação maior dos alunos, e como o objetivo desta pesquisa é investigar os OE na perspectiva dos discentes, era necessário que tivesse um pouco mais de participação.

Na aula do dia 04/02/2020 os alunos tiveram uma explicação sobre o assunto de modelos atômicos, falando um pouco sobre como se deu início aos primeiros postulados, desde Demócrito e Leucipo até ao modelo de Bohr e durante a aula do dia 10/03/2020 o professor anunciou uma atividade para que trouxessem na próxima aula, que se consistiu na realização de uma pesquisa sobre a evolução dos modelos atômicos já mencionado por ele, eles deveriam pesquisar e trazer anotação sobre e seria realizado um debate em sala. Como a seria a realização desse debate sobre o que alunos pesquisaram, o professor pediu para que os alunos que estavam presentes organizassem suas cadeiras em forma de meia lua. Ele liga o Datashow, mas acaba não utilizando no decorrer desta aula.

No Quadro 3 é apresentado um breve resumo das etapas e descrição do caminho metodológico desta pesquisa, onde a I Etapa consistiu na coleta de dados de cada aula, que podem ser dependentes ou independentes do professor, que foi apresentado na Figura 7. Lopes *et al.* (2014) ressaltam que os dados dependentes são: as suas intenções, ações, decisões, silêncios e gestos do professor e dos estudantes, realizados durante a aula. Já para os dados independentes temos: a gravação de áudio, a organização espacial da sala e seus recursos, somando-se a isto, os registros feitos pelo professor antes, durante e após a aula.

Após essa coleta de dados, foi iniciada a II Etapa, que consistiu na construção das Narrações Multimodais, nesta etapa foi preciso que a pesquisadora ouvisse todos os áudios referentes aquela aula, para então realizar a transcrição das falas. Após a conclusão da transcrição foi inserido os dados multimodais como as fotos tiradas durante a aula, das anotações do professor e dos alunos. No momento da escrita da NM foram adotados nomes fictícios para os participantes da pesquisa.

Depois da conclusão da NM, ela foi validada, conforme a III Etapa, pelo professor e pesquisador doutorando em Didática de Ciências e Tecnologias e utiliza as Narrações Multimodais em sua pesquisa na Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro (UTAD – Portugal) que não teve nenhuma relação com esta pesquisa e pelo professor que ministrou a disciplina. Esta escolha pautou-se na facilidade de se obter o contato com este professor, pois ele é também professor do IF, mas de outro estado. Vale ressaltar que, esta validação faz parte do protocolo e que a intenção é autenticar a veracidade dos episódios narrados e não a pesquisa.

Quadro 4 – Etapas de desenvolvimento metodológico da pesquisa.

Etapas	Descrição
I Etapa – Coleta de Dados	Coleta de dados multimodais da aula;
II Etapa – Construção da NM da aula	Narrativa e descrição das aulas com inserção dos dados multimodais;
III Etapa – Validação da NM	Professor Doutorando na UTAD – Portugal e professor da disciplina analisou a veracidade dos fatos narrados usando os dados coletados;
IV Etapa – Análise da NM	Busca de evidências de obstáculos epistemológicos, utilizando a categorização da NM.

Fonte: autora, 2021.

E por fim, tem-se a IV Etapa que consistiu na análise da NM que tem como finalidade identificar os obstáculos epistemológicos inerentes ao ensino de MA de acordo como descritos por Bachelard. A análise da NM foi realizada com base na análise de conteúdo (AC) de Bardin (2009), como sugere Lopes *et al.* (2014). Esta técnica constitui-se em uma análise feita a partir de uma categorização dos dados, que nesta pesquisa dividiu-se em 5 categorias de análise. Esta categorização será melhor descrita na próxima seção deste trabalho.

NM obtida nesta pesquisa está disponível no APÊNDICE A e pode ser consultada a qualquer momento. Por ser um documento independente não serão apresentados no decorrer do texto e também não serão colocados nos apêndices os dados multimodais coletados para sua construção, a validação já se configura como verídico tudo que nela é apresentado (LOPES *et al.*, 2018).

A partir da análise da NM utilizando a análise de conteúdo descrita anteriormente e embasado nos construtos teóricos propostos por Bachelard (2013) sobre OE será possível investigar se a NM possui potencial para a sua identificação, ou não, ou até mesmo se os dados coletados por ela são insuficientes para determinar se houve mesmo OE durante o processo de ensino-aprendizagem de Modelos Atômico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Categorização

A análise de conteúdo foi feita de acordo com Bardin (2009), onde a autora divide a sua obra em 3 capítulos. No primeiro, tem-se a organização da análise, no qual nesta pesquisa consistiu em analisar apenas a NM, então seguiu-se para o que a autora chama de codificação no segundo capítulo de seu livro. Esta foi feita com base no recorte e que se divide em Unidade de Registro (UR) e Unidade de Contexto (UC).

A UR é o que vai ser analisado de acordo com o objetivo da pesquisa, que aqui foram usados os seguintes códigos: os temas relacionados com os MA onde foram utilizadas analogias, comparações, generalizações, superficialidade no momento de se explicar algum conceito e uma única forma para explicar algo, na qual é denominado de código. Enquanto na UC é onde a UR está inserida, dentro do contexto, aqui foram os trechos da NM onde tem-se falas e representações feitas pelos alunos e o professor.

No último capítulo do livro de Bardin (2009), ela aborda sobre a categorização que foi realizada de forma expressiva e indutiva. Expressiva pelo fato de categorizar o que o sujeito investigado quis dizer, exemplificar ou mostrar ao utilizar aquele código da UR e apesar de ter se definido a UR e UC para a categorização, foi realizado a análise indutiva, pois algumas categorias só foram definidas depois da lida e marcação de trechos que a pesquisadora identificou pontos importantes que deveriam ser levados em consideração na pesquisa.

Então chegou-se na seguinte categorização apresentada no quadro 4 focou-se em que se tem uma única dimensão, diretamente relacionada com um dos objetivos desta pesquisa e esta dimensão foi definida então, como: discussões geradas na aula de MA.

Em seguida foram elaboradas duas subdimensões que são, respectivamente: intervenções feitas pelos alunos e intervenções feitas pelo professor. Dentro de cada subdimensão, existem categorias de análise.

Quadro 5 – Categorização das Discussões geradas na aula de Modelos Atômicos (MA).

Dimensão	Subdimensões	Categorias	Quantidade de Categorias Identificadas
(DG) Discussões geradas na aula de MA.	(A) Intervenções feitas pelos alunos durante a aula.	(1) OE trazidos pelos alunos.	9
		(2) Percepções corretas feitas pelos alunos.	8
	(B) Explicações dadas pelo professor.	(1) OE gerados pelo professor	8
		(2) Esforço do professor para superação dos OE trazido pelos alunos	2
		(3) Reforço do professor aos OE trazidos pelos alunos	3

Fonte: autora, 2021.

Legenda: DG – Discussões Geradas; Subdimensão – (A) e (B); Categoria – (1), (2) e (3).

4.2 Trechos encontrados em cada categoria

Serão apresentados os trechos da NM onde foram identificadas as categorias mencionadas dentro de cada subdimensão, para isso terá início com a subdimensão (A) categoria (1), esta por sua vez diz respeito aos obstáculos epistemológicos identificados nas falas dos alunos, ou seja, os OE que eles trouxeram, sem que o professor durante a aula tenha proporcionado.

No trecho 1, transcrito abaixo, o aluno menciona que a teoria de que a matéria seria formada pelos 4 elementos foi proposta por Aristóteles, no entanto, sabe-se que ele complementou essa teoria, que na verdade foi proposta por Empédocles e Agrigento, acrescentando mais 4 elementos que seriam os intermediários: úmido, seco, quente e frio.

Trecho 1 da NM, página 9:

*Outro aluno também chamado de **Thiago** pede a fala com gesto e então diz: – O que eu queria falar era sobre essa teoria de Aristóteles, é que todos os elementos que se encontravam na natureza era a soma desses 4 elementos químicos, por exemplo, na pesquisa que eu fiz dizia que a umidade era a junção da água com o fogo.*

Tem-se que este aluno trouxe uma observação incoerente em relação ao surgimento da teoria inicial dos gregos em relação à constituição da matéria. Ao levar em consideração esta incoerência, observa-se que o obstáculo identificado é o substancialista, pois de acordo com Lopes e Martins (2009), quando se é explicado de forma superficial, pode provocar a incoerência.

No trecho seguinte, 2, apresenta-se o esforço do professor para superar o obstáculo apresentado pelo aluno em sua fala presente no trecho 1, então ele enfatiza a existência dos elementos intermediários apresentado por Aristóteles na Grécia antiga. Esse trecho está descrito como a primeira identificação da categoria 2 da subdimensão B.

Trecho 2 da NM, página 9:

Professor – *Então, olha só, pra gente complementar o que o Thiago está falando. Dizia assim ó que apesar de eu dizer que a matéria é formada por quatro elementos, ainda existia elementos no intermediário entre esses dois.*

Na sua próxima fala o professor tenta posicionar os alunos no contexto histórico do surgimento da ideia de átomo. Nessa perspectiva, o professor mostra como o conceito de elemento se diferenciava dos dias atuais, possibilitando aos alunos que compreendam que essa mudança de conceitos faz parte do processo de construção do conhecimento científico, pois para aquela época este conceito era válido e ajudou a desvendar alguns fenômenos, no entanto com o avanço tecnológico e científico essa teria desmoronou.

Trecho 3 da NM, página 9:

Professor – *Veja! Naquele período estava falando de elemento como chamando água de elemento, e a gente sabe que a água hoje é H_2O , ou seja, tem três elementos químicos sendo dois hidrogênios e um oxigênio, ou seja, naquela época ele chamava de elementos uma substância que era composta por 3 elementos químicos, ou seja, a nossa visão de elementos é completamente diferente da visão daquele período. Tá bom? quem fala mais?*

Apesar de apresentar-se como esforço do professor para superar OE gerado pelo aluno, em sua fala o ele comete um equívoco, pois a água é composta por apenas dois (2) elementos e não três (3) como afirmou o professor, são os elementos hidrogênio e o oxigênio e para formar uma molécula da água são necessários dois átomos de hidrogênio e apenas um de oxigênio (ATIKINS, 2006).

No trecho seguinte (4), ainda na mesma página, apresenta-se a categoria 1 da subdimensão A. Em sua fala os alunos apresentam um obstáculo bastante comum quando se fala do ensino de química e principalmente de MA, que é a não confiança nos experimentos feitos pelos cientistas, pelo simples fato de que não se pode ver o átomo. Então aqui consta o OE Realista, onde existe a valorização de tudo aquilo que é tátil ou visível, e o átomo não é algo que se pode simplesmente ser observado, nem a olho nu e nem com uso de microscópios potentes.

Trecho 4 da NM, página 9:

***Giliard** – Assim é só uma observação na parte de átomos, modelos que eu achei bem interessante destacar, que como não é possível ver um átomo isoladamente os cientistas apenas, digamos que se baseiam como é, então esses modelos atômicos, só explica o que diz a teoria, mas isso não quer dizer que fisicamente o átomo é daquele jeito. Pelo menos é o que eu encontrei na minha pesquisa.*

***Márcio** – Voltando aqui para o que Giliard falou, que não existe um modelo certo, aí a gente tá falando da evolução. Na questão que veio um para refutar o outro, foi o que eu achei interessante na minha pesquisa, e como ele falou, não é por que um está dizendo que é daquela forma, aí começou com Dalton aí veio Thomson, veio vários modelos atômicos, mas eu não sei qual está mais aceito hoje em dia.*

A fala da próxima aluna traz de forma coerente essa discussão sobre não poder ter certeza de como realmente era o átomo. No trecho 5 abaixo, a discente apresenta a percepção de que os avanços tecnológicos serviram como subsídios para as teorias atômicas que foram surgindo. Se enquadrando dentro da categoria 2 da subdimensão A, esta não apresentou nenhum OE, pelo contrário, conseguiu ter uma boa compreensão acerca de como aconteceu o processo evolutivo da teoria atômica, mesmo que tenha sido de forma resumida.

Trecho 5 da NM, página 10:

***Aluna Brenda** – É que Giliard falou que os cientistas não tinham certeza de como se constitui um átomo e foi com os avanços tecnológicos que fez com que os experimentos químicos que eles foram fazendo. Então naquele tempo não era uma certeza que o átomo era daquela forma, era apenas uma hipótese e foi evoluindo com o passar do tempo.*

Já na fala da Amélia no trecho 6 observa-se o OE substancialista, pois ela pretende explicar como surgiu o termo átomo, no entanto por ser muito superficial em seus termos, acaba por apresentar uma certa incoerência em dois momentos de sua fala. No primeiro momento, tem-se que o pensamento inicial sobre o átomo era de que podia ser divisível, no entanto, sabe-se, e logo a frente ela menciona, que os átomos eram indivisíveis. No segundo momento, apresenta-se com a afirmação dela de que eles (a aluna não menciona quem são eles aqui, mas acredita-se que sejam os filósofos gregos Leucipo e Demócrito) foram procurar o significado do termo não divisível e acharam viável o termo átomo, esquecendo que a linguagem deles era o grego e que na verdade é a palavra átomo que significa para a linguagem atual do português não divisível.

Ainda no mesmo trecho (6), tendo em mente outra categoria, a 2 da subdimensão B, o professor tenta superar o OE trazido pela aluna, explicando de forma mais clara o motivo da palavra átomo significar indivisível, proporcionando dessa forma uma melhor compreensão da aluna e do restante da turma acerca da terminologia da palavra.

Trecho 6 da NM, página 10:

***Amélia** – Em relação ao átomo, é que no começo eles não colocaram o átomo como divisível só que como eles notaram que eram pequenas partículas que não eram divisíveis e quando eles foram procurar o significado disso, eles acharam então viável, daí se deu o nome do átomo.*

***Professor** – Lembrando que os dois “Thiago” (referindo-se aos dois alunos que se chama Thiago) falaram, até então estavam falando em elementos, na formação da matéria. Que que acontece? Um pouco depois da evolução, surge a ideia de que essa matéria (que poderia ser ar, água) era constituído de partes pequenas, indivisíveis e daí surge o nome átomo. Para um grego algo que seja pequeno e indivisível, na linguagem grega, isso recebe o nome de átomo. Átomo é algo pequeno e indivisível nesse pensamento que os “Thiagos” falaram junto com o que a gente vem discutindo. Aí daí começa a ouvir a palavra da matéria ser formada de pequenas partículas indivisíveis. E para os gregos, pequenas partículas indivisíveis são chamadas de quê? Átomo, tá bom? E isso começou quando? Quem lembra?*

Mais à frente na NM identifica-se a categoria 2 da subdimensão B, nela encontra-se uma explicação do professor que promove a superação do OE trazidos na fala do aluno do trecho 1.

Novamente, o professor explica sobre os quatro elementos e o pensamento de Leucipo e Demócrito, como mostra o trecho 7 abaixo.

Trecho 7 da NM, página 11:

***Professor** – Então a proposta de átomo, ou seja, da matéria indivisível começou ser questionada por Leucipo e Demócrito, eles eram contemporâneos de Aristóteles e Platão, ou seja do mesmo período, mas Aristóteles e Platão eles eram mais conceituados na comunidade. – Professor da continuidade a linha de raciocínio – a proposta de Leucipo e Demócrito sobre a respeito da matéria ser constituída de partículas indivisíveis não foi muito aceito por que Aristóteles e Platão teria outra linha de pensamento e como eles teriam mais influência na comunidade científica, aquela ideia não pegou, ou seja, aquela ideia da matéria ser formada de pequenas partículas indivisíveis, apesar de ser dito por Leucipo e Demócrito, Aristóteles e Platão disseram: “ó essa linha de pensamento a gente não acredita”. Isso é um pouco, como a gente também já questionou, o átomo não é algo palpável. Então teria que ser falado por hipótese.*

Ainda no final da página 11 uma fala do professor que se enquadra na subdimensão B da categoria 1, consta o OE unitário e pragmático, que diz respeito ao ideal de perfeição, neste caso em específico está relacionado com a ideia equivocada da linearidade do processo de construção do conhecimento científico. De acordo com Ferreira e Peduzzi (2014) Bachelard defendeu que não houve nenhuma influência da teoria de Demócrito e Leucipo no modelo apresentado por Dalton e na fala do professor apresenta-se a existência de uma retomada de Dalton ao pensamento dos gregos.

É preciso ter cuidado ao falar sobre a decorrência histórica da ciência, pois os fatos históricos podem contribuir para a compreensão dos alunos, mas também pode gerar um entrave na aprendizagem.

Trecho 8 da NM, página 11:

*O **professor** conclui – [...]. Então, a comunidade científica passou mais de dois mil anos adormecida essa hipótese de átomo como sendo a menor partícula da matéria. Só Dalton, em 1807, é que vem com essa hipótese, voltando lá pro pensamento de Leucipo e Demócrito.*

Voltando para a subdimensão A, encontra-se na categoria 1 o obstáculo verbalista, apresentado no trecho 9, pois o aluno responde à pergunta do professor com o uso de

termologias ou analogias presentes no senso comum na busca de facilitar a compreensão de alguma teoria ou fenômeno. Como este aluno fez uma pesquisa para a realização dessa atividade de debate em sala, podem existir duas possibilidades para o uso dessa analogia, uma que ele pode ter encontrado em suas pesquisas ou já ter trazido esta percepção do ensino básico.

Essa prática de utilizar-se de analogias para explicar fenômenos ou conceitos pode impedir que estes possam ser compreendidos de maneira correta, distanciando-se do verdadeiro conhecimento científico. Por exemplo, o aluno pode pensar que o átomo pode ser exatamente igual a uma “bola de bilhar”, inclusive em termos de peso, tamanho e propriedades.

Trecho 9 da NM, página 12:

Professor – *Agora olha só, quem lembra ou quem pesquisou, qual a diferença cientificamente do Leucipo e Demócrito para o Dalton? Quem lembra? A principal diferença dele, em termos de impacto na comunidade?*

Diassis – *Por que Dalton assimilava o átomo a uma bola de bilhar. [...] Ele ainda tinha aquele mesmo pensamento de Leucipo e Demócrito que era pequeno, minúsculo e indivisível só que ele ainda acrescentou a tese dele que ele também era esférico e similar a uma bola de bilhar.*

Um fato importante a ser mencionado aqui é que de acordo com Dutra (2019), Dalton nunca utilizou a palavra esférica para referir-se ao seu modelo atômico, ele afirmou que o formato da “partícula última”, que era como ele chamou o átomo, iria depender das propriedades de cada átomo.

Neste momento, será abordado um pequeno resumo apresentado no Quadro 6 de todos os trechos que foram utilizadas a analogia do “pudim de passas” para explicar o modelo atômico de Thomson, sejam elas promovidas pelo professor ou pelos alunos. Os trechos foram compilados em um quadro por serem bastantes recorrentes durante a aula.

Quadro 6 – Resumo de trechos que apresentam a analogia do “pudim de passas” com o modelo de Thomson.

Nº do Trecho	Categoria	Página	Fala na NM
Trecho 10	A – 1	14	Vivian – <i>É porque foi o primeiro modelo atômico a relatar a atividade elétrica do átomo por causa de uma pesquisa que o Thomson tinha feito e até ficou conhecido como pudim de passas o modelo atômico e ele falava que os átomos podiam ser constituídos de cargas elétricas positivas e negativas tanto que quando foi em 1897 ele ficou conhecido como pai do elétron.</i>
Trecho 11	B – 1 A – 1	19	Professor – <i>Thomson comparou o modelo dele a que?</i> Os alunos respondem – <i>Ao pudim de passas!</i>
Trecho 12	B – 1 B – 3	19	Professor complementa lembrando o modelo anterior – <i>Ó, bola de bilhar é de Dalton, aqui ele fala de pudim com passas, sabe porque pudim com passas? Ele (Thomson) disse assim, ó, apesar dessa matéria aqui ter cargas negativas, mas ela dá choque? Quando você toca na matéria, você sente choque nela? Então existe alguma carga que neutraliza aquela outra, então existe o seguinte: a matéria é constituída de cargas positivas e negativas. Ela é neutra. Por quê neutra? Porque ela tem cargas positivas dentro dela que neutraliza. Se ela tiver 10 elétrons ela tem 10 cargas positivas para neutralizar, ela continua sendo neutra. Olha só do pudim com passas o que foi que ele disse: Era uma coisa totalmente maciça, a massa sendo totalmente positiva, foi a ideia que ele disse, e esses elétrons encrostados.</i>
Trecho 13	B – 1	19	Professor – <i>O pudim com passas era uma sobremesa inglesa que fazia sucesso lá na região dele, então era para que ele tornasse didático o método dele. Essa ideia de comparar o meu modelo a coisas que estivesse no meu dia a dia, eu tô tentando facilitar a minha ideia pra sua compreensão, tá certo? Então, esse modelo, ele só tentou associar a ideia dele a algum modelo, alguma comida, alguma sobremesa que era conhecida na região dele, pra que todo mundo entendesse mais ou menos qual era a ideia dele.</i>
Trecho 14	B – 1	27	Professor – [...]. <i>O modelo de Dalton era qual? Bola de bilhar, o modelo de Thomson era o que? Pudim com passas, [...].</i>

Fonte: Narração Multimodal (Apêndice A)

O trecho 10, presente no Quadro 5 diz respeito à teoria atômica de Thomson, enquadrado na categoria 1 da subdimensão A, identificando-se dois OE na fala de uma aluna. O primeiro OE identificado é o Verbalista, e este está presente na comparação com uso de analogia para explicar o modelo atômico de Thomson como um “pudim de passas”, sendo essa analogia

bastante utilizada na aula, como mostra a NM, tanto pelos alunos como pelo professor, reforçando seu uso, promovendo a não superação desse obstáculo e impedindo a compreensão dos alunos das características do modelo atômico e como essa teoria ajudou no desenvolvimento da ciência química. O aluno que toma essa analogia como única forma de explicar o modelo Thomson, sempre que pensar neste modelo, pensará logo no formato de “pudim de passas”.

O segundo OE é o realista que está relacionado com essa forma de explicar algo sempre com comparações a tudo que é visível ou tátil, pois tudo que é abstrato é mais difícil de se compreender, no entanto, é preciso ter cuidado ao se fazer esse tipo de comparação, pois poderá promover uma maior dificuldade no aluno para desenvolver a abstração necessária para compreender conceitos como este.

No trecho 11 o professor já pergunta com o que foi comparado o modelo de Thomson, provocando que o aluno responda com “pudim de passas”. Nesse trecho pode ser identificado o OE verbalista, dado que para o professor e para os alunos esta comparação é a única forma de explicar esse MA. No trecho 12 ele explica como seria o átomo com base nessa analogia: seria uma massa totalmente positiva e as cargas negativas ficariam encrostadas nessa massa. Identifica-se aqui o OE realista, pelo simples fato de que o professor se utiliza de algo que é visível e tátil com intuito de facilitar a aprendizagem dos alunos, mas que pode gerar um entrave nesse processo (GOMES; OLIVEIRA, 2007).

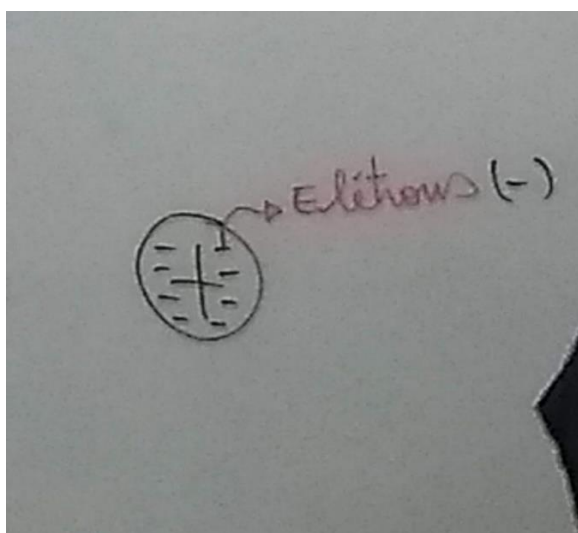
Melo e Lima Neto (2013) discorrem em seu trabalho que ensinar e estudar o conceito do átomo por meio dos modelos é uma das dificuldades mais presentes no meio escolar e professores de química e alunos compartilham dessa mesma dificuldade. Compreender o que é o modelo, como o átomo é construindo cientificamente e utilizar-se de modelos para representá-lo se enquadra como uma das principais dificuldades. Por esse motivo que se emprega analogias para explicar os conceitos atômicos e seus modelos.

Já no trecho 13 o professor explica o motivo dessa analogia, o porquê de se fazer esse tipo de analogia para explicar algo, sendo sua explicação válida, mas no caso em questão não tem o mesmo efeito pedagógico, porque essa sobremesa não é típica no Brasil e ao se utilizar analogias com fins pedagógicos deve-se inserir algo que esteja no cotidiano do aluno, e mesmo isso deve ser feita de forma muito cautelosa, desse modo o professor generalizou a utilização dessa analogia, tendo como possível OE o generalista. E no trecho 14 reforça mais uma vez a

analogia do modelo atômico de Thomson, se enquadrando o OE verbalista, uma vez que ele reduz toda a teoria atômica em uma simples analogia.

Dentro da NM são apresentadas duas figuras com representações dos átomos de Thomson e de Rutherford feitas pelo professor no quadro. Na Figura 8 está representado o MA na perspectiva de Thomson, este por sua vez é desenhado como uma bola com carga elétrica positiva e os elétrons encrostados de forma desorganizada na sua superfície, no entanto, como já foi mencionado anteriormente e na seção 2.3 desse trabalho, no artigo de J. J. Thomson esta representação não se encaixa com a sua explicação do modelo em seu artigo.

Figura 8 – Representação do modelo de Thomson pelo professor no quadro.



Fonte: Narração Multimodal (Apêndice A).

O aluno pode associar as passas do pudim com elétrons sem ter uma compreensão crítica do fenômeno, no caso de uma analogia, no qual o conteúdo foi explicado a partir de uma semelhança ou comparação, podendo ocorrer um obstáculo no aprendizado por analogias e/ou metáforas, pois os elétrons, para os alunos, podem ser meramente as passas de um pudim que estão apenas na superfície (DUIT, 1999).

Já o aluno Zeuglersson teve uma percepção que é a retificação dos erros de um modelo para o outro, este se enquadra na categoria 1 da subdimensão A. Em seu livro “Intuições atomísticas” Bachelard fala sobre essa questão da retificação dos erros de cada modelo, ou seja, a cada modelo que surgia era proveniente de erros cometidos, detalhes esquecidos ou impossíveis de serem explicados nos modelos anteriores.

Trecho 15 da NM, página 15:

Zeuglersson pede a fala – Teve uma coisa lá que Thomson percebeu que tinha uma coisa que o Dalton não tinha explicado, que era a questão da eletroatividade, a questão do como é que uma carga neutra ficava elétrica depois que ele ficou trabalhando nessa questão, aí ele foi colocando no caderno para tentar ver, trocando a placa para tentar ver como era que se comportava essa questão do comportamento do elétron, que era uma coisa que Dalton não tinha percebido.

O aluno fez uma observação coerente que no modelo de Dalton não poderia explicar a existência da eletroatividade das substâncias, apesar disso no momento em que ele tenta explicar sobre o experimento realizado por Thomson a superficialidade trazida por ele pode provocar entraves na compreensão desse experimento e de sua importância para essa teoria atômica, entrave este gerado pelo OE substancialista. A teoria atômica que fala a respeito do comportamento do elétron é a do cientista Broglie (ATIKINS, 2006).

Depois desta fala o professor não explica o experimento de Thomson de forma mais científica, pois percebe-se no decorrer da NM que o professor quer trabalhar os modelos em ordem cronológica e quer que todos os alunos participem e coloquem seu ponto de vista em relação a cada modelo, no momento seguinte a essa fala ele pergunta quem mais quer falar sobre o modelo de Dalton, para depois passar para o de Thomson.

Em seguida, no trecho 16, apresenta-se novamente a ideia de linearidade do processo de construção da ciência que é trazido por um aluno e pelo professor, que reforça o contexto com sua fala logo em seguida. Apesar de afirmar que esses cientistas mencionados durante a aula não eram os únicos a pesquisarem sobre isso, ele afirma que outras pesquisas feitas por outros cientistas não tinham nada a ver com o modelo atual, descredibilizando estudos e menosprezando sua importância, corroborando com uma narrativa eurocêntrica do desenvolvimento científico.

Trecho 16 da NM, página 15:

Francisco Diego – *No geral os cientistas estudavam a ideia anterior do átomo e daí seguiam uma evolução como ela falou (apontando para a colega que havia falado sobre) até achar alguma coisa, por exemplo Thomson pegou o de Dalton e assim sucessivamente.*

Professor – *Sem dúvida nenhuma, o cara não ia falar de um átomo, se ele não conhecesse o que já era dito. Claro, e outra coisa bem claro que a gente vai dizer aqui, ó, esses cientistas que a gente está dizendo aqui não foram os únicos que falaram, pelo contrário, muitos falaram, mas falaram coisas que não tinha nada a ver com o modelo atual e então eram descartados, entenderam?*

A categoria 2 da subdimensão A está presente no trecho 17 abaixo, na qual um aluno teve uma correta percepção ao explicar sobre o modelo atômico de Dalton, sem fazer nenhuma analogia e também conseguiu fazer um comparativo, que apesar de ser um pouco superficial, possui coerência. Ele demonstrou a principal diferença existente entre o modelo de Dalton e Thomson, pois para Dalton o átomo seria indivisível, mas Thomson descobriu a existência de partículas menores dentro do átomo, o tornando divisível. No parágrafo seguinte o professor não responde com exatidão a pergunta do aluno e acaba por não concluir sua linha de raciocínio em relação ao modelo de Dalton.

Trecho 17 da NM, página 16:

*O Dalton disse que a matéria seria formada por partículas minúsculas, maciças, esféricas e indivisíveis e já no modelo de Thomson diz o seguinte, Dalton estava errado por que o átomo seria divisível tendo em vista que teria uma crosta com partículas chamada de elétrons. Isso quer dizer que o modelo de Dalton estava errado? – Pergunta o aluno **Emanuel**.*

*Dentro dos quatro postulados que o Dalton falou, dois, não tem nada a ver. Então, o que que acontece? Como a maior queda do modelo de Dalton, foi que ele disse que o átomo seria a menor partícula da matéria – Responde o **professor**. Quem lembra do experimento de Thomson? Qual foi o experimento de Thomson?*

Em consonância com essa resposta, mais à frente, no trecho 18, o professor fala sobre essa questão de a teoria atômica de Thomson corrigir o modelo de Dalton, já que ele descobre uma partícula menor que o átomo, indo em contramão ao que Dalton afirmou que o átomo seria a menor partícula existente da matéria, na qual ele chamava de “partícula última”.

Trecho 18 da NM, página 17:

***Professor** – [...]. Então o átomo não é mais a menor partícula, o átomo é constituído de partículas menores carregadas, e não adianta mais eu falar do modelo de Dalton, porque existe matérias menores. Então, aí é a queda do modelo de Dalton, entendido?...*

A categoria 2, da subdimensão A, encontrasse na continuação da fala da aluna Regina apresentado no trecho 19 da NM logo abaixo. É possível perceber que ela explica de forma clara e objetiva a teoria atômica de Thomson baseada no seu experimento do tubo de Crookes, não utilizando-se de nenhum tipo de analogia, generalizações ou comparações superficiais sobre essa teoria.

Trecho 19 da NM, página 18:

O professor então pede para a aluna complementar a sua fala – como ele descobriu os elétrons foi através dos raios catódicos que na verdade eram os próprios elétrons em si, ele percebeu que eles tinham uma energia, que eles tinham velocidade e que eles estavam se deslocando no sentido do campo elétrico positivo, então foi daí que ele percebeu a presença dos elétrons na matéria.

O trecho 20, logo abaixo, está dentro da categoria 1 da subdimensão B, na qual diz respeito as intervenções feitas pelo professor que podem gerar algum tipo de OE no ensino de MA. Nesse trecho o docente afirma que Thomson chamou a carga negativa presente no átomo de elétron, mas na verdade, de acordo com o que já foi mencionado na seção 2.4, Bachelard (1996) aponta que o nome que Thomson deu a essa carga foi de corpúsculo, no entanto, no decorrer da NM essa palavra não foi mencionada uma única vez, nem pelo professor e nem pelos alunos, e como já mencionado anteriormente, quem nomeou a carga negativa de elétron foi George Johnstone em 1891 (PULLMAN; REISINGER, 1998).

Trecho 20 da NM, página 19:

***Professor** – Ele (Thomson) não encontrou uma carga negativa? Não foi isso? Ele chamou essa carga negativa que fluiu (no tubo de Crookes). Foi ele que deu o nome de sendo? Elétron!*

Esse trecho 20 se enquadra como um OE generalista, a partir do momento em que o professor omite uma informação, ou parte dela, de como surgiu determinado conceito, o que

acaba por gerar uma generalização dele, e para Costa (1998) esta pode facilitar a compreensão em determinado período de tempo, mas pode desestimular o aluno a buscar e se aprofundar nos conceitos abordados. Uma generalização pode ser suficiente, no entanto ser incoerente ou incompleta transformando saberes em ideias vagas.

Falar sobre: o porquê de o nome elétron só ser mencionado tempos depois da sua descoberta e por que Thomson deu o nome de corpúsculo, está relacionado com o corpuscularismo newtoniano, já que na época era a teoria mais discutida pela comunidade científica, na qual partia do pressuposto que toda matéria seria composta por minúsculas partículas (VIANA, 2007).

Para o trecho o 21 que se enquadra na categoria (A – 1) pode ser identificado o OE da experiência primeira, que é levado ao OE realista, visto que a aluna afirma que as partículas negativas estão espalhadas, ou seja, desorganizada, e de acordo com o artigo de Thomson (1904) esses corpúsculos estavam organizados em uma série de anéis posicionados paralelamente e em cada um desses anéis tinha uma quantidade de corpúsculo específica que estavam girando em alta velocidade. Então conclui-se que os corpúsculos ou elétrons não estavam “meio que espalhados” como afirma a aluna. Este entrave pode ter sido gerado pela analogia empregada com o “pudim de passas”.

Trecho 21 da NM, página 21:

Ana Vitória – É que Thomson disse que era composto por essas partículas, mas ele só disse que era composto, só que elas estavam meio que espalhadas, não disse o que tinha no centro ou se ao redor está eram prótons ou elétrons.

A discente tem o conhecimento empírico de como é um “pudim com passas”, então pela sua experiência primeira se o MA é como um pudim de passas e os elétrons são as passas, logo, os elétrons estão espalhados desorganizadamente e de forma aleatória, por esse motivo que o obstáculo realista é consequência do obstáculo da experiência primeira. E de acordo com Bachelard (1996, p. 29) para a formação do espírito científico:

[...] o primeiro obstáculo é a experiência primeira, a experiência colocada antes e acima da crítica - crítica esta que é, necessariamente, elemento integrante do espírito científico. Já que a crítica não pôde intervir de modo explícito, a experiência primeira não constitui, de forma alguma, uma base segura (p.29).

No trecho seguinte, 22, o professor comenta sobre a fala anterior da aluna, na qual se encaixa na categoria B – 3, uma vez que o professor reforça o OE da experiência primeira

trazido pela aluna, afirmando que os elétrons estavam desorganizados no átomo e ainda complementa que este foi o defeito do modelo de Thomson. Como já discutido anteriormente não foi dessa forma que o MA dele foi postulado por ele em seu artigo.

Trecho 22 da NM, página 21:

***Professor** – Então olha só o que a Ana Vitória falou, Thomson falou a respeito dessas partículas, mas ele não se preocupou em termos estrutural de falar nada de como seria essa estrutura do átomo, disse que possuía, colocou ali todo desorganizado, o defeito dele foi nesse sentindo.*

A aluna que tem a fala destacada no trecho 23 tem um posicionamento interessante em relação ao MA de Thomson, se encaixando na categoria A – 2, em que ela descreve uma das contribuições dessa teoria para a ciência química, nesse caso ela consegue ter uma percepção que este modelo consegue explicar a existência de íons.

Trecho 23 da NM, página 21:

***Regina** mais uma vez pede a fala – Professor! Sobre essa questão de o átomo ser eletricamente neutro, ela que vai justificar a presença dos íons, porque ele vai dizer que essa relação de desequilíbrio entre as cargas elétricas negativas e positivas, elas que vão resultar nos íons que pode ser pela falta ou pelo excesso de elétrons, é uma contribuição importante do modelo atômico.*

No trecho 24 está presente a categoria A – 1, onde se identifica o obstáculo verbalista ou verbal, já que a aluna compara o MA de Rutherford com o sistema solar antes de falar sobre qualquer definição ou característica desse modelo. Após esse comparativo ela discorre bem, mesmo que superficialmente, acerca da teoria atômica de Rutherford.

Trecho 24 da NM, página 22:

***Mônica** – O modelo de Rutherford, ou modelo do sistema solar, tinha duas regiões, no caso, o núcleo e eletrosfera, o núcleo ele é positivo, ou seja, constituído por prótons, já a eletrosfera era constituída por elétrons e a eletrosfera gira em torno do núcleo.*

No trecho 25 onde a categoria A – 2 é identificada observa-se que a aluna faz uma colocação coerente em relação ao MA de Rutherford de forma simplificada e direta, não

apresenta em sua fala nenhuma comparação ou analogia de qualquer tipo que possa dificultar ou distorcer a compreensão científica dessa teoria atômica.

Trecho 25 da NM, página 22:

***Maria Aparecida** – Que Rutherford ele pensava diferente de Thomson e Dalton, ele disse que o átomo é descontínuo e é formado por duas regiões que é o núcleo e a eletrosfera, o núcleo tem cargas positivas, ou seja, constituído por prótons, e a eletrosfera era uma grande região vazia, onde os elétrons ficam ao redor do núcleo.*

O professor em sua fala no trecho 26 compara o átomo com um estádio de futebol, que se enquadra na categoria B – 1. Comparações ou analogia desse tipo podem gerar OE no ensino, que neste caso se enquadra como o obstáculo verbal, que aparece por sua vez quando se utiliza de termos do cotidiano ou do senso comum com o intuito de facilitar a compreensão do aluno que pode acabar por dificultando ou criando entraves para a compreensão dele em relação ao conceito científico estudado ou que esteja envolvido no conteúdo abordado. Este OE vai em contradição como OE da experiência primeira, já que este deve superar o conhecimento empírico trazido pelo aluno.

Trecho 26 da NM, página 23:

*Continua o **professor** – O modelo de Rutherford, ele diz, presta atenção pra gente compreender, ele diz que esse núcleo é tão pequeno, que era comparado com uma bola no meio de um campo de futebol, em relação ao tamanho do átomo. Então ó, isso é tão pequeno, tão compacto e era comparado a como se tivesse uma bola lá no meio de um estádio de futebol, para a gente ter uma noção em relação ao núcleo ao tamanho do todo, tá bom?*

No trecho 27 da NM uma aluna comenta sobre o modelo de Niels Bohr ter aperfeiçoado o modelo atômico de Rutherford adicionando a divisão da eletrosfera em sete (7) camadas, no entanto, a discente afirma que as camadas são chamadas de valência e na verdade é a camada mais externas que é considerada como camada de valência (ATIKINS, 2006). Observando-se aqui uma colocação errônea da aluna

Trecho 27 da NM, página 24:

***Maria Evilim** – É que em 1913 o átomo passou pelo aperfeiçoamento como o senhor já tinha falado, ele passou pelo físico dinamarquês, que não sei pronunciar esse nome, Niels Bohr,*

ele dividiu a eletrosfera em sete camadas e essas camadas atualmente são chamadas de valência.

A analogia feita no trecho 28 pelos alunos está dentro da categoria A – 1 e a resposta na fala do professor que reforça essa analogia está na categoria B – 3. Ao comparar o MA de Rutherford ao sistema solar é identificado o obstáculo verbal, que pode levar a compreensões equivocadas sobre esse modelo e principalmente em relação a proporção das suas partículas subatômicas. Nessa analogia o núcleo é comparado ao sol e os planetas aos elétrons que giram ao redor do núcleo (sol), no entanto essa comparação pode gerar uma distorção, pois o aluno acabará por visualizar o núcleo do átomo como algo maior ou do mesmo tamanho da eletrosfera.

Trecho 28 da NM, página 25:

Professor – [...]. *Nos livros dizem assim, ó, Rutherford lançou a proposta dele, qual é o modelo de Rutherford?*

Alunos – *Sistema solar!*

Professor – *Sistema solar ou sistema planetário, que é o sol no centro e os demais planetas girando ao seu redor, OK? Quem é o sol, no modelo dele?*

Alunos – *O núcleo.*

Professor – *Quem são os planetas?*

Alunos – *Os elétrons.*

No Quadro 6 tem-se os três (3) trechos de alunas que falam a respeito do modelo de Bohr, e nesses trechos observa-se que elas apresentaram características coerentes do átomo, apesar de ser de forma simplificada. Outro aspecto é que esses trechos se enquadraram dentro da categoria A – 2.

Quadro 7 – Três (3) trechos seguidos dentro da categoria A – 2.

Trecho 29 da NM, pág. 25:	Trecho 30 da NM, pág. 26:	Trecho 31 da NM, pág. 26:
Andressa – <i>Eu coloquei que esse modelo recebeu esse nome em 1913 pelo cientista Bohr que propôs um modelo que se baseou no de Rutherford, aprimorando seus primeiros postulados pelo seguinte: os elétrons movem-se em órbitas circulares e cada órbita apresenta uma energia bem definida e constante, um nível de energia para cada elétron de um átomo.</i>	Ana Karoline – <i>Só é permitido ao elétron ocupar níveis energéticos nos quais ele se apresenta com valores de energia múltiplos inteiros de um fóton.</i>	Nathalia – <i>É que a maior parte do átomo é um espaço vazio e a carga positiva é localizada no núcleo, ponto central do átomo, sendo este a maior parte da massa do átomo.</i>

Fonte: Narração Multimodal (Apêndice A).

Estas características apresentadas pelas discentes são importantes para compreensão correta acerca do átomo, tanto em relação a características mais complexas, como por exemplo o movimento das órbitas e o comportamento do elétron, como também as mais simples, como por exemplo o átomo ser composto em sua maior parte de espaço vazio.

Apresenta-se no trecho 32 da NM a categoria B – 1, onde identifica-se o OE realista, pelo fato de o professor utilizar-se novamente de analogias e/ou comparativos do que é abstrato com o que é visível ou tátil. Dessa vez compara o peso do elétron a um fio de cabelo humano, e para Oliveira (2016) deve-se evitar falar de átomos e conceitos abstratos da química como moléculas, orbitais, estruturas de ressonância, entre outros como se falasse de entidades reais, pois para o autor isso poderia tornar a linguagem, em suas palavras: “tanto quanto desajeitada” (OLIVEIRA, 2016 p.33).

Trecho 32 da NM, página 26:

Professor – *Então quer dizer que a massa dos elétrons é dispensável, as vezes até gosto de citar um modelo, tipo assim, ó, se você pegar e tirar um fio de cabelo da sua cabeça e subir na balança, ela detecta diferença? Ah, tirei meu cabelo vou me pesar. Então o que é que significa isso? Significa que cabelo não tem massa?*

Alunos – *Não!*

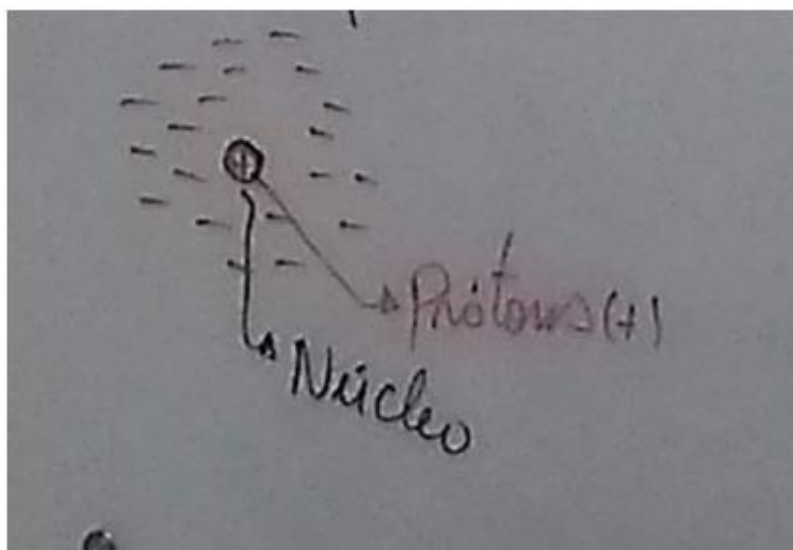
Professor – Significa o que?

Alguns alunos – Que é leve.

Professor – Que é leve comparado ao meu impacto, posso até perder massa, mas é tão pouco que a balança não detecta. Então é a mesma ideia que ele pensava a respeito do elétron, o elétron é uma partícula leve e uma carga negativa.

Na Figura 10 é apresentado a representação do MA de Rutherford feita pelo professor que é retirada da NM, onde é feito um desenho no quadro desse modelo e é perceptível que este pode causar distorções na compreensão dos alunos acerca desse MA, visto que em relação a eletrosfera não está dividida em camadas e os elétrons estão espalhados ao redor do núcleo, fazendo acreditar que o professor fez esta figura apenas para demonstrar o espaço vazio e a presença do núcleo que é o que difere do modelo de Thomson, por ele dar ênfase a nomenclatura do que está no centro do desenho.

Figura 9 – Recorte da NM que contém foto de anotação feita no quadro pelo professor do MA de Rutherford.



Fonte: Narração Multimodal (Apêndice A).

A explicação do conceito atômico com foco na estrutura do núcleo e da eletrosfera, que é conhecida a partir do modelo de Rutherford, pode ser vista nos fragmentos de linguagem de vários alunos nos trechos apresentados e do professor como mostra a Figura 10. Logo, como indicam algumas palavras citadas na categoria 1 da subdimensão A, revelam algo que os alunos podem acessar facilmente quando pensam no átomo: as regiões do núcleo, da eletrosfera e das partículas subatômicas. Entretanto existem modelos do átomo que usam algumas dessas estruturas, mas de maneiras diferentes, como o MA de Thomson e Sommerfeld.

Na Tabela 1, disposta logo abaixo, é apresentado um compilado dos dados dessa seção em relação a categorização e aos obstáculos identificados nos recortes de trechos da NM. A Tabela 1 está organizada de tal forma que seja possível visualizar o total de trechos identificados de acordo com a categorização, como também os obstáculos e suas quantidades identificados nas categorias.

Um ponto importante sobre Tabela 1 é que não está disposto a categoria A – 2, porque nela não se apresenta nenhum OE tendo em vista que esta diz respeito as falas e intervenções feitas pelos alunos que foram coerentes ou feitas de forma mais científica.

Tabela 1 – Compilado geral das categorias e os OE de cada trecho.

Categorias	Obstáculos Epistemológicos	Quantidade	Total
A – 1	Substancialista	2	9
	Realista	2	
	Verbalista	4	
	Experiência Primeira	1	
B – 1	Realista	1	8
	Verbalista	3	
	Conhecimento Geral	2	
	Experiência Primeira	1	
	Unitário e Pragmático	1	
B – 2	Substancialista	2	2
B – 3	Realista	1	3
	Experiência Primeira	1	
	Verbalista	1	

Fonte: Autora (2021).

Observa-se que a categoria que mais foi identificada OE foi A – 1, ou seja, a categoria 1 da subdimensão A, na qual possui intervenções feitas pelos alunos no decorrer da NM e estas se enquadraram na categoria 1 por apresentarem possíveis OE. E o obstáculo mais recorrente foi o verbalista, ou obstáculo verbal, que consiste no uso de forma descontrolada de termos não científicos, metáforas, analogias, jargões e palavras que são consideradas facilitadoras na tentativa de explicar um conceito científico, mas que podem causar um entrave na formação do espírito científico descrito por Bachelard (1996).

A predominância desse OE pode ser explicada pelo fato de os alunos já terem trazido esses obstáculos consigo, ou seja, desde a sua formação inicial do ensino Básico, ou pelo fato de o professor ter pedido para que os alunos fizessem pesquisas sobre a evolução dos MA e ao pesquisarem em livros ou na internet podem ter encontrado essas teorias atômicas já explicadas com base nessas analogias, metáforas e comparações.

Corroborando com a ideia de que os OE trazidos pelos alunos possam ser oriundos do ensino Básico existem na literatura alguns trabalhos que abordam e/ou identificam OE no conteúdo de MA principalmente em livros didáticos do ensino básico. Autores como: Stadler *et al.* (2012), Santos (2018), Chaves (2011), Chaves *et al.* (2014), e por último Moura e Guerra (2013), são alguns dos trabalhos que analisaram livros didáticos aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), no qual apontaram alguns OE referente aos MA de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

Outro obstáculo também bastante identificado na categoria A – 1 foi o substancialista, este por sua vez está diretamente relacionada com as representações superficiais de materiais, conceitos ou fenômenos, tem-se que antes de o indivíduo enfrentar novos desafios ou precisar de tais conhecimentos, ele não terá consciência de seus obstáculos, o que exige que ele tenha uma atitude sábia e seja capaz de dar uma resposta coerente ao conhecimento científico.

No momento em que uma pessoa insiste no que acredita ser real com base nas evidências e qualidades inerentes ao objeto apresentado, isso constitui um obstáculo ao desenvolvimento do espírito científico que se procura evitar, pois tudo isso pode promover a dificuldade de formação da inteligência pessoal, podendo leva-lo a perder o interesse pela construção do conhecimento científico, porque o espírito prefere coisas mais confortáveis e que não exija tanto esforço.

Ainda na categoria A – 1 o OE realista é identificado apenas em 2 trechos, este obstáculo relaciona-se com o que é real, o obstáculo realista vai de contradição com a abstração, ou seja, quando se trata do realismo tudo é baseado no que se observa no macroscópico.

Essas barreiras realistas identificadas nas falas de dois alunos podem estar relacionadas aos materiais didáticos usados na escola e o ensino que tiveram no fundamental e médio. É provável que haja um obstáculo à funcionalidade do átomo quando se olha para ele como um objeto, algo que pode ser tocado e visto (GOMES; OLIVEIRA, 2007).

Na categoria B – 1, que é referente ao OE trazidos pelo professor dentro da NM, o obstáculo que foi identificado em mais trechos foi o verbalista assim como na categoria anterior. Isso pode está diretamente ligado a tentativa do professor em facilitar para os alunos a compreensão sobre os MA, no entanto, como mostrado no decorrer dessa seção, observa-se que o docente não se aprofundou nas teorias atômicas. Outro fator que pode ter influenciado a esta quantidade de OE caracterizados por ele foi a questão do tempo, duas aulas de 50 min apenas para abordar todos os modelos.

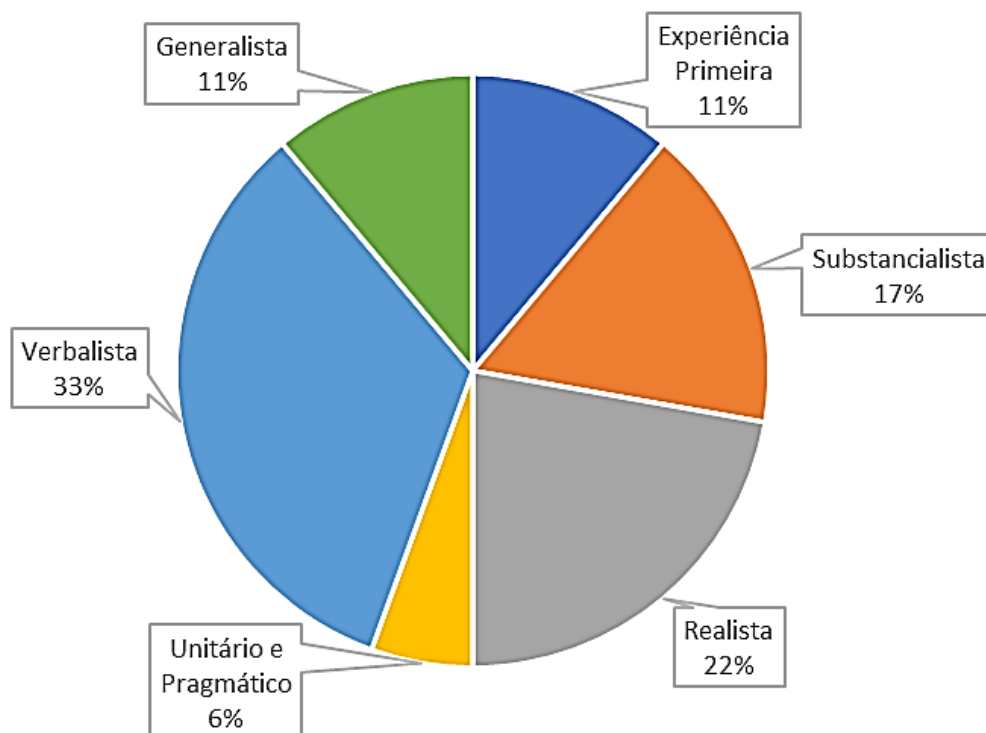
O outro obstáculo mais observado nos trechos da NM em falas do professor, foi o do conhecimento geral, acredita-se que pelo fato também do tempo, o professor reduziu bastante suas explicações e generalizou conceitos e fenômenos em suas falas. E é preciso ter cuidado com essas generalizações pré-científicas, uma vez que elas podem tornar o conhecimento vago.

Com relação a categoria B – 2 que identifica as intervenções feitas pelo professor que superou ou retificou os obstáculos trazidos pelos alunos só foram identificados dois trechos que ele superou o obstáculo substancialista trazidos por dois alunos. Isso tem possibilidade de ter ocorrido pelo fato de o professor não ter consciência que esses obstáculos, se não superados, podem causar entraves na construção do espírito científico, principalmente ao se tratar de ensino superior em curso de licenciatura, onde se formam futuros professores.

Na última categoria apresentada tem-se a B – 3, na qual diz respeito aos OE trazidos pelos alunos que foram reforçados pelo professor. Nela os obstáculos que foram identificados são: realista, experiência primeira e verbalista, que se apresentam em igual número de ocorrência.

O Gráfico 1, apresentado logo abaixo, descreve a porcentagem de frequência que cada OE foi identificado na NM investigada. Observa-se que o maior percentual é referente ao OE Verbalista, com 33%, onde se identificou os possíveis motivos de aparecer com mais frequência principalmente entre os estudantes.

Gráfico 1 – Porcentagem de identificação dos OE.



Fonte: autora, 2021.

Em seguida o obstáculo Realista, com 22%, na qual pode estar relacionado com a dificuldade de abstração visto que a química é considerada predominantemente abstrata. O substancialista vem logo em seguida com 17%, onde foi mais identificada nos trechos dos estudantes. E em mesma porcentagem, de 11%, tem-se os OE do conhecimento geral ou generalista e o da experiência primeira.

Por último, o unitário e pragmático com apenas 6%, é identificado apenas uma vez no trecho 8 da fala do docente na NM. Neste, tem-se a ideia de perfeição da ciência, e na fala do professor observa-se este OE no momento em que ele demonstra que a ciência é linear e que a evolução do modelo atômico ocorreu de forma ordenada e unidimensional, no qual cada cientista retomou estudos dos anteriores para formular suas teorias.

4.3 Uso da Narração Multimodal para identificação dos Obstáculos Epistemológicos

Com intuito de aferir que uso da NM foi eficaz para a categorização dos OE no ensino de MA nesta pesquisa, este tópico abordará como a própria natureza da NM pode atestar o seu uso para esse fim. Assim como aponta seus criadores Lopes *et al.* (2014) esta ferramenta se apresenta como eficaz para capturar a natureza holística e complexa do contexto da sala de aula.

A NM pode capturar de forma mais abrangente os acontecimentos no momento da aula, as interações professor-aluno e aluno-aluno, explicações do professor e suas intenções e as representações feitas pelo professor no quadro e pelos alunos no caderno dentro do contexto da aula (LOPES *et al.*, 2018).

Aponta-se que em relação aos OE apresentados nesta pesquisa, tem-se que dentro do ambiente da sala de aula eles podem se apresentar de diversas formas, como exemplo para cada obstáculo considera-se: no obstáculo Realista, quando se existe uma comparação ou analogia do conceito com algo que é visível ou tátil, sendo através de uma fala, representação por meio de imagens e textos de livros ou artigos. No Verbalista, quando se utiliza de uma única palavra ou expressão para se explicar um conceito, sendo através das falas ou textos livros ou artigos (BACHELARD, 1996; LEAL, 2009).

Já no Conhecimento Geral, considera-se as generalizações equivocadas de conceitos ou fenômenos que são mais complexos, observadas por meio de falas ou textos livros ou artigos. Para o obstáculo Animista, tem-se quando se dá sentimentos, emoções, ações e características a aquilo que não possui vida, podendo ser captado pelas falas e representações por meio de imagens (BACHELARD, 1996; LEAL, 2009).

Observa-se que a NM se dispõe dos meios de se captar esses OE no ensino, principalmente por ser um documento de natureza multimodal, assim como nos processos de ensino e aprendizagem possuem essa mesma natureza. Uma NM explicitamente descreve os acontecimentos dentro do contexto das ações, intenções, intenções, diálogos, gestos, silêncios, documentos, esquemas, imagens, objetos e recursos de multimídia. E um dado importante sobre essa metodologia é que nela não há omissão de acontecimentos que a priori foram considerados irrelevantes para o pesquisador, na qual facilita no momento de se fazer a análise, pois não o risco de se perder dados que futuramente seriam necessários (LOPES *et al.*, 2014).

Assim tem-se que a identificação dos OE presentes no discurso do professor e no entendimento dos alunos acerca do assunto de MA foram expressivos, bem visíveis e de fácil identificação, já outros um pouco mais confuso e de difícil compreensão do contexto que estava empregado. Mas mesmo assim a NM se mostrou adequado para a esse devido fim de pesquisa no ensino.

Yin (2001) sugere uma generalização analítica com o objetivo de expandir e generalizar as teorias. Ele argumenta que estudos de casos individuais são generalizáveis a

proposições teóricas e não para populações ou universos. Isto corresponde ao "Tipo ET Generalização" em Lee (2010) e Baskerville *et al.* (2005) observa a "generalização lógica para uma compreensão teórica" de Popay *et al.* (1998). Depois de sua abordagem, a teoria também se torna um veículo possível de generalização, mas só é aplicável quando existam teorias apropriadas

Na generalização analítica a teoria previamente desenvolvida é usada como um padrão, com o qual são comparados os resultados da pesquisa para outros contextos; a generalização naturalística permite a outros pesquisadores julgar sobre a possibilidade de transferência dos resultados encontrados para outros contextos (SOUZA e LIMA, 2011).

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos nesta pesquisa tornou-se perceptível a importância de se ter cuidado no momento de se utilizar analogias e comparações para o ensino de conceitos e principalmente estes sendo abstratos. Algumas concepções tidas pelos estudantes no que tange ao assunto de evolução do modelo atômico e ao conceito do átomo são trazidas desde o ensino básico e que já deveriam ter sido rompidas. Agora, na licenciatura em química, mais ainda seria necessária essa ruptura dos obstáculos epistemológicos identificadas no decorrer da Narração Multimodal que em sua maioria são inerentes no seu estudo.

Levando isso em consideração é salutar ressaltar o papel fundamental do professor nesse processo de ruptura desses OE. Não bastando apenas reconhecer e identifica-los, ao passo que são trazidos pelos estudantes, sejam no ensino básico ou do superior, é preciso também os superar, romper com o erro provocado por eles.

Em relação aos OE trazidos pelos alunos, que por estarem no primeiro semestre do ensino superior e no início do período letivo, conclui-se que estes obstáculos vieram com os alunos. Primeiro que tanto os livros didáticos como os professores do ensino básico desses graduandos podem não terem realizado a formação do espírito científico e ainda reforçaram estes OE. Segundo que no momento em que o professor pede para os alunos fazerem uma pesquisa, como foi mencionado na NM, sobre o assunto de MA, que em sua maioria podem ter utilizado a internet como fonte principal de consulta pela sua facilidade, considera-se que a internet está também abordando em sua maioria de forma a gerar obstáculos no processo de formação do espírito científico nos alunos a cerca desse assunto.

Muitos dos sujeitos que participaram da pesquisa não compreendem a existência da variedade de MA, principalmente por considerarem que um modelo só surge e automaticamente já substitui o modelo anterior e ainda que esse modelo que foi teorizado é o mais correto, dificultando assim que o aluno tenha a percepção de que os diferentes modelos podem ser utilizados em contextos de aplicabilidades diferentes.

Em referência ao objetivo geral dessa pesquisa (analisar as Narrações Multimodais, propostas por Lopes e colaboradores como ferramenta de pesquisa e caracterização dos Obstáculos Epistemológicos apresentados por Bachelard, recorrente no assunto de MA no componente curricular de Química Geral I no curso de Licenciatura em Química no IFCE, campus Iguatu) pode-se afirmar que a pesquisa acarretou em contribuições para a facilidade em

identificar os OE ao utilizar-se a Narração Multimodal como metodologia de pesquisa, por se mostrar extremamente completa em informações confiáveis e que com ela pode-se analisar todas as falas ocorridas na aula como mencionado no tópico 4.3.

Considerando os objetivos específicos (1. pretende-se identificar os principais Obstáculos Epistemológicos no ensino de MA na perspectiva do discente no curso de Licenciatura em Química; 2. eleger categorias para a identificação dos OE no processo de ensino-aprendizagem de MA na NM; 3. aferir o uso da Narração Multimodal como metodologia de pesquisa para identificação dos Obstáculos Epistemológicos de Bachelard no ensino de MA.

1. Levando em consideração os resultados quantitativos, uma contribuição que pode ser levada em consideração é que foi possível identificar quais OE foram mais recorrentes: obstáculo verbal (33%), realista (22%), substancialista (17%), conhecimento geral (11%), experiência primeira (11%) e unitário e pragmático (6%), e como já mencionado pelo pouco de aula que tiveram na graduação, esses obstáculos podem ter sido trazidos do seu ensino básico.

2. Utilizando a análise de conteúdo de Bardin (2009) seguiu-se a organização da autora e o que foi mais coerente com o objetivo da pesquisa, os critérios de categorização utilizados podem ser replicados por outros pesquisados, não se pode afirmar que todos os pesquisadores que utilizarem esses mesmos critérios irão obter exatamente os mesmos resultados dessa pesquisa.

3. De acordo com os resultados qualitativos e as discussões geradas pode-se aferir que as NM são um meio eficaz para identificação dos obstáculos epistemológicos, além disso foi possível fazer observações relevantes relacionando os obstáculos dentro do contexto de ensino. Além da identificação desses OE, foram caracterizados momentos em que o professor reforçou os OE trazidos pelos alunos, bem como os que ele conseguiu superar, ocasionando uma ruptura e proporcionando uma possível formação do espírito científico do estudante.

Por fim, espera-se que os resultados que foram obtidos nessa pesquisa possam ajudar como forma de embasamento para pesquisas futuras, bem como para professores que queiram evitar e superar os obstáculos epistemológicos no contexto do ensino dos modelos atômicos e que possibilite a pesquisadores como espelho para a utilização de Narrações Multimodais em investigações que busquem identificar OE no contexto de ensino-aprendizagem. Pois para pesquisas qualitativas Yin (2001) sugere que é possível fazer uma generalização analítica, que quando se trata de uma pesquisa de estudo de caso individual pode ser generalizada a

proposição teórica e não para populações ou universos. Nela a teoria pode ser usada como um padrão de comparação para resultados de outras pesquisas em contextos diferentes.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. A. B. S.; CAMPOS, L. M. L.; Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências, Bauru, Brasil, 2005.
- ARAÚJO, V. P.; FIRMINO, E. S.; SALDANHA, G. C. B.; VASCONCELOS, A. K. P. As Narrações Multimodais como metodologia de pesquisa no ensino: breve revisão na literatura brasileira. In: **VI CONEDU**, 2019. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/59242>. Acesso em: 08/12/2020.
- ATKINS, P.; JONES, L. **Princípios de química**: questionando a vida moderna e o meio ambiente. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- _____. **Estudos. Apresentação Georges Canguilhem**; Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.
- _____. **O pluralismo coerente da química moderna**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2009.
- _____. **A experiência do espaço na física contemporânea**. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010.
- _____. **O novo espírito científico (Os pensadores)**. Trad. Remberto Francisco Kuhnen, Antonio da Costa Leal, Lídia do Valle Santos Leal. São Paulo: Nova cultura, 1988.
- _____. **A filosofia do não (Os pensadores)**. Trad. Joaquim José Moura Ramos. 2 ed. São Paulo: Abril Cultura, 1984.
- _____. **O Racionalismo Aplicado**. Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar editores, 1977.
- _____. **Les intuitions atomistiques. (Essai de classification)**. Edição digital realizada em 3 de maio de 2016 em Chicoutimi, Ville de Saguenay, Québec.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70. 2009.
- BERTOCHÉ, G. Modelos e rupturas epistemológicas: análise crítica da posição de Bachelard. **Prometeus**, n. 12, p. 27-45, 2013.
- BOHR, N.; **Sobre a constituição de átomos e moléculas**. In **Textos Fundamentais da Física Moderna**: II Volume. Fundação Calouste Gulbenkian. Lisboa. 1963.
- BOT, L., GOSSIAUX, P. B., RAUCH, C. P., & TABIOU, S. Learning by doing: a teaching method for active learning in scientific graduate education. **European Journal of Engineering Education**, 30 (1), 105–119, 2005.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; PESSOA DE CARVALHO, A. M.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A Necessária Renovação do Ensino das Ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.

CARVALHO FILHO, J. E. C. Aprender é superar obstáculos: a aprendizagem na perspectiva bachelardiana. 2005. In: **V Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 2005.

CHAYUT, M. J.J. THOMSON: The Discovery of the Electron and the Chemists. **Annals of Science**, n. 48, pp. 527-544, 1991.

CHAVES, L.M.M.P. **Concepções de ciência reveladas nos conteúdos sobre modelos atômicos de livros didáticos de química**. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

CHAVES, L. M. M. P.; SANTOS, W. L. P.; CARNEIRO, M. H. S. História da Ciência no Estudo de Modelos Atômicos em livros didáticos de química e concepções de Ciência. **Química Nova na Escola**, v. 36, n. 4, p. 269-279, 2014. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc36_4/05-HQ-176-12.pdf, acesso em 11 nov. 2020.

CLANDININ, D. J.; CONNELLY, F. M. **Narrative inquiry: experience and story in qualitative research**. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2000.

COHEN, L.; MANION, L.; MORRISON, K. **Research methods in education**. London: Routledge, 7ª edição, 2011.

CONANT, J. B.; **The Growth of the Experimental Sciences: An Experimental in General Education**, New Haven: Yale Univ. Press, 1949.

CONNOR, G. K. T. TURNER, H. D. The evolution of the nuclear atom. Londres: Iliffe Books. 1965.

COSTA, L. V. O. **Números reais no Ensino Fundamental: Alguns Obstáculos Epistemológicos**. 2009. 368 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, USP.

CONANT, J. B.; **The Growth of the Experimental Sciences: An Experimental in General Education**, New Haven: Yale Univ. Press, 1949.

CRISP, G. Integrative assessment: refraning assessment practice for current and future learning. **Assessment & Evaluation in Higher Education**, 37(1), 33-43, 2012.

DUTRA A. A. Ensino de modelos atômicos por meio de metodologias ativas. Dissertação de Mestrado. UnB – Brasília, 2019.

FERREIRA, L. M. **Atomismo: um resgate histórico para o ensino de química**. 2013. 170 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

FERREIRA, L. M.; PEDUZZI, L. O. Q.; **As Intuições Atomísticas de Bachelard**. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências.v. 14, n. 3, p. 119-137, 2014.

FITZPATRICK, T. C. WHETHAM, W. C. D. **The building of the laboratory**. In: A History of Cavendish Laboratory (1871 – 1910). Londres: LONGMANS, GREEN.1910.

GEOFFROY, É. F.; **Traité de la Matière médicale ou de L’histoire des vertus, du choix et de l’usage des remedes simples**. Paris, 1743, v.1, p. 157.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GODOY, A. S. Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20-29, mai./jun, 1995.

GOMES, H. J. P.; OLIVEIRA, O. B. Obstáculos epistemológicos no ensino de ciências: um estudo sobre suas influências nas concepções de átomos. **Ciência & Cognição**, v. 2, p. 96 – 109, nov, 2007.

GREENBERG, A. **Uma breve História da Química** – da alquimia às ciências moleculares modernas. tradução da primeira edição inglesa: Henrique Eisi Toma; Paola Corio; Viktoria Klara Lakatos Osório. – São Paulo: Blucher, 2009.

HECQUET. **De la digestion et des maladies de. 1'estomac suivant le système de la trituration et du broyement, sans 1'aide des levains ou de la fermentation, dont on fait voir 1'impossibilité en santé et en maladie**. Paris, 1712.

JAPIASSÚ, H. **Para ler Bachelard**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1976.

KOTZ, J. C.; TREICHEL JR, P. **Química e reações químicas**. 4.ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1 e 2, 2002.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. 3ª ed. São Paulo: Perspectiva, 1992.

KRAMP, M. K. (2004). Exploring life and experience through narrative inquiry. In M.

KATHLEEN; S. D. LAPAN (Eds.), **Foundations for research: methods of inquiry in education and the social sciences**. New Jersey: Erlbaum.

LABERGE, Y. **La mondialisation de la philosophie**: la réappropriation des idéesselon les cultures – L’exemple de Gaston Bachelard. Lavalthéologique et philosophique, v. 59, n. 3, p. 535-540, 2003.

LEAL, M. C. **Didática da Química**: Fundamentos e práticas para o ensino médio 1. ed. Belo Horizonte: Dimensão, 2009.

LECOURT, D. **Epistemologia Gaston Bachelard**. Trechos selecionados por Dominique Leucourt; Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

LOBATO, C. B. **Misturas e combinações químicas: estudos e explicações atômicas de John Dalton (1766 – 1844)**. Dissertação de Mestrado. PUC-SP. São Paulo. 2007.

LÔBO, S. F. O ensino de química e a formação do educador químico, sob o olhar bachelardiano. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 89-100, 2008.

LEAL, M. C. Didática da Química: fundamentos e práticas para o Ensino Médio. Belo Horizonte: Dimensão, 2009.

LOCQUES, N. Les Rudiments de la philosophie naturelle touchant le système du corps mixte. Cours théorique, v. 1; Cours pratique, v. 2. Paris, 1665.

LOPES, A. R. C. Livro didático: obstáculo e aprendizado da ciência: obstáculos animista e realista. **Química Nova**, v. 15, n. 3, p. 254-261, 1992.

LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o ‘pudim de passas’ nos livros texto. In: **Encontro Nacional De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, 7., Florianópolis, 2009. Anais... Florianópolis, 2009.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica**. Tese (Doutorado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. São Paulo, 173 p., 2009.

LOPES, J. B.; BRANCO, J.; JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. “Learning experience” provided by science teaching practice in a classroom and the development of students’ competences. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 41, n. 5, p. 787-809, 2011.

LOPES, J. B.; VIEGAS, C.; CRAVINO, J. P. Improving the learning of physics and development of competences in engineering students. **The International Journal of Engineering Education**, Dublin, v. 26, n. 3, p. 612-627, 2010.

LOPES, J. B., SILVA, A. A., CRAVINO, J. P., VIEGAS, C., CUNHA, A. E., SARAIVA, E., BRANCO, M. J., PINTO, A., SANTOS, C. Investigação sobre a mediação de professores de Ciências Físicas em sala de aula. **Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro**, 2010.

LOPES, J. B.; SILVA, A. A.; CRAVINO, J. P.; SANTOS, C. A.; PINTO, A.; SILVA, A. VIEGAS, C.; SARAIVA, E.; BRANCO, M. J. Constructing and Using Multimodal Narratives to Research in Science Education: Contributions Based on Practical Classroom, **Research in Science Education**. v. 44, p. 415-438, 2014.

LOPES, J. B.; VIEGAS, C.; PINTO, A. **Melhorar Práticas de Ensino de Ciência e Tecnologia: Registrar e Investigar com Narrações Multimodais**. 1. ed., Lisboa: Edições Sílabo, 2018.

MACHADO, A. S. A mediação no processo de formação de professores não licenciados: investigando a práxis docente por meio de narrações multimodais. In: **Simpósio Internacional de Educação a Distância (SIED: EnPED)**, 2016.

MARIA, C. J.; LOPES, J. B.; TOMMASIELLO, M. G. C. Influência do “Caderno de Química” em práticas de ensino em sala de aula. **Ciênc. Educ.**, Bauru, v. 21, n. 2, p. 329-349, 2015.

MARIA, C. J.; TOMMASIELLO, M. G. C.; LOPES, J. B. Os registros semióticos em aulas de Química do ensino médio e a aprendizagem significativa. In: **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ciências (ENPEC)**, 2013.

MARIA, C. J.; TOMMASIELLO, M. G. C. Narrações multimodais na pesquisa em educação: construindo dados de dentro da aula. In: **11º Encontro de Pesquisa em Educação da Região Sudeste**, 2014.

MASON, J. **Researching Your Own Practice: The discipline of Noticing**. New York: Routledge, 2002.

MELZER, E. E. M.; CASTRO, L.; AIRES, J. A.; GUIMARÃES, O. M. Modelos atômicos nos livros didáticos de química: obstáculos à aprendizagem? **Encontro Nacional de Ensino de Química**, 8, 2008. Anais... ABRAPEC, Águas de Lindóia, 2009. Disponível em: <http://www.foco.fae.ufmr.br/pdfs/399.pdf>. Acesso em: 30 de julho de 2020.

MELZER, E. E. M.; AIRES, J. A. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr, **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v.11 (22). p.62-77. Jan-Jun 2015.

MIRANDA, F. A. 1, ARAÚJO, S. C. M.; Identificação de Obstáculos Epistemológicos Presentes em Alguns Livros Didáticos de Química do Ensino Médio. XVI Encontro Nacional de Ensino de Química (XVI ENEQ) e **X Encontro de Educação Química da Bahia (X EDUQUI)** Salvador, BA, Brasil – 17 a 20 de julho de 2012. Disponível em: <https://rigs.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/viewFile/7257/5034>. Acesso em: 08/10/2020.

MORRELL, J. B. Thomas Thomson: Professor of Chemistry and University Reformer. *British Journal for the History of Science*. 4(15): 245- 249, 1969.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. Modelos atômicos em livros didáticos de química do PNLEM 2012: uma análise qualitativa à luz da história e filosofia da ciência. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 9., Águas de Lindóia, 2013. Anais, disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/ixenpec/atas/resumos/R0573-1.pdf. Acesso em: 07 jan de 2021.

PARENTE, L. T. **A Ciência Química – Ensino e Pesquisa na Universidade Brasileira**. 321p. Dissertação (Instituto de Estudos Avançados em Educação), Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, 1985.

PEREIRA, D. M., **Estudo Dos Obstáculos Epistemológicos No Processo De Ensino Aprendizagem No Curso De Licenciatura Em Química Do IFG – Campus Inhumas**. TCC. 2017.

PONCELET (ABBÉ), P.; **La Nature Dans la Formation du Tonnerre, et la Reproduction es Êtres Vivans**. Paris, 1769, p.172

PULLMAN, B.; REISINGER, A. *The Atom in the History of Human Thought*. Oxford University Press, 1998. 416p.

REDISH, E. *Transforming Physics With the Physics Suite*. USA: John Wiley & Sons, Inc, 2003.

SÁ, L. P.; FRANCISCO, C. A.; QUEIROZ, S. L. Estudos de Caso em Química. **Química Nova**, v. 30, n. 3, p. 731-739, 2007.

TOMAZELLO, M. G. C. Mediação pedagógica: investigando as práticas de docentes do ensino fundamental e médio por meio de narrações multimodais. **In: 9ª Mostra Acadêmica UNIMEP**, 2011.

SANTOS, M. E. V. M. **Mudança conceptual na sala de aula: um desafio pedagógico**. Horizonte. Lisboa: Portugal. 1998.

THOMSON, J. J. **The Corpuscular Theory of Matter**. London: Archibald Constable, 1907. 2a. impressão.

VIANA, H. E. B. **A Construção Atômica da Teoria de Dalton como Estudo de Caso – e algumas reflexões para o ensino de química**. Dissertação de Mestrado. FE-USP. São Paulo, 2007.

VILATORRE, A. M.; HIGA, I.; TYCHANOWICZ, S. D. Didática e Avaliação em Física. São Paulo: Saraiva, 2009. (Coleção Metodologia do ensino de Matemática e Física: v. 2).

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed., Porto Alegre, Bookman, 2001.

ZANETIC, J.; MOZENA, E. R. **Evolução dos conceitos de física**. Notas de aula 2ª parte: alguns tópicos de história da física. Instituto de Física – Universidade de São Paulo, 2009.

APÊNDICE A – NARRAÇÃO MULTIMODAL

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

Contexto: Ensino Superior

País: Brasil

Nome do Professor: Severino Araújo de Souza

Atividade do profissional: Professor de Química do IFCE – campus Iguatu

Narrador (a): Investigadora com interação com o Professor

Nome da Narradora: Virna Pereira de Araújo

Contexto de Ensino: Graduação em Licenciatura em Química

Disciplina: Química Geral I

Nível de Ensino: Ensino Superior – 1º semestre

Faixa etária: Adultos (≤ 18 anos)

Semestre letivo: 2020.1

Tópicos: Evolução dos Modelos Atômicos

Narrações Multimodais relacionadas com esta:

Narração Multimodal
Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna
Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

Aula n.º 03 (10/03/2020)
Tempo total da aula: 1h 15min Hora do início da aula: 20h 35min Hora do final da aula: 21h 45min

Informações Contextuais:

Para uma maior eficiência na construção desta NM, foram observadas as duas aulas anterior a esta, nas datas de 03/03/2020 e 04/03/2020, onde eu pude observar o comportamento dos alunos alguns padrões seguidos por eles, bem como foi possível estabelecer um contato direto com o professor para a escrita desta NM.

O professor que lecionou a aula, não é professor apenas da disciplina de química geral I no primeiro semestre, mas também é professor de analítica I e II no mesmo curso, ele por sua vez se graduou em química, tanto licenciatura quanto bacharelado no ano de 2007 e 2013, respectivamente. Possui também mestrado, no ano de 2010 e doutorado, no de 2015, pela mesma universidade, a Federal da Paraíba. Atualmente é professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE e possui uma vasta experiência na área de Educação e na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, com ênfase em Engenharia de Alimentos, estas informações foram dadas pelo professor e retiradas do seu currículo Lattes.

O curso de Licenciatura em Química do IFCE - Campus Iguatu ocorre no período noturno das 18:30 às 22:00, é por esse motivo que os alunos aqui matriculados tendem a ser aqueles que normalmente trabalham no período diurno, então, uma característica importante deles é que a sua vida acadêmica está condicionada a sua jornada de trabalho, por isso ser algo já intrínseco, os professores e a gestão sempre pensam nesta condição de seus alunos antes de tomar alguma decisão, como por exemplo, caso haja necessidade de reposição de

Narração Multimodal**Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna****Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)**

alguma aula, esta deve ser feita no sábado, para que não prejudique tais graduandos.

As aulas aqui observadas ocorreram no horário das 20:20 às 22:00, ou seja, no segundo horário, após o intervalo de 10 min que é dado para os alunos lancharem, estes devem estar na sala às 20:20, no entanto não é isso que ocorre, pois os alunos acabam demorando um pouco a mais no intervalo, atrasando o início da aula que no caso desta narração multimodal só começou depois das 20:30. Outra informação importante é que a maioria dos alunos vem e voltam no ônibus disponibilizado pelo IFCE, na qual sai às 22:00 e os alunos com intuito de não perderem esse transporte pedem para que o professor os libere um pouco antes para que dê tempo de chegarem até o ônibus.

Na aula anterior os alunos tiveram uma explicação sobre o assunto de modelos atômicos, falando um pouco sobre como se deu início aos primeiros postulados, desde Demócrito e Leucipo até ao modelo de Bohr e durante a aula o professor anunciou uma atividade para que trouxessem na próxima aula, que se consistiu na realização de uma pesquisa sobre a evolução dos modelos atômicos já mencionado por ele, eles deveriam pesquisar e trazer anotação sobre e seria realizado um debate em sala, que no caso é o que se consiste essa narração.

Como a seria a realização desse debate sobre o que alunos pesquisaram, o professor pediu para que os alunos que estavam presentes organizassem suas cadeiras de acordo com o que está mostrado na Figura 1 (figura feita com base nas fotos e memória), em forma de meia lua. Ele liga o Datashow, mas acaba não utilizando no decorrer desta aula, quer que os alunos participem mais desta aula.

Narração Multimodal
Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna
Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

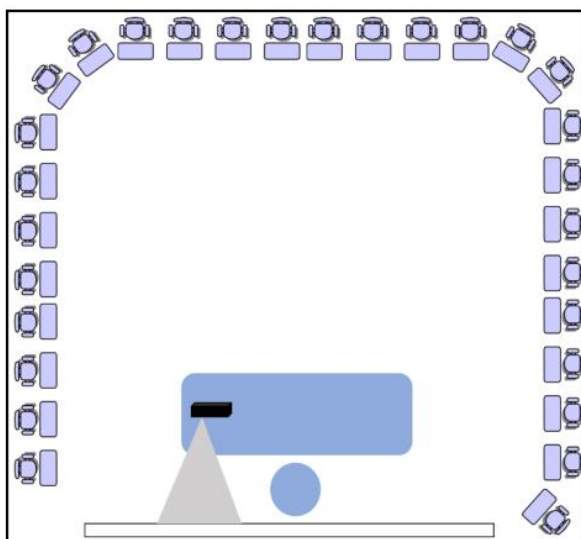


Figura 1: Planta da sala, com a organização proposta pelo professor para o posicionamento dos alunos.



Figura 2: Foto da organização dos alunos em sala.

Narração Multimodal**Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna****Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)****Narração sintética de toda a aula:**

Após o professor ter dado boa noite aos alunos, o professor dá um certo sermão para os alunos em relação a prova de matemática que os alunos haviam realizado na aula anterior, este momento de fala vai do minuto 00:51 ao minuto 03:35 da gravação, tendo uma duração de 02:44 min. Pois para o professor os alunos que foram chegando depois não tiveram respeito com o ele e seus demais colegas que estavam em sala e em silêncio, destacando até como este tipo de comportamento iria se repercutir no seu futuro como profissional da educação.

Depois desse momento o professor explica como vai ocorrer e explica que esse tipo de atividade nas aulas de química não é normal, onde uma pesquisa feita pelos alunos gera um debate em sala, pois normalmente o conteúdo já é entregue pelo professor pronto e sem ouvir muito a opinião do aluno, a não ser que seja uma dúvida que o estudante tenha. E então fala um pouco sobre o tópico abordado que é evolução dos modelos atômicos, no minuto 4:14 da gravação, como funciona a construção do conhecimento científico desde os gregos até os dias de hoje.

No decorrer da aula os alunos vão mostrando o que acharam de mais interessantes em suas pesquisas e logo em seguida o professor vai explicando sobre o assunto abordado por cada aluno ou quando um grupo apresenta sobre a mesma ideia ele vai trabalhando sobre assunto, detalhando e corrigindo pequenos erros quando ocorriam, para que tudo sobre modelos atômicos ficasse bem claro.

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

Episódio(s) relativo(s) a esta aula:

1º Episódio -

Hora de início: 11min 36s **Fim do 1º episódio:** 1h 20min

Professor inicia essa atividade com a fala do aluno Thiago. – Pode falar, Thiago!

Thiago relata o que achou interessante na sua pesquisa – O que eu achei interessante aqui é que o ser humano sempre discutiu sobre a composição da matéria mesmo antes de John Dalton, né? Que eles achavam que a matéria era composta por 4 elementos, fogo, ar, água e terra. Pronto só isso.

Neste momento o professor queria já explicar para o aluno, no entanto se conteve para que mais pessoas falassem, e não acabasse explicando algo que alguém queria falar. Então ele perguntou se mais alguém gostaria de falar, mas como ninguém se pronunciou ele perguntou para o Thiago em que período ele estava falando, como o aluno não soube responder exatamente o professor preferiu explicar como reconhecer os períodos.

Professor então explica sobre os períodos antes e depois de Cristo e como funciona a contagem dos anos – Então olha só para lembrar, Aristóteles, ele é do período de trezentos a quatrocentos anos antes de Cristo. Então olha, nós estamos hoje a dois mil e vinte anos depois de Cristo. O período de Aristóteles, Platão, esse pessoal ou esses cientistas, não vou falar pessoal porque eu não tenho intimidade – brinca o professor – Então esses cientistas já discutiam há quase quatrocentos anos, trezentos anos antes de Cristo.

Continua o professor – Porque olha só vou deixar bem claro pra vocês, até Cristo vem decrescendo, depois de Cristo, então, zero é Cristo no período – Explica o professor que no nascimento de Cristo zera os anos e o período é dividido – E começa dois mil

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

depois de Cristo. Então, vamos supor: você tem de 400 a 350 anos antes de Cristo. Porque tá se aproximando, no período de Cristo zero, para vir depois de Cristo.

- Então, olha só, essa proposta do Thiago, isso é antes de Cristo, falava que a matéria era formada pelo o quê, Thiago? - Pergunta ao aluno Thiago Bruno.

Thiago Bruno – Formada por quatro elementos fogo, ar, água e terra.

Outro aluno também chamado de **Thiago** pede a fala com gesto e o professor permite e então diz: – O que eu queria falar era sobre essa teoria de Aristóteles, é que todos os elementos que se encontravam na natureza era a soma desses 4 elementos químicos, por exemplo, na pesquisa que eu fiz dizia que a umidade era a junção da água com o fogo.

Professor – Então, olha só, pra gente complementar o que o Thiago está falando. Dizia assim ó que apesar de eu dizer que a matéria é formada por quatro elementos, ainda existia elementos no intermediário entre esses dois.

Professor – Veja! Naquele período estava falando de elemento como chamando água de elemento, e a gente sabe que a água hoje é H_2O , ou seja, tem três elementos químicos sendo dois hidrogênios e um oxigênio, ou seja, naquela época ele chamava de elementos uma substância que era composta por 3 elementos químicos, ou seja, a nossa visão de elementos é completamente diferente da visão daquele período. Tá bom? quem fala mais?

Lucas Giliard – Assim é só uma observação na parte de átomos, modelos que eu achei bem interessante destacar, que como não é possível ver um átomo isoladamente os cientistas apenas, digamos que se baseiam como é, então esses modelos atômicos, só explica o que diz a teoria, mas isso não quer dizer quer fisicamente o átomo é daquele jeito. Pelo menos é o que eu encontrei na minha pesquisa.

Márcio – Voltando aqui para o que Giliard falou, que não existe um modelo certo, aí a gente tá falando da evolução. Na questão que veio um para refutar o outro, foi o que eu achei interessante na minha pesquisa, e como ele falou, não é por que um está

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

dizendo que é daquela forma, aí começou com Dalton aí veio Thomson, veio vários modelos atômicos, mas eu não sei qual está mais aceito hoje em dia.

Como o aluno Márcio já trouxe o modelo atual para sua fala, o professor apenas disse que iria chegar no modelo atual e que senão iria tirar a resposta de alguém. Então para isso precisaria ir na ordem e ele queria ver se mais alguém queria falar sobre as ideias dos gregos.

Aluna Brenda – É que Giliard falou que os cientistas não tinham certeza de como se constitui um átomo e foi com os avanços tecnológicos que fez com que os experimentos químicos que eles foram fazendo. Então naquele tempo não era uma certeza que o átomo era daquela forma, era apenas uma hipótese e foi evoluindo com o passar do tempo.

Certo! Quem vai falar agora depois da Brenda? Quem quer complementar? – pergunta o professor na busca de que os alunos peçam a palavra.

Amélia – Em relação ao átomo, é que no começo eles não colocaram o átomo como divisível só que como eles notaram que eram pequenas partículas que não eram divisíveis e quando eles foram procurar o significado disso, eles acharam então viável, daí se deu o nome do átomo.

Professor – Lembrando que o dois “Thiago” (referindo-se aos dois alunos que se chama Thiago) falaram, até então estavam falando em elementos, na formação da matéria. Que que acontece? Um pouco depois da evolução, surge a ideia de que essa matéria (que poderia ser ar, água.) era constituído de partes pequenas, indivisíveis e daí surge o nome átomo. Para um grego algo que seja pequeno e indivisível, na linguagem grega, isso recebe o nome de átomo. Átomo é algo pequeno e indivisível nesse pensamento que os “Thiagos” falaram junto com o que a gente vem discutindo. Aí daí começa a ouvir a palavra da matéria ser formada de pequenas partículas indivisíveis. E para os gregos, pequenas partículas indivisíveis são chamadas de quê? Átomo, tá bom? E isso começou quando? Quem lembra?

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

Alguns alunos respondem à pergunta juntos com base no que o professor falou um pouco antes: 450 anos a.C.

– Renata, fala, Renata, quanto tempo foi que começou a primeira proposta atômica? - Questiona o professor a uma aluna específica.

– Aproximadamente 450 anos a.C. com os gregos Leucipo e Demócrito que começaram a suspeitar que a matéria seria formada por pequenas partículas indivisíveis.

– Responde a aluna Renata olhando para seu caderno.

Professor – Então a proposta de átomo, ou seja, da matéria indivisível começou ser questionada por Leucipo e Demócrito, eles eram contemporâneos de Aristóteles e Platão, ou seja do mesmo período, mas Aristóteles e Platão eles eram mais conceituados na comunidade. – Professor da continuidade a linha de raciocínio – a proposta de Leucipo e Demócrito sobre a respeito da matéria ser constituída de partículas indivisíveis não foi muito aceito por que Aristóteles e Platão teria outra linha de pensamento e como eles teriam mais influência na comunidade científica, aquela ideia não pegou, ou seja, aquela ideia da matéria ser formada de pequenas partículas indivisíveis, apesar de ser dito por Leucipo e Demócrito, Aristóteles e Platão disseram: “ó essa linha de pensamento a gente não acredita”. Isso é um pouco, como a gente também já questionou, o átomo não é algo palpável. Então teria que ser falado por hipótese.

Amélia – Era o que eu falei.

Professor – Não, não era nada.

Vitória – Na época essa ideia até foi esquecida, até que Dalton começar a estudar e formular a teoria dele, justamente por que na época que foi lançado as duas pessoas mais influentes falavam outra coisa.

Professor – Então, escuta só, você lembra o período de Dalton? Quanto?

Alguns alunos respondem juntos: Mil e oitocentos (1800).

O professor Conclui – Ou seja, no início do século XIX depois de Cristo e Aristóteles, Leucipo e Demócrito foi falado 400 anos antes de Cristo. Então, a comunidade científica passou mais de dois mil anos adormecida essa hipótese de átomo como sendo a menor

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

partícula da matéria. Só Dalton, em 1807, é que vem com essa hipótese, voltando lá pro pensamento de Leucipo e Demócrito.

Vitória fala sobre sua pesquisa – É que na minha pesquisa eu vi os principais cientistas, antes de Dalton e a ciência ficou adormecida e os que vieram depois e aí eles pesquisavam e o que eles conseguiam provar era aceito e o que não conseguiam provar era esquecido e era substituído pelos os outros estudos que eram provados.

Professor – Agora olha só, quem lembra ou quem pesquisou, qual a diferença cientificamente do Leucipo e Demócrito para o Dalton? Quem lembra? A principal diferença dele, em termos de impacto na comunidade?

Diassis – Por que Dalton assimilava o átomo a uma bola de bilhar (...).

Este momento o aluno interrompido pelos seus colegas e professor pede silêncio que ele possa falar e dar sua contribuição e diz que vai chegar a vez de todos participarem.

O Aluno continua sua fala – Ele ainda tinha quele mesmo pensamento de Leucipo e Demócrito que era pequeno, minúsculo e indivisível só que ele ainda acrescentou a tese dele que ele também era esférico e similar a uma bola de bilhar.

Professor – O que significa esférica e maciça? Quem pode dizer?

- É que não tem nenhum espaço vazio – uma aluna responde.

Ao mesmo momento que outra aluna, a Régina também fala: É que tem massa. O professor então pega o gancho dessa fala e questiona:

- Se tem massa, é matéria, lembra? A definição de matéria? Matéria é constituída de que? Tudo que tem massa e?

Alunos complementam: E ocupam lugar no espaço.

O aluno **Matheus** levanta a mão e pede a fala – É que a principal diferença entre a teoria de Leucipo e Demócrito e Dalton foi porque que Dalton conseguiu com um experimento que o modelo dele poderia ser aceito, foi baseado nas leis de Proust e na lei de Lavoisier, conservação das massas e proporções constantes, então por isso que foi

Narração Multimodal**Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna****Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)**

aceito na comunidade científica, porque ele conseguiu provar que o modelo dele conseguia ser reproduzido na vida real.

Professor – Todo mundo sabe que Dalton foi no início de 1800 (mil e oitocentos), olha só como é o processo evolutivo, estamos saindo de algo hipotético, ou seja, hipótese e estamos indo para algo palpável, algo experimental, agora. Então agora a ciência não aceita mais hipótese, a ciência hoje não aceita mais a ideia de hipótese, você tem que provar experimentalmente que aquela hipótese é verdadeira, então é juntando a hipótese com o experimento.

Neste momento um aluno levanta a mão pedido para falar e o professor diz quer vai complementar seu pensamento e depois dará a oportunidade para que o aluno fale. O **professor** então continua – Leucipo e Demócrito, eles não conseguiram escrever nada cientificamente e a ciência os reconheceu no período como algo que tinha relevância frente aquela hipótese que a gente levantou na compreensão da matéria. O Leucipo e Demócrito não conseguiu convencer a comunidade, e não deixou nada escrito cientificamente. O Dalton foi o primeiro cientista a escrever para uma revista sobre o átomo, então o primeiro que escreveu cientificamente, registrou, foi o Dalton. Está certo?

O **professor** agora passa a fala para a aluna Mia, que diz que quer falar sobre Thomson, mas o professor prefere resumir o que foi discutido até o momento e concluir sobre a teoria de Dalton, para quando estiver compreendido ele passe para o próximo modelo atômico.

Professor então dá continuidade – Primeiro, partiu de quem? Leucipo e Demócrito. Mas a hipótese partiu de lá, dizendo o seguinte: vamos tentar compreender a matéria. Aí teve gente que dizia: olha a água, chamando de elemento. Já o Leucipo e Demócrito disse não, a matéria é constituída de pequenas partes indivisíveis, claro, como não pegou bem, a hipótese não foi aceita pelos cientistas da época considerados.

A ciência considera isso como parte desperdiçada da ciência, e a Vitória usou muito bem uma palavra: adormecida. Já pensou você passar 2000 anos adormecido?

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

Por isso que a nossa ciência em termos de constituição da matéria, é algo novo comparado a uma filosofia. Olha, Aristóteles e Platão há quatrocentos e cinquenta anos, antes de Cristo era filósofos e matemáticos, ou seja, a matemática já vinha lá atrás. Nós como ciência da química, é algo que vem depois de Dalton. Aí escuta só, então nós estamos certo agora, nós deixamos certo naquela hipótese, olha, o Dalton escreveu o que sobre o átomo? Dalton deixou o postulado, o que é postulado? É uma palavra muito bonita, a ideia postulado, não é? Sabe que significa postulado? É eu chegar pra colega aqui e dizer assim (apontando para uma aluna que está do seu lado): escreva suas ideias, aí ela vai dizer, eu acredito nisso, eu acredito nisso, aí ele chamou de postulado, então, Dalton deixou escrito, algo sobre o que ele acreditava, tá bom? Que é chamado de? Postulado! Então, postulado significa o quê? A visão dele sobre aquilo que ele estava falando. Quando eu ouvia falar do postulado, eu dizia: meu Deus deve ser algo perfeito. Aí quando eu vou olhar o que significa postulado, escrito a visão dele.

Quando você pega o livro, e diz os postulados de Bohr pega perfeitamente a mesma ideia, que ele bota até entre aspas, o que ele tem pensado sobre o átomo deixou registrado o que seria a visão dele sobre o átomo, então postulado significa isso, tá legal? Pessoal, nós estamos no átomo de Dalton, de várias coisas que ele escreveu sobre o átomo, quatro, são mais conhecidas como os quatro postulados de Dalton, mais comuns, que os livros didáticos trazem com força, tá certo?

Então veja, nós não vamos mais pensar em Leucipo e Demócrito, nós vamos pensar em algo depois que Dalton falou, de 1800. A partir dali começa a surgir os demais.

Uma das alunos levanta a mão e pede a fala: O professor pergunta o seu nome.

Viviam – É porque foi o primeiro modelo atômico a relatar a atividade do átomo por causa de uma pesquisa que o Thomson tinha feito e até ficou conhecido como pudim de passas o modelo atômico e ele falava que os átomos podiam ser constituídos de cargas elétricas positivas e negativas tanto que quando foi em 1897 ele ficou conhecido como pai do elétron.

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

Professor – Quem vai falar mais sobre o modelo de Dalton – Neste momento a intenção do professor falar modelo de Thomson ao invés de modelo de Dalton.

O **Zeuglersson** pede a fala – Teve uma coisa lá que Thomson percebeu que tinha uma coisa que o Dalton não tinha explicado, que era a questão da eletroatividade, a questão do como é que uma carga neutra ficava elétrica depois que ele ficou trabalhando nessa questão, aí ele foi colocando no caderno para tentar ver, trocando a placa para tentar ver como era que se comportava essa questão do comportamento do elétron, que era uma coisa que Dalton não tinha percebido.

Professor – Quem está com dúvida a respeito do modelo de Dalton? Todos entenderam que Dalton pensou na hipótese indivisível? Então ele falou que era feita a partir de partículas maciças indivisível, que ele disse assim: parecia uma bola de bilhar, uma bolinha pequena, indivisível e indestrutível, mas era hipóteses. Por isso que é chamado de postulado, claro que teve experimento também, está bom? O de Dalton.

Então, como é o nome? Francisco Diego? Vamos lá, vamos encontrar (procurando seu nome na lista de presença). você assinou a lista?

Francisco Diego – No geral os cientistas estudavam a ideia anterior do átomo e daí seguiam uma evolução como ela falou (apontando para a colega que havia falado sobre) até achar alguma coisa, por exemplo Thomson pegou o de Dalton e assim sucessivamente.

Professor – Sem dúvida nenhuma, o cara não ia falar de um átomo, se ele não conhecesse o que já era dito. Claro, e outra coisa bem claro que a gente vai dizer aqui, ó, esses cientistas que a gente está dizendo aqui não foram os únicos que falaram, pelo contrário, muitos falaram, mas falaram coisas que não tinha nada a ver com o modelo atual e então eram descartados, entenderam? Quer dizer que Dalton não foi o primeiro, o único que despertou não, pelo contrário, tinha muita gente que falava, mas não tinha nada a ver com a hipótese. O Dalton foi o cara mais claro que deixou a receita aqui. Então, o que que acontece, ó, existia com certeza, aquela ideia de o que é que eu digo sobre isso.

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

E outra coisa, era linha de pesquisa de todos os pesquisadores que tinha. Então, ó, quando você vê, Dalton, Thomson, aí depois é Rutherford, todos eles eram contemporâneos do mesmo ambiente de pesquisa.

Neste momento um aluno pede a fala, mas a Bruna já tinha feito isso antes, então o professor passa a fala para ela – Deixa ela falar.

Bruna – Então, é que ela (apontando para a aluna Mia) falou na presença do elétron né? De Thomson, aí ele (referindo-se a Thomson) pegou e falou que as esferas do átomo eram neutra, maciça e não concisa, quando ele fez a pesquisa do átomo.

O Dalton disse que a matéria seria formada por partículas minúsculas, maciças, esféricas e indivisíveis e já no modelo de Thomson diz o seguinte, Dalton estava errado por que o átomo seria divisível tendo em vista que teria uma crosta com partículas chamada de elétrons. Isso quer dizer que o modelo de Dalton estava errado? – Pergunta o aluno Emanuel.

Dentro dos quatro postulados que o Dalton falou, dois, não tem nada a ver. Então, o que que acontece? Como a maior queda do modelo de Dalton, foi que ele disse que o átomo seria a menor partícula da matéria. Quem lembra do experimento de Thomson? Qual foi o experimento de Thomson? – Responde o professor.

Régina – Da ampola de Crookes, que ele utilizava os raios catódicos, era uma ampola que de um lado ela tinha o ânodo e do outro o cátodo.

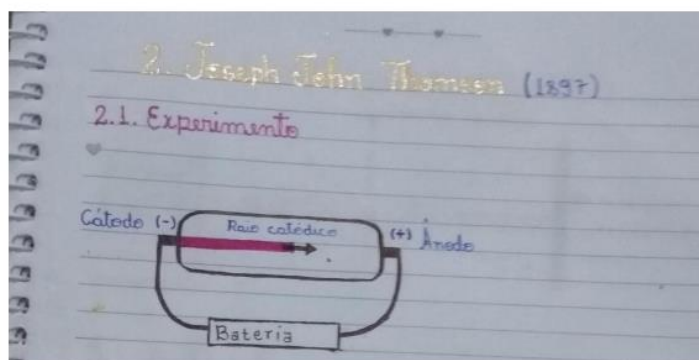


Figura 3: Representação do tubo de Crookes feita pela aluna Régina em seu caderno.

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

Professor – Sabe o que a Régina falou, diz assim, ó, o experimento conhecido do modelo de Thomson é chamado de Tubos de Crookes, o que significa esse Tubo de Crookes? Um tubo vazio, por que vazio? Porque aqui existia uma bomba que tirava todo o ar que existia aí dentro – neste momento o professor fala apontando para o seu desenho no quadro, apresentado na Figura 3. – Ele capturava! – Se referindo a bomba que capturava o ar presente no tubo. O tubo de Crookes ou experimento de Crookes, era um tubo vazio, uma carga positiva de um lado e uma carga negativa do outro.

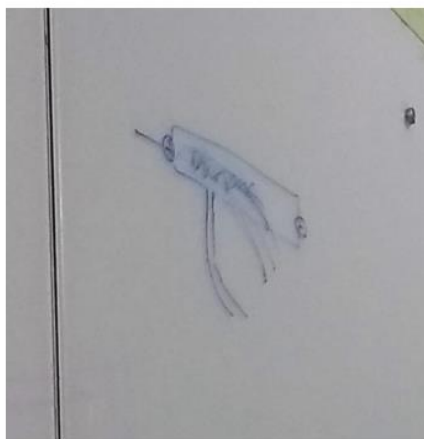


Figura 4: Foto do quadro onde o professor representa por meio de um desenho o Tubo de Crookes.

Professor – Sabe o que o Thomson fez? Ele tirou tudo que existia aí dentro e quando jogou a matéria aí dentro, ele percebeu que a matéria fluía de uma carga no sentido de um sinal. Então olha só, o que o tubo de Crookes fez com o Thomson? Ele percebeu que quando ele jogava a matéria aqui dentro, uma parte fluía tudo em sentido da carga positiva. Então existe alguma coisa lá no meio que está tendo atração por essa carga positiva. Então o átomo não é mais a menor partícula, o átomo é constituído de partículas menores carregadas, e não adianta mais eu falar do modelo de Dalton, porque existem coisas menores. Então, aí é a queda do modelo de Dalton, entendido? O tubo de Crookes que a Régina estava falando, é isso aí.

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

O professor então pede para a aluna complementar a sua fala – como ele descobriu os elétrons foi através dos raios catódicos que na verdade eram os próprios elétrons em si, ele percebeu que eles tinham uma energia, que eles tinham velocidade e que eles estavam se deslocando no sentido do campo elétrico positivo, então foi daí que ele percebeu a presença dos elétrons na matéria.

Professor continua – Na visão de Dalton a matéria era uma partícula neutra, tem massa, mas é neutra. Se eu colocar essa matéria aqui dentro, uma matéria neutra tem atração por alguma coisa, por um polo positivo ou negativo? - Alunos respondem – Não!

Professor então continua – Não tem, é neutra, não tem. Mas sabe o que foi que ele fez? Ele percebeu que uma boa parte, do que estava jogando aqui dentro, existia fluxo no sentido da carga positiva, então essa matéria não é neutra, o que o Dalton estava falando que era uma matéria neutra, não existe essa neutralidade da matéria. Existe partículas dessa matéria que elas são negativas, por quê negativas? Porque está sendo atraído pelo polo positivo, então positivo atrai as partículas negativa. Ai dentro existem cargas negativas por que estava fluindo no sentido do positivo, tá entendendo? Cargas opostas se atraem.

Então, foi aí, através desse experimento, que esse aqui é conhecido como Tubo de Crookes, já eram estudos conhecidos na época que Thomson escolheu para fazer o experimento dele e deu certo. OK? Continuando. – fala o professor.

A Mônica levanta a mão e pede a fala, então o professor pergunta a ela – Mônica, qual o período de Thomson? Quem lembra? A Mônica lembra? Mônica na sua pesquisa você encontrou ou viu? Mônica responde – Não. O período, não. – Alguns alunos respondem algumas datas um pouco diferentes.

Com o intuito de mostrar os saltos feitos ao longo do tempo de um postulado para o outro o professor pergunta aos alunos de que ano é o de Dalton para que os alunos relembrem este período, ele então percebe uma convergência de datas faladas pelos alunos e então explica o professor – 1803 d.C., tem livro que chama 1807 d.C. aí o outro

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

1808 d.C. quem está certo? Então vamos falar no começo de 1800 d.C. e qual o ano modelo de Thomson? Você encontrou? – Pergunta apontando para um dos alunos que estão a sua esquerda e ele então responde – No ano de 1897 d.C.

Professor repete o ano para que todos escutem e complementa – Quase 100 anos depois, aquela hipótese de a matéria ser a menor partícula e neutra, não existe mais. Ele (Thomson) não encontrou uma carga negativa? Não foi isso? Ele chamou essa carga negativa que fluiu (no tubo de Crookes). Foi ele que deu o nome de sendo? Elétron!

Questiona mais uma vez o **professor** – Quem foi que deu o nome de elétron? Bom, ele é conhecido por o pai dos elétrons.

Neste momento uma aluna pede fala e diz que quer falar sobre o modelo de Rutherford, professor responde – Deixa a gente dá uma mastigada sobre Thomson aí dou a oportunidade para falar de Rutherford. Quem quer falar mais sobre Thomson?

Professor pergunta novamente aos alunos já que nenhum aluno se prontificou a falar – Thomson comparou o modelo dele a que? – Os alunos respondem – Ao pudim de passas!

Professor complementa lembrando o modelo anterior – Ó, bola de bilhar é de Dalton, aqui ele fala de pudim com passas, sabe porque pudim com passas? Ele (Thomson) disse assim, ó, apesar dessa matéria aqui ter cargas negativas, mas ela dá choque? Quando você toca na matéria, você sente choque nela? Então existe alguma carga que neutraliza aquela outra, então existe o seguinte: a matéria é constituída de cargas positivas e negativas. Ela é neutra. Por quê neutra? Porque ela tem cargas positivas dentro dela que neutraliza. Se ela tiver 10 elétrons ela tem 10 cargas positivas para neutralizar, ela continua sendo neutra. Olha só do pudim com passas o que foi que ele disse: Era uma coisa totalmente maciça, a massa sendo totalmente positiva, foi a ideia que ele disse, e esses elétrons encrostados – Fala enquanto faz uma representação no quadro como mostra a Figura 5.

Narração Multimodal
Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna
Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

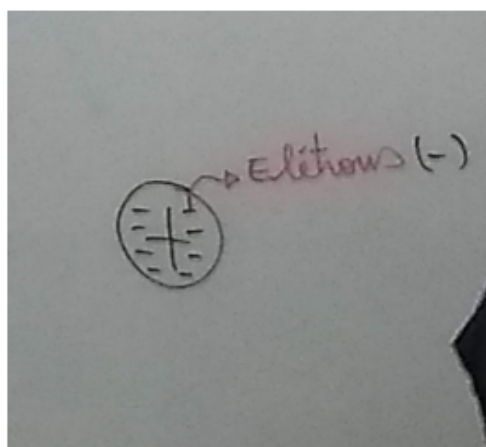


Figura 5: Ilustração feita pelo professor do modelo de Thomson.

Professor – O pudim com passas era uma sobremesa inglesa que fazia sucesso lá na região dele, então era para que ele tornasse didático o método dele. Essa ideia de comparar o meu modelo a coisas que estivesse no meu dia a dia, eu tô tentando facilitar a minha ideia pra sua compreensão, tá certo? Então, esse modelo, ele só tentou associar a ideia dele a algum modelo, alguma comida, alguma sobremesa que era conhecida na região dele, pra que todo mundo entendesse mais ou menos qual era a ideia dele. Tá bom?

Mas quem quer falar a respeito de qual foi o grande defeito de Thomson? Quem fala agora? Eu vou escolher (olha na lista de presença que está sobre a mesa), Larissa, cadê a Larissa? Fala, o que você anotou, além dos pontos que eu não falei?

A aluna Larissa então fala – Uma coisa que eu estava prestando atenção aqui é que o ano de 1897, foi o ano que Thomson começou a pesquisa, enquanto que em 1903 foi o ano que ele realmente conseguiu modificar a teoria de Dalton.

O professor explica o motivo desse intervalo de tempo citado pela Larissa – Então, olha só o quê que a Larissa está dizendo, está dizendo assim, ó, a proposta dele começou aí, mas ele só conseguiu publicar, realmente, como seria a ideia dele depois de 1900, que também não está tão longe. Se eu tô lá no laboratório agora, e de repente eu

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

descubro algo bem importante, eu vou ter um período para investigar pra saber o que eu tô falando é realmente, então ele teve esse período para a publicação dele, tá bom?

O professor chama a próxima aluna também de acordo com a lista de presença – E agora, vamos dá sequência, Ana Vitória! Fale o que você anotou mais de Thomson e depois vamos entrar em Rutherford, está bom?

Ana Vitória – É que Thomson disse que era composto por essas partículas, mas ele só disse que era composto, só que elas estavam meio que espalhadas, não disse o que tinha no centro ou se ao redor está eram prótons ou elétrons.

Professor – Então olha só o que a Ana Vitória falou, Thomson falou a respeito dessas partículas, mas ele não se preocupou em termos estrutural de falar nada de como seria essa estrutura do átomo, disse que possuía, colocou ali todo desorganizado, o defeito dele foi nesse sentindo.

Professor – Mas lembrando, ó, o próximo é Rutherford, era aluno de Thomson então eram pessoas que diz assim ó, eu já estou velho, agora entra nessa pesquisa e vamos investigar bem melhor. Então, grande sentido de Rutherford, foi o próprio orientador dele dizer assim, ó, continua essa pesquisa porque ainda tem muita coisa a ser discutida. Então, ó, a ideia de Thomson, já com uma certa idade e ele incentivou Rutherford para continuar com a pesquisa e ele disse apesar da matéria ser totalmente neutra, essa carga positiva, ele não soube dar o nome dessa carga positiva ele só deu o nome das cargas negativas de elétron, OK?

Régina mais uma vez pede a fala – Professor! Sobre essa questão de o átomo ser eletricamente neutro, ela que vai justificar a presença dos íons, porque ele vai dizer que essa relação de desequilíbrio entre as cargas elétricas e positivas, elas que vão resultar nos íons que pode ser pela falta ou pelo excesso de elétrons, é uma contribuição importante do modelo atômico.

Professor – Sim, íons são partículas carregadas, seja ela positiva ou negativa, se eu tivesse uma matéria neutra, e se eu tivesse 10 elétrons, quantos prótons eu precisaria ter para ela ser neutra?

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna
Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

Alunos – Dez!!

Professor – Isso, 10 prótons, mas eu vou deixar bem claro aqui, não se fala de prótons quando eu estou falando de Thomson. Thomson não deu o nome de prótons de jeito nenhum, se eu disser assim: fale sobre o modelo atômico de Thomson e se você falar em prótons, eu vou cortar, porque ele não falou de prótons não. Ele disse que existia cargas positivas, mas ele não falou no nome prótons de jeito nenhum. Você tem que dar sentido no que está falando porque se você falar em partículas em tempos que não são adequados, com certeza aquilo que você tá falando é algo fora do contexto. Não adianta eu falar de prótons no modelo de Thomson, de forma nenhuma, são elétrons e cargas positivas que posteriormente, Rutherford, em que ano? Qual o ano de Rutherford? – Pergunta o professor aos alunos que falam descontraídos.

Professor – Qual?

Alunos – 1911!

Professor – Lembrando do que a Larissa falou, apesar de Thomson ter começado em de 1897, só em 1903 foi que ele realmente publicou a ideia dele, aí depois em mil novecentos e onze (1911). Quem fala do modelo de Rutherford?

Mônica – O modelo de Rutherford, ou modelo do sistema solar, tinha duas regiões, no caso, o núcleo e eletrosfera, o núcleo ele é positivo, ou seja, constituído por prótons, já a eletrosfera era constituída por elétrons e a eletrosfera gira em torno do núcleo.

Professor – Agora eu não tô mais pensando na bola de bilhar como a menor partícula da matéria de forma nenhuma, concorda? Tem sentido? Não, eu tô falando de uma matéria pequena, que é composta de partículas menores ainda. E quais são as duas partículas até então conhecidas? Prótons e elétrons, os elétrons no modelo de Thomson e os prótons foi Rutherford que falou que aquela carga positiva seria denominada de prótons, depois

Thiago pergunta – E os nêutrons?

Narração Multimodal**Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna****Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)**

Professor – Só foram descobertos em mil novecentos e trinta e dois (1932). Maria Aparecida, fale um pouco mais o que você pesquisou sobre Rutherford.

Maria Aparecida – Que Rutherford ele pensava diferente de Thomson e Dalton, ele disse que o átomo é descontínuo e é formado por duas regiões que é o núcleo e a eletrosfera, o núcleo tem cargas positivas, ou seja, constituído por prótons, e a eletrosfera era uma grande região vazia, onde os elétrons ficam ao redor do núcleo.

Professor – Então veja, ó, Rutherford agora, ele tentou dar estrutura aquela partícula que era constituída de cargas positivas e negativas, percebe que a gente sai de uma carga maciça positiva pra uma coisa desse tipo, ó um núcleo no centro pequeno e um monte de elétrons ao seu redor (Figura 6 mostra essa representação feita no quadro).

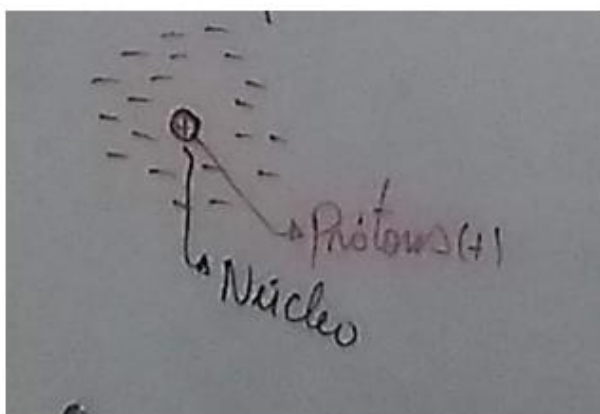


Figura 6: Representação feita pelo professor no quadro do átomo

Continua o **professor** – O modelo de Rutherford, ele diz, presta atenção pra gente compreender, ele diz que esse núcleo é tão pequeno, que era comparado com uma bola no meio de um campo de futebol, em relação ao tamanho do átomo. Então ó, isso é tão pequeno, tão compacto e era comparado a como se tivesse uma bola lá no meio de um estádio de futebol, para a gente ter uma noção em relação ao núcleo ao tamanho do todo, tá bom?

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

Maria Evilim quer falar sobre a eletrosfera do ano de 1913, e professor ainda pretende falar mais sobre o modelo de Rutherford, então passa a fala para outro aluno que diz: Como foi que Rutherford descobriu que o núcleo não era maciço? Ele bombardeou numa finíssima placa de ouro partículas alfa de polônio e as partículas algumas passavam, outras iam para direita ou esquerda e algumas voltavam.

Professor – Então olha só o quê que acontece, essa derrubada do modelo de Thomson não foi uma coisa hipotética mais não, está certo? Foi utilizando esse experimento que ele chama, experimento da lâmina de ouro com o polônio, o polônio é um elemento que possui uma carga positiva que é denominada de alfa.

Maria Evilim – É que em 1913 o átomo passou pelo aperfeiçoamento como o senhor já tinha falado, ele passou pelo físico dinamarquês, que não sei pronunciar esse nome, Niels Bohr, ele dividiu a eletrosfera em sete camadas e essas camadas atualmente são chamadas de valência.

Professor – Quem quer falar mais sobre Rutherford?

Aluno – E na mesma época dele (Rutherford), do experimento dele, eu sei que ele começou em 1911, mas quando foi em 1932 outro cientista começou a desconfiar de outro elemento – Neste momento o professor corrige o aluno e diz que não é elemento e sim partícula, o aluno então continua – ... de outra partícula que era o nêutron, que a gente conhece até hoje.

Professor – Rutherford nesse experimento dele, detectou o seguinte, a ideia de o átomo ser maciço todo mundo já sabe né? O que significa ser maciço? Possui massa, peso, certo? Rutherford disse assim, ó, apesar desse átomo aqui ser maciço os elétrons pesam quase nada, a massa desse átomo que todo mundo já vem falando que é maciço está praticamente no núcleo e eu descobri que existe uma partícula positiva lá que eu vou chamar de prótons, mas existe uma partícula junto aos prótons, ela só não possui carga, mas ela possui massa, peso, tanto quanto o próton, mas eu não sei quem é, é aí que surge a ideia do cara que é chamado Chadwick baseado nessa proposta de Rutherford que ele investigou e ele disse: “realmente existe”, realmente existe essa

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

partícula, essa partícula em termo de massa é tão quanto os prótons e ele denominou de nêutrons, não é neutro, é nêutrons, tá bom? Agora vamos complementar com quem não falou ainda, para dá oportunidade. Nos livros dizem assim, ó, Rutherford lançou a proposta dele, qual é o modelo de Rutherford?

Alunos – Sistema solar!

Professor – Sistema solar ou sistema planetário, que é o sol no centro e os demais planetas girando ao seu redor, OK? Quem é o sol, no modelo dele?

Alunos – O núcleo.

Professor – Quem são os planetas?

Alunos – Os elétrons.

Professor – Que alguém falou aqui que eu esqueço, que ele denominou esse espaço vazio de eletrosfera, tudo bem? Agora vamos lá, vamos dar continuidade, né?

Ana Beatriz pergunta – Queria saber como foi esse aprimoramento de Bohr?

Professor – De acordo com o que Rutherford falou em 1911 esses elétrons estavam circulando ao redor do núcleo, está bom? E na física clássica dizia que todas partículas que estivessem movimento teria energia e esta iria entrar em colapso com o núcleo, mas o elétron não acontecia isso, então existia alguma outra coisa que não poderia ser explicada pela física clássica e justificava porque o elétron não se chocava com o núcleo. Essa inconsistência foi onde Bohr percebeu que precisava ser explicado de outra forma, a não ser por essa partícula em movimento circular ou espiral que Rutherford falou, aí onde surge a ideia de Bohr.

Professor pergunta a Ana Beatriz – O que você encontrou de Bohr em sua pesquisa?

Ana Beatriz – Só coloquei que eu não entendi.

Andressa – Eu coloquei que esse modelo recebeu esse nome em 1913 pelo cientista Bohr que propôs um modelo que se baseou no de Rutherford, aprimorando seus primeiros postulados pelo seguinte: os elétrons movem-se em órbitas circulares e

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

cada órbita apresenta uma energia bem definida e constante, um nível de energia para cada elétron de um átomo.

Michele pede a fala o professor, mas como ela diz que quer falar sobre o modelo atual o professor prefere que ela fale por último, assim todos podem fazer suas colocações sobre os modelos anteriores e seguir a ordem cronológica que vem sendo abordada pelo professor.

Gleubson – Foi mais ou menos o que ela falou que os elétrons estão em orbitas circulares e que apresentavam uma energia bem definida e constante.

Ana Karoline – Só é permitido ao elétron ocupar níveis energéticos nos quais ele se apresenta com valores de energia múltiplos inteiros de um fóton.

Professor – faz a chamada pela lista de presença que os alunos assinaram. E chama a aluna Nathalia para falar.

Nathalia – É que a maior parte do átomo é um espaço vazio e a carga positiva é localizada no núcleo, ponto central do átomo, sendo este a maior parte da massa do átomo.

Professor – Então quer dizer que a massa dos elétrons é dispensável, as vezes até gosto de citar um modelo, tipo assim, ó, se você pegar e tirar um fio de cabelo da sua cabeça e subir na balança, ela detecta diferença? Ah, tirei meu cabelo vou me pesar. Então o que é que significa isso? Significa que cabelo não tem massa?

Alunos – Não!

Professor – Significa o que?

Alguns alunos – Que é leve.

Professor – Que é leve comparado ao meu impacto, posso até perder massa, mas é tão pouco que a balança não detecta. Então é a mesma ideia que ele pensava a respeito do elétron, o elétron é uma partícula leve e uma carga negativa. E isso aí é energia o que?

Alunos – Energia elétrica.

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de Licenciatura em Química (2020)

Professor – Os elétrons em movimento ao redor do núcleo, isso aí é energia elétrica. Está bom?

Lucas – O que eu anotei foi que o átomo faz a quantização de energia, e também as órbitas eram estacionárias.

Professor – Uma coisa é eu dizer que as órbitas eram estacionárias e outra coisa é eu entender o que significa esse estacionário de órbitas, eu tenho que entender, por que senão eu vou reproduzir isso sem entender, está bom? O que que significa isso? Quem pode falar? Quer falar?

Joaquim – É que a energia é por camada e na movimentação do elétron, essa movimentação de acordo com que ganhava energia ele ia para uma camada superior, mas à medida que ele perdia energia ele voltava para a camada de origem.

Professor – O Joaquim tá dizendo assim, ó, lembra do grande questionamento do modelo de Rutherford foi: por quê esses elétrons aqui não se chocam com o núcleo? Sabe o que Bohr disse? Sabe por que não se choca? Porque cada camada tem uma certa energia e essa energia é fixa e definida. Então por ela ser fixa e definida, ele (o elétron) precisava de uma certa quantidade de energia para se manter naquela orbita, quando ele ganhava saltava para uma camada mais externa, quando ele o perdia voltava pra a mais interna. Essa perda de energia, ela é perceptível na forma de luz. Ganhava um quantum de energia, ou seja, a quantidade necessária para saltar e liberava um fóton de energia, que é na forma de luz.

Professor – Fala lá Samara o que você pode complementar?

Samara – Eu vou falar sobre Bohr, que foi uma correção do modelo de Rutherford, sendo assim através dele que chegou à descoberta que a eletrosfera era dividida em camadas e níveis.

Professor – Por isso os livros didáticos falam Rutherford – Bohr, ele (Bohr) não se preocupou em propor. O modelo de Dalton era qual? Bola de bilhar, o modelo de Thomson era o que? Pudim com passas, o modelo de Rutherford era o que? Sistema Planetário, e o de Bohr? Ele disse: eu não vou propor modelo, eu vou aceitar essa

Narração Multimodal

Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna

Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)

proposta de Rutherford e vou tentar estudar e organizar os elétrons em camadas, está bom? É importante hoje a gente fechar assim ó, é importante a gente fechar pra saber qual era o ano do modelo atual e qual a proposta do modelo atual, tá bom? Fala Michele.

Michele – Então o ano exato eu não tô me lembrando, mas o que eu queria falar é da evolução da ciência em si, não só da química. Os primeiros a estudar foram Leucipo e Demócrito, certo? 550 a.C. Ai o segundo Dalton, já no século XVIII, XIX Thomson, XX Rutherford. Eles saíram de uma ideia totalmente hipotética, sem prova nenhuma e só o que eles achavam, a chegar no modelo atual que era o que eu queria falar sobre duas coisas: O princípio da incerteza Heisenberg e como o átomo é composto por mais espaço vazio do que de matéria em si, que até lembrei do professor de biologia que ele falou bastante que o átomo nada mais é do que uma pequena massa que tem um grande nada. Ai a parte que eu achei muito interessante é que a ciência cresceu tanto assim para chegar e descobrir que tudo é composto por um grande nada e que mesmo essa parte que é composta ela é difícil, porque o princípio da incerteza é que você não consegue dar o momento do elétron que quando você vai calculando ele vai mudando, aí tem essa incerteza do elétron e ainda tem o vazio do átomo, aí tudo é composto por incerteza e vazio.

Professor – Nós estamos falando de algo pequeno, que é tão pequeno, que esse nada nada aqui, ele não disse que tudo é um grande vazio né? Mas isso é tão pequenininho, isso é comparado ao núcleo. Então, o que que acontece? Quando eu encosto dois átomos, e claro que a matéria é formada por combinação de átomos a gente percebe que existe uma distância entre um núcleo e outro, mas nós estamos falando de algo tão pequeno que ninguém consegue ver até hoje. Certo? Então esse nada que o professor de biologia falou, é um nada que, é um espaço tão pequeno que existe partículas ali envolvidas que você não consegue ver o vácuo ali de tão pequeno que é.

Professor – O modelo atual eu vou voltar a discutir, que o modelo de 1925. Liberados!

Narração Multimodal**Aula do professor Severino narrada pela Investigadora Virna****Narração Multimodal 1 – Aula de Modelos atômicos do 1º semestre do curso de
Licenciatura em Química (2020)**

O professor libera os alunos às 21:45.

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Ceará

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da pesquisa: Obstáculos Epistemológicos no Curso de Licenciatura em Química no Assunto de Modelos Atômicos: Uma Proposta de Análise Utilizando Narrações Multimodais
Pesquisadora: Virna Pereira de Araújo
Orientadora: Ana Karine Portela Vasconcelos

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

Este estudo tem como questionamento norteador: Quais obstáculos epistemológicos estão presentes no contexto da sala de aula de ensino médio no assunto de Modelos Atômicos? Como esses obstáculos podem causar entraves no ensino, podendo acarretar bloqueios no seu desenvolvimento e construção, assim como aponta Bachelard (1996)? Com isso, esta pesquisa tem como objeto de estudo dos Obstáculos Epistemológicos no ensino de Modelos Atômicos.

Objetivo Geral da pesquisa:

Utilizar as Narrações Multimodais, propostas por Lopes et al. (2010) como ferramenta de pesquisa e caracterização dos Obstáculos Epistemológicos apresentados por Bachelard (1996), recorrente ao longo do componente curricular de Química Geral I no curso de Licenciatura em Química no IFCE, campus Iguatu e Quixadá.

Objetivos Específicos:

- Identificar os principais Obstáculos Epistemológicos no ensino de Modelos Atômicos na perspectiva do discente no curso de Licenciatura em Química;
- Comparar a aplicabilidade da Narrativa comum e da Narração Multimodal como metodologia de pesquisa para análise dos Obstáculos Epistemológicos de Bachelard (1996);
- Apontar meios para a superação dos Obstáculos Epistemológicos identificados nesta pesquisa no ensino de Modelos Atômicos na disciplina de Química Geral I.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a: disponibilizar as suas anotações feitas durante as aulas de Modelos Atômicos, resolução de exercícios e

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



provas e gravação aula em áudio. Estes procedimentos descritos acima ocorrerão nas dependências do IFCE – *Campus* Iguatu e Quixadá dentro das aulas da cadeira de Química Geral I, não sendo necessário o deslocamento ao campus em outros períodos. Somente o pesquisador e a orientadora terão acesso ao material coletado e a identidade dos participantes será mantida em sigilo absoluto. Ao fim da pesquisa, os dados serão discutidos pelos pesquisadores envolvidos e, em seguida, o material coletado na forma gravação de áudio e fotos será descartado, ficando de posse dos pesquisadores por um período máximo de 18 meses.

Desconfortos e riscos:

O procedimento da pesquisa oferecerá riscos mínimos aos sujeitos participantes, pois a pesquisa utilizará como coleta de dados apenas gravações de voz das aulas e registros fotográficos da sala de aula e materiais utilizados. São eles: possibilidade de constrangimento, desconforto, medo ou vergonha ao fornecer o material de aula ou por conta das gravações de voz e registros fotográficos.

E como medida de prevenir as coletas de dados serão feitas da melhor forma possível, buscando não interromper o fluxo normal da aula e a identidade dos sujeitos da pesquisa será mantida em total sigilo para evitar possíveis constrangimentos.

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa você não terá nenhum benefício direto. Entretanto esta pesquisa trará benefícios em termos de conhecimento à comunidade acadêmica, principalmente no que se refere aos obstáculos epistemológicos.

Acompanhamento e assistência:

Caso o participante necessite de algum acompanhamento ou assistência poderá solicitar aos pesquisadores responsáveis pela pesquisa. Se assim o desejar, poderá solicitar a interrupção da participação na pesquisa, se a mesma estiver lhe causando algum desconforto.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado. Qualquer gravação áudio e fotos durante o procedimento de pesquisa serão mantidos em posse do pesquisador responsável por um período de 18 meses. Depois de passado esse tempo todo o material será descartado.

Ressarcimento e indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Virna Pereira de Araújo ou Ana Karine Portela Vasconcelos, Av.

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____



Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, 60040-531, Coordenação do Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciência e Matemática (PGECEM), fone (88) 9 9615-7057, e-mail: vi.pereira.araujo@gmail.com.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do (a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências da resolução 466/2012 CNS/MS e complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do (a) pesquisador (a):

[Assinatura do (a) pesquisador (a)]

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

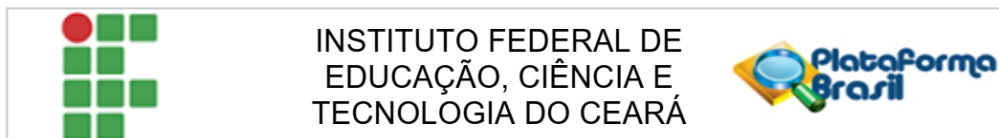


Data: ____/____/____

Rubrica do pesquisador: _____

Rubrica do participante: _____

ANEXO A – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS NO CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA NO ASSUNTO DE MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA DE ANÁLISE UTILIZANDO NARRAÇÕES MULTIMODAIS

Pesquisador: VIRNA PEREIRA DE ARAUJO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 38393619.2.0000.5589

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO CEARA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.426.243

Apresentação do Projeto:

A presente pesquisa será aplicada em duas turmas de alunos matriculados no curso de Licenciatura em Química no IFCE Campus Iguatu. Adotará um método de pesquisa qualitativa intitulada Narração Multimodal, em que será feita a coleta de dados das aulas em questão através de gravação de voz e registros fotográficos, bem como analisar os materiais do professor e alunos participantes. Tal metodologia será aplicada com o intuito de identificar possíveis obstáculos epistemológicos encontrados pelos alunos no conteúdo de Modelos Atômicos.

Objetivo da Pesquisa:

Utilizar as Narrações Multimodais, propostas por Lopes et al. (2010) como ferramenta de pesquisa e caracterização dos Obstáculos Epistemológicos apresentados por bachelard (1996), recorrente ao longo do componente curricular de Química Geral I no curso de Licenciatura em Química no IFCE - campus Iguatu.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

O procedimento da pesquisa oferecerá riscos mínimos aos sujeitos participantes, pois a pesquisa utilizará como coleta de dados apenas gravações de voz das aulas e registros fotográficos da sala

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

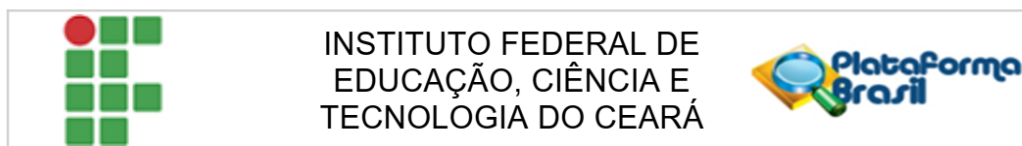
UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

CEP: 60.410-426

E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 4.426.243

de aula e materiais utilizados. São eles: possibilidade de constrangimento, desconforto, medo ou vergonha ao fornecer o material de aula ou por conta das gravações de voz e registros fotográficos. E como medida de prevenir as coletas de dados serão feitas da melhor forma possível, buscando não interromper o fluxo normal da aula e a identidade dos sujeitos da pesquisa será mantida em total sigilo para evitar possíveis constrangimentos.

Benefícios:

Ao participar desta pesquisa os participantes não terão nenhum benefício direto com ela. No entanto esta pesquisa trará benefícios em termos de conhecimento à comunidade acadêmica, principalmente no que se refere a investigação de obstáculos epistemológicos através de uma metodologia pouco explorada no Brasil que teve sua origem em Portugal.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trabalho interessante para melhoria do aprendizado discente no curso de Química.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos se adequam ao proposto no trabalho.

Recomendações:

Recomenda-se observar se, nas datas previstas, não haja restrição sanitária, em função da COVID 19, para realização de trabalho presencial com os envolvidos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

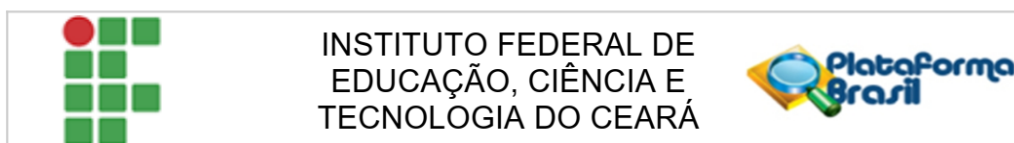
Após alterações do Cronograma, o projeto está passível de execução

Considerações Finais a critério do CEP:

É importante ressaltar que, caso alguma Instituição Coparticipante possua Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), o projeto, também, deverá ser avaliado no CEP da Instituição Coparticipante, após a aprovação no CEP da Instituição Proponente, devendo o pesquisador aguardar, também, a aprovação na Instituição Coparticipante antes de iniciar sua pesquisa. Logo, recomenda-se/solicita-se que o pesquisador efetue essa verificação.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703	CEP: 60.410-426
Bairro: Jardim América	
UF: CE	Município: FORTALEZA
Telefone: (85)3401-2332	E-mail: cep@ifce.edu.br



Continuação do Parecer: 4.426.243

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1475994.pdf	23/11/2020 09:56:51		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_mestrado_cep.pdf	23/11/2020 09:55:44	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito
Cronograma	cronogramafinal2021.pdf	23/11/2020 09:55:06	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Infraestruturalguatu.pdf	29/06/2020 15:46:46	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito
Outros	Apresentacaoreultados.pdf	22/11/2019 19:14:57	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito
Outros	Beneficiosdapesquisa.pdf	22/11/2019 19:13:58	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	22/11/2019 19:05:34	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termodeconsentimentolivreeesclarecido.pdf	22/11/2019 19:02:55	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	22/11/2019 18:58:59	VIRNA PEREIRA DE ARAUJO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 27 de Novembro de 2020

Assinado por:
Jefté Ferreira da Silva
 (Coordenador(a))

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br