

**UNESP – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ARARAQUARA
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA EM REDE
NACIONAL**

A implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica sobre
modelos atômicos no Ensino Médio: desafios e potencialidades do
ensino fundamentado em modelagem

Carlos Rodrigo Aravéchia de Sá

Dissertação de Mestrado



PROFQUI
PROGRAMA DE MESTRADO
PROFISSIONAL EM QUÍMICA
EM REDE NACIONAL

**Araraquara
2020**

Carlo Rodrigo Aravéchia de Sá

A implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica sobre modelos atômicos
no Ensino Médio: desafios e potencialidades do ensino fundamentado em
modelagem

Dissertação apresentada ao Instituto de
Química, Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Química.

Orientador: Prof. Dr. Amadeu Moura Bego

Araraquara
2020

FICHA CATALOGRÁFICA

S111i Sá, Carlos Rodrigo Aravéchia de
A implementação de uma Unidade Didática
Multiestratégica sobre modelos atômicos no ensino médio:
desafios e potencialidades do ensino fundamentado em
modelagem / Carlos Rodrigo Aravéchia de Sá. – Araraquara:
[s.n.], 2020
217 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Química
Orientador: Amadeu Moura Bego

1. Ensino - Metodologia. 2. Liberdade acadêmica.
3. Planejamento educacional. 4. Átomos - Modelo.
5. Química -Formação de professores. I. Título

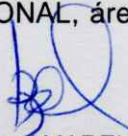
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: "A Implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica sobre modelos atômicos no Ensino Médio: desafios e potencialidades do ensino fundamentado em modelagem"

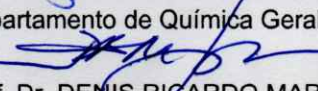
AUTOR: CARLOS RODRIGO ARAVÉCHIA DE SÁ

ORIENTADOR: AMADEU MOURA BEGO

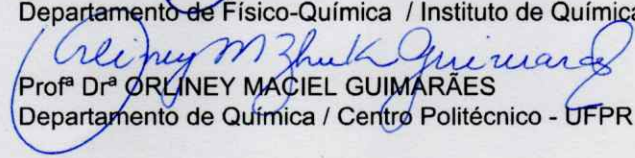
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em QUÍMICA EM REDE NACIONAL, área: Química pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. AMADEU MOURA BEGO

Departamento de Química Geral e Inorgânica / Instituto de Química - UNESP - Araraquara


Prof. Dr. DENIS RICARDO MARTINS DE GODOI

Departamento de Físico-Química / Instituto de Química - UNESP - Araraquara


Profª Drª ORLINEY MACIEL GUIMARÃES

Departamento de Química / Centro Politécnico - UFPR - Curitiba

Araraquara, 30 de janeiro de 2020

Dedico à minha amada tia Maria Rui!
Dedico a minha amada esposa Simone!
Dedico a minha Amada Imortal!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiro à minha amada esposa Simone pelo incentivo ao início dessa nova jornada acadêmica. Não posso esquecer também aos amados mãe e pai que sempre forneceram as condições para que prosseguisse em frente com meus estudos.

Agradeço a família de minha esposa por serem compreensivos com minhas ausências nos momentos festivos.

Agradeço aos amigos de longa data que foram compreensivos com minha ausência de tantos momentos de confraternização.

Também agradeço aos amigos e amigas que foram companheiros de formação no ProfQui, os quais foram em muitos momentos alicerce para a continuidade no curso. Por isso, o meu obrigado Camila, Diego, Josiane, Karina e Marisa. Claro que não poderia esquecer de citar o sétimo elemento do grupo. Valeu Bruno!

Ao Vagner obrigado por ser meu terapeuta e compartilhar da paixão por histórias em quadrinhos. Lembre-se, ainda iremos a uma quermesse em Tabatinga!

Um grande abraço e obrigado a todos os professores que foram responsáveis pela minha trajetória no Instituto de Química. Agradeço a você Cebim, Dulce, Arnaldo e Lilian por seu ensino competente e que muito me auxiliaram.

Por último e não menos importante. Afinal, todos contribuíram para minha trajetória aqui.

Os meus sinceros agradecimentos ao Professor Amadeu. Você foi gentil quando necessário e austero ao quadrado quando preciso. O senhor manteve no caminho para a construção do meu conhecimento. Por isso, obrigado Professor Amadeu!

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

Agradeço a Deus pelas dificuldades lapidadoras de meu caráter.

No decurso de minha longa carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico. O educador não tem senso do fracasso porque se acha um mestre. Quem ensina manda. Daí a torrente de instintos.
(Bachelard, 1996, p. 24).

Resumo

A Secretaria Estadual de Educação do Estado de São Paulo, com sua política educacional das últimas décadas, promoveu a unificação do ensino por meio do Caderno do Professor e Caderno do Aluno. Material que propõe o desenvolvimento do estudo de modelos atômicos mediante textos referentes aos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr. Uma forma tradicional de ensino em que o texto é o protagonista e, no geral, o professor é concebido como mero técnico e executor de processos em sala de aula. Porém, o professor é mais que isso, ele é também produtor de saberes, muitas vezes ignorados pelas diversas instâncias de ensino. As Unidades Didáticas Multiestratégicas possibilitam ao professor-autor um meio de insubordinação criativa contra a imposição de material apostilado. O resgate da autonomia docente como liberdade de planejar e agir com auxílio de uma escolha prática fundamentada metodologicamente. Liberdade de produzir e reelaborar saberes docentes. A pesquisa propôs como problema de pesquisa o seguinte questionamento: Qual o impacto da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica, que utiliza o Ensino Fundamentado em Modelagem, na aprendizagem de modelos atômicos de estudantes do Ensino Médio de uma escola estadual paulista? O objetivo proposto envolveu a investigação dos impactos da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica baseada no Ensino Fundamentado em Modelagem para o desenvolvimento conceitual dos discentes sobre modelos atômicos. No presente trabalho se implementou a UDM-Vamos modelar! que propôs o ensino de modelos atômicos por meio da abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem, pois esta abordagem de ensino de ciências enfatiza, não apenas o conhecimento, mas também os processos científicos envolvidos. O procedimento metodológico empregou a pesquisa qualitativa do tipo pesquisa-ação. Para o desenvolvimento do trabalho delimitou-se o contexto escolar em que foi efetuada a pesquisa, o perfil dos estudantes envolvidos na implementação da UDM. Como fonte de informações foram usados os materiais produzidos pelos estudantes durante as atividades, gravações de vídeo das aulas e produção de diário de aula pelo docente. Os diálogos dos vídeos das aulas foram transcritos e devidamente anonimizados. O procedimento de análise de dados teve como base o método de Análise de Conteúdo de Bardin para a geração de categorias de análise para o modelo atômico de Thomson. Os dados resultantes da modelagem do Modelo Atômico de Thomson forneceram informações que evidenciaram as concepções dos estudantes nas etapas de elaboração e reelaboração de modelos e socialização e avaliação pelos pares. Dados que mostraram os impactos positivos na evolução conceitual dos discentes e permitiram apontar as potencialidades do Ensino Fundamentado em Modelagem implementada pela UDM-Vamos modelar! O processo de implementação UDM possibilitou, no geral, a redescoberta da autonomia docente por meio da promoção da autoria através da elaboração de material em torno de um tema específico com auxílio de um conjunto de estratégias organizadas em torno de um tema com objetivos definidos e delimitados. UDM e autonomia docente unidas pelo planejamento didático-pedagógico com a busca da superação das práticas de cunho tecnicista pautadas na utilização de material apostilado.

Palavras-chave: Ensino Fundamentado em Modelagem, Autonomia Docente, Unidade Didática Multiestratégica, Modelos Atômicos, Professor pesquisador.

Abstract

The State Department of Education of the State of São Paulo, with its educational policy of the last decades, promoted the unification of teaching through the Teacher's Notebook and Student's Notebook. Material that proposes the development of the study of the atomic models through texts referring to the atomic models of Thomson, Rutherford and Bohr. A traditional method of teaching in which the text is the protagonist and, in general, the teacher is conceived as a mere technician and processes executor in the classroom. However, the teacher is more than that, he is also a producer of knowledge, often ignored by the various teaching instances. The Multi-Strategic Didactic Units provide the teacher-author with means of creative insubordination against the imposition of a handout material. The rescue of teaching autonomy as freedom to plan and act with the help of a methodologically based practical choice. Freedom to produce and re-elaborate teaching knowledges. The research proposed the following question as the research problem: What is the impact of the implementation of a Multi-Strategic Didactic Unit, which utilizes Teaching Based on Modelling, in the learning of atomic models of High School students from a public state school in São Paulo? The proposed objective involved the investigation of the impacts of the implementation of a Multi-Strategic Didactic Unit based on the Teaching Based on Modelling for the conceptual development of students on atomic models. In the current work, MDU-Let's model! was implemented that has proposed the teaching of atomic models through the methodological approach of Teaching Based on Modelling, as this approach to sciences teaching emphasizes not only knowledge, but also the scientific processes involved. The methodological procedure employed the qualitative research of the type of action research. For the development of the work, the school context in which the research was carried out was delimited and the profile of the students involved in the implementation of the MDU. As a source of information, the materials produced by the students during the activities, video recordings of the classes and the production of the class diary by the teacher were used. The dialogues of the class videos were transcribed and duly anonymized. The data analysis procedure was based on Bardin's Content Analysis method for the generation of analysis categories for Thomson's atomic model. The data resulting from the modelling of the Thomson's Atomic Model provided information that showed the students' conceptions in the stages of elaboration and re-elaboration of models and socialization and peer evaluation. Data that showed the positive impacts on the students' conceptual evolution and allowed to point out the potentialities of Teaching Based on Modelling implemented by MDU-Let's model! The MDU implementation process made it possible, in general, to rediscover teaching autonomy through the promotion of authorship through the elaboration of material around a specific theme with the help of a set of strategies organized around a them with defined and limited objectives. MDU and teaching autonomy united by didactic-pedagogical planning with the search for overcoming technicism practices based on the use of a handout material.

Keywords: Teaching Based on Modelling, Teaching Autonomy, Multi-Strategic Didactic Units, Atomic Models, Researcher teacher.

Lista de ilustrações

Figura 1. Modelos de Modelagem	40
Figura 2. Mapa conceitual para os Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr	135

Lista de tabelas

Tabela 1. Principais informações dos modelos elaborados pelos discentes.....	116
Tabela 2. Principais informações dos modelos reelaborados pelos discentes	116

Lista de Quadros

Quadro 1. Habilidades requerida pelos estudantes nas etapas de modelagem	44
Quadro 2. Síntese da caracterização das capacidades argumentativas em termos de habilidades envolvidas	46
Quadro 3. Concepção e organização da pesquisa-ação da UDM-Vamos Modelar! .	49
Quadro 4. Títulos, objetivos de aprendizagem e sequências didáticas envolvidas na UDM-Vamos Modelar!.....	55
Quadro 5. Sequências Didáticas envolvidas na UDM-Vamos Modelar!	59
Quadro 6. Planejamento da SD – Thomson, foste injustiçado!.....	60
Quadro 7. Características principais para a análise do Modelo Atômicos de Thomson	63
Quadro 8. Modelos concretos elaborados pelos discentes por meio discursivos e pictográficos.....	67
Quadro 9. Modelos concretos elaborados pelos discentes por meios discursivos e pictográficos após o processo de reelaboração das concepções iniciais	83
Quadro 10. Primeira Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 6..	99
Quadro 11. Segunda Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 8	100
Quadro 12. Terceira Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 7	102
Quadro 13. Quarta Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 4..	104
Quadro 14. Quinta Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 2...	107
Quadro 15. Sexta Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 1....	111
Quadro 16. Sétima Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 3..	113
Quadro 17. Caracterização dos estudantes da sala de aula em que foi implementada a UDM-Vamos modelar!.....	131
Quadro 18. Análise Científico-epistemológica	132
Quadro 19. Seleção de objetivos e estratégias de avaliação.....	138
Quadro 20. Seleção de estratégias didáticas e das estratégias de avaliação	140

Lista de abreviaturas e siglas

PROEMI – Programa Ensino Médio Inovador

ONU – Organização das Nações Unidas

UDM – Unidade Didática Multiestratégica

CGEB – Coordenadoria de Gestão e Educação Básica

UFSCar – Universidade Federal de São Carlos

GEPEQ – Grupo de Pesquisa em Educação em Química

UNIVESP – Universidade Virtual do Estado de São Paulo

LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio

SARESP - Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo

BNCC – Base Nacional Comum Curricular

Sumário

1 Introdução	18
1.1 A autonomia docente no contexto de implementação da proposta curricular do Estado de São Paulo	22
1.2 O modelo de racionalidade técnica e o conceito de autonomia docente	22
1.3 O planejamento didático-pedagógico por meio de princípios de design	27
1.4 Quadro 7. Características principais para a análise do Modelo Atômicos de Thomson	32
2 Objetivos	34
3 Aportes teóricos ou referencial teórico	35
3.1 Modelos em Ciências	35
3.2 Modelos mentais	37
3.3 Ensino Fundamentado em Modelagem	38
3.4 Ensino Fundamentado em Modelagem e Ciências	42
4 Procedimentos metodológicos	48
4.1 Natureza do tipo de pesquisa	48
4.4.1 Desenho de Pesquisa	48
4.2 Contexto Escolar	50
4.3 Perfil dos Estudantes	52
4.4 UDM-Vamos Modelar!	54
4.5 Fontes de Informação	56
4.6 Instrumentos de Coleta de Dados	56
4.7 Procedimentos de Análise de Dados	57
5 Resultados e discussão	59
5.1 Resultados, discussões e reflexões docentes acerca do processo de modelagem sobre o Modelo Atômico de Thomson	59
5.2 Roteiro para Análise do Modelo de Thomson	61
5.3 Análise dos dados coletado por meio do material de aprendizagem para as primeira e segunda etapas	66
5.3.1 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 1	69
5.3.2 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 2	71
5.3.3 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 3	73
5.3.4 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 4	74

5.3.5	Análise do modelo elaborado pelo Grupo 5.....	76
5.3.6	Análise do modelo elaborado pelo Grupo 6.....	77
5.3.7	Análise do modelo elaborado pelo Grupo 7.....	79
5.3.8	Análise do modelo elaborado pelo Grupo 8.....	80
5.3.9	Análise global da Etapa 2.....	81
5.4	Análise dos dados coletados por meio do material de aprendizagem para as terceira e quarta etapas	83
5.4.1	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 1	85
5.4.2	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 2	85
5.4.3	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 3	87
5.4.4	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 4	89
5.4.5	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 5	91
5.4.6	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 6	92
5.4.7	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 7	93
5.4.8	Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 8	94
5.4.9	Análise global da Etapa 3.....	96
5.5	Análise da Etapa: socialização e avaliação pelos pares	97
5.5.1	Socialização discente das principais características do modelo atômico de Thomson.....	98
5.5.2	Análise global da Etapa 4.....	114
5.6	Imersão nos diários de aula do Modelo Atômico de Thomson	119
5.7	Potencialidades do Ensino Fundamentado em Modelagem	124
6	Considerações finais	143
	Referências	147
	Apêndice I	153
	Apêndice II	216

Apresentação

Nasci no ano de 1976, numa pequena cidade agrícola chamada Tabatinga, numa família de comerciantes muito preocupada com Educação. Enquanto outras famílias gastavam seu dinheiro em carros ou viagens, meus pais se preocupavam em gastar seu dinheiro com a formação educacional de seus filhos.

Desde muito cedo tive problemas de leitura e escrita, por isso meus pais contrataram uma professora particular, a Dona Maria Rui, professora muito atenciosa e paciente no ato de ensinar. Esta quando foi travar sua primeira conversa comigo sobre em que lição estava, respondi: Na maldita pipa! Encontrava-me com raiva. Estava na primeira série do ensino fundamental e fui posto na fileira dos alunos destinados a reprovar. Os abandonados pela professora. Inconsciente, extravasei minha raiva de menino em relação ao abandono. Grande senhora a Maria Rui, conseguiu ensinar – me e abandonei a fileira dos repetentes.

O primeiro ano foi trabalhoso, mas as demais séries do ensino fundamental foram tranquilas. Tornei-me, o sonho dos professores. O aluno perfeito. Por isso, os demais anos foram sem grandes surpresas ou atribulações. Porém, a mais importante de minhas relações teria início no ensino fundamental, séries finais.

Tudo começou com um experimento. O Professor Dito Bala levou nos ao laboratório de Química da E.E. Abdalla Miguel para a realização do experimento de Eletrólise da Água. Neste momento descobri a Química como Ciência. Rolou a maior química e apaixonei-me. Acredite, foi na quinta série do ensino fundamental!

As visitas ao laboratório cessaram e fui sobrevivendo ao Ensino Tradicional com base na memorização de conteúdo. Um ensino excludente com reprovação em massa. Afinal, o ensino médio não era para todos e o ensino superior menos ainda. Mas, o amor pela Química sobreviveu por todos esses anos.

Como esperado prestei o vestibular de Química e passei na Universidade Federal de São Carlos - UFSCar. Bons tempos. Muita zoeira e bebidas. Amigos que se tornaram irmãos cuja distância deixa saudades. Porém, a faculdade terminaria um dia e questionava-me em relação ao ser profissional. O que fazer? Bacharel ou Professor? Interessante. Uma pessoa avessa a falar em público ser professor. Estranho como as coisas acontecem. Escolhi o magistério.

No estado, iniciei minha vida no ensino de Química na cidade de Ibatinga. Esforcei-me muito nos três anos iniciais de magistério. Tudo dava errado. Pensei em

alguns momentos em desistir. Perseverei. Abandonei a visão de aluno que habitava meu ser e revi muitos conceitos. A faculdade forneceu-me todo conteúdo possível, mas a prática faltava e estava sendo na raça. Mas, não esqueci do Laboratório.

No meio do processo de aprender a ser professor, aproveitei e prestei concurso para a Prefeitura de Tabatinga para professor de educação básica – nível II e fui aprovado. Tornei-me um erro de Edital. Ao elaborarem os critérios para a investidura do cargo, o único critério foi a colocação no certame. Os sete primeiros colocados estariam aprovados independente da Habilitação. Por isso, o Ensino Municipal de Tabatinga tem um professor de Química sem ter aulas de Química.

Voltemos a Ibitinga, levei a ideia da Prática Experimental às escolas que trabalhei. Uma escola apoiava e a outra não. Insistia e sonhava em voltar para o Abdalla Miguel como Professor de Química. A oportunidade surgiu através de concurso público promovido pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo. Rotina puxada de aulas e estudos. Passei.

A escolha de cargo é um dos momentos mais aterrorizantes. Minha colocação não era ruim e não era boa. Estava ali no meio termo. Foi passando a escolha. Faltavam apenas três candidatos escolherem. Já sentia até o cheiro dos corredores do Abdalla Miguel. Os candidatos escolheram todos os cargos de Tabatinga e Ibitinga. Perdi o chão. O que escolho? Preciso manter meu cargo no município. Liguei para meu irmão que tinha noção de localização e estrada, o qual recomendou Catanduva. Desse jeito parei na E.E. Barão do Rio Branco.

Descobri naquela escola raridades. Um laboratório perdido no corredor da Diretoria de Ensino de Catanduva. Trabalhei durante um ano junto dos alunos para torná-lo operacional. Valeu a pena. Afinal era maior que qualquer outro laboratório escolar que tenha estado. Está bom, era antigo, mas botava respeito. As vidrarias estavam presentes em grande quantidade. Tinha muitos reagentes vencidos, mas aproveitáveis na sua maior parte. O diretor Lourival também cedeu uma sala para armazenamento mais adequado dos reagentes.

Vamos funcionar?

Funcionou. Com alguns problemas. O professor de Química Titular a mais tempo não gostou da ideia. Este iniciou um processo de fritura interna com meus pares. Com críticas ferinas em relação ao uso do Laboratório de Química. Convidei-o a ajudar-me com implementação e uso completo do Laboratório. Este recusou. Uma pena, pois era um grande professor com excelente domínio da Química.

Com ajuda de alguns professores e muitos alunos, funcionou a primeira feira cultural da Escola Estadual Barão do Rio Branco. A sala de Química foi montada com experimentos pesquisados pelos alunos. Esta foi um sucesso. Além de todas as outras salas, jogos interclasses e gincana agitaram o Barão como a muito não se via. Recebemos elogios da Dirigente e publicação no jornal local.

Gostava dos alunos da Escola. Porém, sentia-me deslocado em Catanduva. Tanto entre os professores quanto à cidade em si. O povo catanduvense é, com certeza, o mais educado do Brasil. Sempre atencioso até mesmo no trânsito. Mas, queria voltar de vez para Tabatinga. Estava cansado da rotina de viagens Tabatinga-Catanduva para manter meus dois cargos.

Num primeiro momento consegui voltar a Tabatinga para a E.E. Abdalla Miguel pelo artigo 22. No ano seguinte, retornei à minha casa em definitivo através de remoção. Sai como aluno e retornei como professor E.E. Abdalla Miguel. A longa Jornada chegara ao fim. Melhor, tivera um novo começo.

Alguns anos após minha remoção do Barão do Rio Branco encontrei um professor de Química de lá num curso do GEPEQ em São Paulo. Este relatou a história de um professor de Química louco que usava o Laboratório. Contei para meu novo amigo que o Professor de Química Louco que usava o Laboratório era eu. Cara engraçada deste novo amigo. Ri muito. Recomendei para aproveitar do Diretor Lourival, que certamente o apoiaria no uso e que não tivesse vergonha de ser louco.

As descobertas vêm dos lugares mais inesperados. Assisti ao filme Batman Begins e descobri algo na minha carreira de professor: a teatralidade dos atos. Este filme deveria ser obrigatório em Metodologia de Ensino de Química. Outras descobertas vieram com o tempo, tal como: todo professor de Química tenta fugir do estigma de louco. Abrace-o, seja o psicopata preferido do seu aluno. Seja seu Malvado Favorito. Afinal, desde que lícito, tudo é válido para atingir corações e mentes dos seus alunos.

No município sempre trabalhei na E.M. Professora Maria Amélia da Penha Agassi Martinez. Senão é a maior escola com certeza tem o maior nome. Devido a minha situação de Professor de Química sem aulas de Química tornei – me um professor versátil. Nos primeiros anos ministrei aulas de tudo. Faltava um professor, lá estava. Devido à falta de professores de Ciências comecei a lecioná-la. Além de desenvolver a Disciplina de Meio-Ambiente, a qual me forneceu possibilidades de inovação. Com ajuda dos alunos desenvolveu-se peças de Teatro, desfile de moda

com roupas recicláveis, brinquedos de materiais recicláveis, passeios ao Rio São João, plantios de árvores e outras atividades.

O município propiciou aprender a aprender devido à diversidade de situações. Atualmente, estou sem as aulas Ciências e Meio-Ambiente. Porém, a diversidade de situações continua. Afinal, sou o Professor Substituto, Monitor de Informática, responsável pela biblioteca. Claro, também participei do projeto empreendedorismo, o qual envolveu a produção de sabonete artesanal com crianças do Projeto Educar e da Escola Municipal Maria Amélia. Trabalhei com crianças de todas as faixas etárias, o que me conduziu a um aprendizado constante. Com certeza, o mais importante foi que crianças sempre ocupadas não provocam desastres.

No estado continuei a luta. Professor de Química precisa de Laboratório. A escola começou a investir em vidrarias e reagentes. Precisávamos de uma balança. Esta foi adquirida com ajuda da Diretoria de Ensino de Taquaritinga. Nas últimas edições do PROEMI, a escola investiu em armários e aquisição de reagentes e vidrarias para reposição.

Não só o laboratório precisa de contínua atualização. Eu também precisava de uma. Afinal, formei-me em 2001. Por isso, aproveitei a oportunidade de estudar no primeiro curso de Pedagogia fornecida pela UNIVESP. Curso semipresencial, ou seja, EAD. Interessante e desafiante. Forneceu muito conhecimento em relação à parte pedagógica.

Até que apareceram algumas dúvidas em relação ao que gostaria de ser e fazer. Afinal, pedagogia abre um novo leque de oportunidades profissionais, tais como coordenador, vice-diretor e diretor. Fiquei ouvindo de muitos que deveria ser diretor. Prefiro ser professor. Gosto de sala de aula. É estranho. A maior parte dos professores querem fugir da sala de aula. Por isso, buscam os cargos de gestão escolar. Prefiro os alunos e a loucura de ser professor.

Sempre pensei em inovação no ensino de Química. Sempre defendi o uso do espaço do Laboratório como algo importante dentro do processo de aprendizagem de Química. Afinal, é dentro do Laboratório e através das práticas experimentais que o aluno vê a Química acontecer. Porém, nem tudo são flores. Dúvidas em relação ao ato de ensinar surgem. Para evitar a indisciplina é preciso inovação. O professor previdente antecipa. Não espera as situações acontecerem. Não espera instaurar os sintomas para buscar soluções.

Para manter a dianteira em relação aos estudantes tenho enfrentado um problema chamado apostila. Num primeiro momento, achei interessante. Afinal, um questionamento é o que ensinar. Trouxe ideias e sugestões. Porém, o material apostilado desenvolvido pelo Secretaria da Educação do Estado de São Paulo não sofria alterações significativas desde seu lançamento. Quando reformulam tornam pior o que não tinha como piorar.

Isto acarreta diversos questionamentos, tais como: Como motivar cada vez mais os alunos pela aula? Que novas estratégias empregarem? Como utilizar o Laboratório de Química e as práticas experimentais de modo mais efetivo? Será interessante o uso de modelos moleculares? Como o uso de tecnologias de informação dentro do processo de ensino-aprendizagem? Como efetuar a inserção de objetos de aprendizagem dentro do processo de ensino aprendizagem? Será que devo abordar todos os questionamentos individualmente ou juntá-los? Como efetuar mudanças no mundo apostilado da sala de aula?

Todos os questionamentos levam a respostas que provavelmente formarão o Professor melhor no seu trabalho de educar para a Química.

1 Introdução

Segundo Melo e Neto (2013), no ensino de Química, no ensino médio, não tem havido, de forma geral, uma preocupação com o estudo do que são modelos científicos e sua relação com a construção do conhecimento. O estudo de modelos atômicos oferece a oportunidade de aprendizagem dos próprios modelos, porém por meio de uma abordagem equivocada. Tanto que Melo e Neto (2013) consideram interessante essa discussão, pois a Química como Ciência é construída fundamentalmente por meio de modelos.

A compreensão inadequada de modelos atômicos começa pelo entendimento errôneo do termo modelo atômico. Muitos estudantes entendem que o átomo foi descoberto e, por isso, terminou por ser estudado. O átomo não pode ser descoberto. Afinal, os modelos são teorias e, por consequência, construções humanas.

Melo e Neto (2013, p. 114) observam que os estudantes do ensino médio “necessitam perceber que os modelos são construções provisórias e suscetíveis de aperfeiçoamento”. Algo dificultado pela percepção de que os modelos são descobertos, o que se perpetua por meio da ação docente com auxílio do livro didático. Este último, muitas vezes, o material didático preferencial ou único na elaboração das aulas (LOPES, 1992; MELO; NETO, 2013).

O Governo do Estado de São Paulo adota, nas escolas estaduais paulistas, o sistema apostilado produzido pela Secretaria Estadual de Educação para desenvolvimento de sua Proposta Curricular (SÃO PAULO, 2019a). Tal material pressupõe as necessidades dos discentes, colocando o professor no papel de aplicador de conteúdo para desenvolver habilidades e competências previamente delineadas. Nesse contexto, a autonomia docente se restringe a aplicar o material como se encontra no Caderno do Aluno, seguindo as orientações do Caderno do Professor.

O Caderno do Aluno do Segundo Ano do Ensino Médio, no conteúdo do primeiro bimestre, proporciona o desenvolvimento do estudo dos Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr a partir de três textos que remetem a cada um dos modelos citados anteriormente. Os textos que estão presentes no Caderno do Aluno e Caderno do Professor para serem trabalhados em sala de aula com os estudantes são: “O modelo de Thomson para o átomo”; “Ideias de Rutherford: modelo do átomo

nuclear”; “Ampliando os conhecimentos sobre o átomo: novas ideias sobre o núcleo e a eletrosfera” (MARCONDES *et al.*, 2017).

Segundo o Caderno do Professor, os textos são para serem estudados de acordo com as técnicas de leitura sugeridas, tais como:

Você pode propor a leitura dos textos como trabalho individual, em duplas ou como leitura conjunta, com toda a classe participando. Em seguida, apresente questões cujas respostas são encontradas diretamente no texto para, depois, propor sua discussão (SÃO PAULO, 2014).

Outra técnica de leitura sugerida pelo respectivo material seria:

Outra estratégia que tem dado bons resultados é dividir os textos em pequenos trechos, que poderão ser lidos sucessivamente por diversos alunos, um de cada vez. Enquanto um deles faz a leitura, outro deverá ir escrevendo na lousa as ideias principais, para serem posteriormente colocadas em discussão, envolvendo toda a classe, sob sua coordenação. Outra maneira de agilizar a aula, visando a economia de tempo para a leitura, é dividir a classe em dois grupos. Cada um deles deverá ler um dos dois textos e depois apresentar para toda a classe as ideias principais nele contidas. Isso pode ser feito utilizando a lousa, transparências, cartazes etc. Essa dinâmica é útil por desenvolver no aluno a autonomia e a capacidade de comunicação (SÃO PAULO, 2014).

Note que o Caderno do Professor e o Caderno do Aluno preveem a implementação dos estudos de modelos atômicos calcado na leitura e análise de texto sobre cada um dos modelos atômicos a serem estudados. É possível afirmar que, em geral, os textos acabam sendo os verdadeiros protagonistas do processo de ensino e aprendizagem. O conteúdo aparenta ser meio para o desenvolvimento de habilidades de leitura e análise de textos.

No entanto, o ensino de modelos atômicos pode ser abordado de modo diverso. Para isso, é imprescindível que o docente possa empregar metodologias que fujam da tradição de trabalhos textuais e promova a participação do discente no processo de construção de seu saber.

Atualmente, por exemplo, a própria BNCC (BRASIL, 2017) indica um rol de competências e habilidades a serem desenvolvidas pelas unidades escolares de todo o Brasil para o desenvolvimento dos componentes curriculares de Ciências da Natureza. O ensino de modelos atômicos pode proporcionar o desenvolvimento da Competência Específica 2, que determina:

Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis (BRASIL, 2017, p. 556).

Para consecução da Competência Específica 2 são elencadas cerca de nove habilidades. O estudo de modelos atômicos tornou-se um meio para o desenvolvimento de duas das habilidades presentes na Competência 2, as habilidades possíveis de desenvolvimento foram:

(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

As habilidades propostas para o desenvolvimento da Competência Específica 2 propõem a análise de modelos de diversos momentos históricos e a habilidade seguinte mostra a importância de reconhecer os limites explicativos das ciências.

No final, tornou-se preponderante a busca de formas metodológicas que contemplem as características acima citadas. As buscas e reflexões realizadas no âmbito desta pesquisa de mestrado profissional conduziram a uma abordagem metodológica denominada Ensino Fundamentado em Modelagem. A literatura aponta que essa abordagem metodológica seria capaz de promoção do engajamento ativo do estudante por meio da formulação e reformulação de modelos e permitiria conhecer como a Ciência é construída e enxergar seus limites e abrangências (FERREIRA; JUSTI, 2005).

Consequentemente, o presente trabalho se pautou no desenvolvimento de uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM), baseada na abordagem metodológica de Ensino Fundamentado em Modelagem, que buscou o desenvolvimento de material de ensino para os modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr.

Porém, no Estado de São Paulo, o professor encontra-se, de certa forma, engessado em seu fazer pedagógico. O Caderno do Professor propõe uma forma de Ensino para o estudo de modelos atômicos pautada na leitura e análise de textos. Sem o fazer ciência. Isto possibilita o seguinte questionamento: será que não é necessário apostar no desenvolvimento de novos materiais de aprendizagem para o estudo de modelos atômicos que sejam voltados para a compreensão da Química como uma Ciência construída por meio de modelos?

Um meio para a elaboração de novos materiais é o exercício da autonomia docente na elaboração do planejamento didático-pedagógico para a produção de novos conteúdos e materiais de aprendizagem.

A previsão do exercício da autonomia docente sempre esteve presente na legislação brasileira para a formação de professores. Porém, o termo usado no estudo de direito constitucional para expressar a autonomia, ou seja, a liberdade do professor no exercício do trabalho pedagógico é liberdade de cátedra. A Liberdade de Cátedra ou Autonomia é, segundo Moraes (2015, p. 869-870), entendida como:

[...] direito do professor, que poderá livremente exteriorizar seus ensinamentos aos alunos, sem qualquer ingerência administrativa, ressalvada, porém, a possibilidade da fixação do currículo escolar pelo órgão competente.

A liberdade de Cátedra está presente na legislação brasileira, segundo Rodrigues e Marocco (2014), desde a Constituição Federal de 1934, que em seu Artigo 155 afirmava que: é garantida a liberdade de cátedra. A constituição de 1946 também no Artigo 168, em seu inciso VII, assegura a liberdade de cátedra. No Diploma Constitucional de 1967, no Artigo 168, em seu inciso VI do terceiro parágrafo, assegura-se novamente a liberdade de cátedra (BRASIL, 1934; BRASIL, 1946; BRASIL, 1967).

Atualmente, a Constituição Federal de 1988 assegura no Artigo 5º, inciso IX, a livre expressão da atividade intelectual, artística e científica e de comunicação independente de censura ou licença. Além disso, o Artigo 206 cita os princípios norteadores da educação, entre eles: liberdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar o pensamento, a arte e o saber, e o pluralismo de ideias e de concepções pedagógicas (BRASIL, 1988).

Interessante notar que, com o passar do tempo, houve o abandono do termo liberdade de cátedra e se passou a designar autonomia docente. Esta, nos termos legais, é citada indiretamente por meio do termo livre expressão da atividade intelectual e os princípios norteadores da educação.

A Declaração dos Direitos Humanos estabelece, no Artigo 18, que todo ser humano tem liberdade de pensamento, consciência e religião. Por liberdade de pensamento se infere a liberdade de produção intelectual. Tal artigo relaciona-se com o subsequente, Artigo 19, o qual especifica que todo ser humano tem direito à

liberdade de opinião e expressão com consequente liberdade de procurar, receber e transmitir informações e ideias por quaisquer meios (ONU, 1948).

Desse modo, percebe-se que, no geral, mecanismos constitucionais e mesmo direitos internacionais têm avançado na direção de garantir o direito individual de livre expressão e da pluralidade das ideias; e, em particular, no âmbito educacional, tem apontado para o respaldo à autonomia docente no exercício da sua atividade. Todavia, do modo como se apresenta, o processo histórico de implementação da Proposta Curricular Paulista tem sido realizado a partir de princípios que têm colocado em xeque a autonomia docente.

1.1 A autonomia docente no contexto de implementação da Proposta Curricular do Estado de São Paulo

Contreras (2012) vem elucidar o mecanismo da transposição da racionalidade técnica do meio industrial para os sistemas educacionais das mais diversas esferas de ensino. O movimento de racionalização da educação surgiu por meio da vertente pautada no Taylorismo.

O Taylorismo se caracteriza como um método de gestão do trabalho cujo princípio de produção é baseado na fragmentação das atividades de produção, ou seja, na divisão do trabalho em etapas menores e especificadas com o intuito de permitir qualquer um executar determinada tarefa a partir de treinamento com foco na especialização. Isso cria um trabalhador altamente especializado sem a visão de todo, com consequente barateamento da mão de obra em função de torná-lo facilmente substituído por outro (CONTRERAS, 2012).

O processo de racionalização técnica é caracterizado pela transformação do trabalhador em simples executor de tarefas sem poder de decisão. Este perde a capacidade de intervir na produção devido à perda de conhecimentos e habilidades e perda de controle sobre o próprio trabalho. Consequentemente, torna-se um trabalhador barato e descartável. Esse modelo de racionalidade, segundo Contreras (2012), migrou para os serviços públicos com o pretexto de torná-los mais eficientes e, consequentemente, começou a ser empregado também na Educação.

Esse processo, no contexto específico da educação, ocorreu à medida que se efetuou a separação entre concepção e execução do trabalho pedagógico, ou seja, o professor passou a executar tarefas desenvolvidas por especialistas. Para

Contreras (2012), isto caracteriza a desqualificação intelectual e acadêmica do professor como produtor de conhecimento, fazendo com que o educador fique sem controle do próprio trabalho.

Observe que a racionalização técnica foi implementada nas escolas públicas como forma do capital exercer sua dominação sobre o trabalho, com a justificativa de maior eficácia. Porém, a escola pública não é uma empresa voltada para o lucro. É uma instituição voltada para algo maior. No contexto brasileiro, particularmente, isso é preconizado no Artigo 2º da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), a qual afirma que:

A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, seu preparo para o exercício da cidadania e sua qualificação para o trabalho (BRASIL, 1996, p. 8).

Note que os fins da educação nacional se preocupam com valores subjetivos, como princípios de liberdade, solidariedade humana, desenvolvimento do educando, exercício da cidadania e qualificação. Forma que impede uma valoração em termos quantitativos de aferição e de constatação de consecução de objetivos técnicos.

Então, qual o motivo de se promover a racionalização de processos educativos através de sua formalização por meio de técnicos especializados e atribuir funções de meros executores aos professores? É necessário questionar e refletir. A escola pública é uma organização social e cultural com características únicas dentro do espaço e tempo em que se encontra situada. Apenas os atores que se encontram lá têm a noção das reais necessidades da comunidade escolar em sua miríade de interações. Com isso, os atores envolvidos diretamente na realidade concreta do espaço escolar são os sujeitos mais capacitados para traçar o plano pedagógico que atenda às reais necessidades para a formação plena para o exercício da cidadania e qualificação para o trabalho dos educandos, respeitadas orientações curriculares oficiais em diversos âmbitos.

Contudo, o Estado de São Paulo caminhou no sentido contrário, a partir de 2008, com a implantação da Proposta Curricular. Tal proposta visava a superação dos baixos índices de aprendizagem constatados por meio de diversas avaliações externas (Sistema de Avaliação do Rendimento Escolar do Estado de São Paulo - SARESP, Prova Brasil e Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM) (DAVID, 2012). Juntamente com a implementação da proposta curricular paulista ocorreu a inserção

dos Cadernos do Aluno e do Professor. Esses cadernos são caracterizados por especificar com riqueza de detalhes o processo de ensino a ser desenvolvido para superação da baixa aprendizagem do aluno. A Secretaria da Educação do Estado de São Paulo desconsiderou algo importante: a diversidade multicultural dos alunos e suas mais diversidades peculiaridades. David (2012, p. 190) destaca que se trata de:

[...] um currículo padrão, que tem como referência, de maneira paradoxal, uma situação também padronizada. A única referência padrão real, é o sistema de ensino do estado que, de concreto, se caracteriza pela heterogeneidade das condições físicas e materiais de cada região, de cada Diretoria de Ensino, de cada escola, particularmente considerada.

Como se constata, a implementação da proposta curricular do estado desconsiderou a diversidade cultural regional e de infraestrutura das escolas da rede com estabelecimento de um padrão. Inclusive desconsiderou as habilidades de cada professor dentro de sua realidade com a consequente transformação desse profissional qualificado em mero executor de tarefas e promovendo sua alienação em relação à visão do processo de aprendizagem em sua totalidade (CONTRERAS, 2012; DAVID, 2012).

Com efeito, é possível afirmar que o modo de conceber e implementar a Proposta Curricular do Estado de São Paulo impõe uma série de condicionantes aos professores no que se refere ao exercício de sua atividade profissional de forma crítica, criativa e transformadora. Isto torna imperativa a busca de novas formas alternativas de circunstanciar adequadamente a problemática e que tenha como princípio o resgate da autonomia docente.

1.2 O modelo de racionalidade técnica e o conceito de autonomia docente

Para prosseguir, tornam-se necessárias e relevantes a discussão e a definição do conceito de autonomia docente do ponto de vista pedagógico. De acordo com Gauche e Tunes (2012, p. 175), a autonomia envolve:

[...] o exercício da liberdade de decidir e de agir. Decidir o quê, o quando e o como ensinar. Agir, referindo-se à execução de estratégias, na interação com o aluno, que considerar as mais adequadas, tendo como foco predominantemente a figura do aluno, para dimensionamento do que seja “adequado”.

Para o respeito à diversidade cultural escolar é necessário professores e professoras autônomas. Os docentes precisam de autonomia. Ter o controle em relação à liberdade de decidir e agir. No intuito de recuperar o sentido do trabalho como docentes (GAUCHE; TUNES, 2012).

Para isso, torna-se imperativo, a superação do Modelo de Racionalidade Técnica, que está focado no processo em que especialistas determinam e professores executam. Escolas acatam determinações e instituições públicas destinadas a algo maior tornam-se meras prestadoras de serviços (BEGO, 2013).

Uma alternativa ao tecnicismo é o chamado Modelo da Racionalidade Prática. Este reconhece a escola como espaço que permite a conciliação entre teoria e prática para o fazer pedagógico. Espaço marcado pela ação do professor na elaboração, aplicação e reflexão do saber produzido (BEGO, 2013).

O Modelo da Racionalidade Prática propõe o professor como pesquisador e autor do fazer pedagógico. Este restabelece ao professor sua autonomia e devolve o controle em relação à intervenção no processo pedagógico. Fornece ao professor a possibilidade de recuperar o sentido do seu trabalho (CONTRERAS, 2012; BEGO, 2013).

A racionalidade prática considera que o espaço escolar está sujeito ao imprevisto que não está nos manuais de orientação docente. Por isso, a importância da prática diária do professor que continuamente aprende na sua interação com o aluno e, por consequência, adquire conhecimento sobre o fazer docente, tornando-o apto a lidar com o inesperado.

Observe que a Racionalidade Prática visa a superação da Racionalidade Técnica, que se baseia no Positivismo. Assim, busca-se a mudança da concepção de um professor que se restringe à aplicação de manuais sem contestação para um professor que seja reflexivo em sua prática docente. Um docente autônomo na elaboração de material e formas de trabalhar com os alunos (BEGO, 2013).

A racionalidade prática encontra seu caminho por meio do planejamento didático-pedagógico e, por consequência, visa promover a redescoberta da autonomia docente. Contrária à racionalidade técnica prescritora de materiais para aplicação na sala de aula e incapaz de prever todas as condições do cotidiano escolar para inserção nos seus manuais, pois considera que todo ser humano é igual e todos os locais são iguais perante um perfil de homogeneidade.

Ao passo que a racionalidade prática, por meio do planejamento didático-pedagógico autoral, considera a diversidade de interações mediante a reflexão sobre a prática em si.

[...] posso saber pedagogia, biologia como astronomia, posso cuidar da terra como posso navegar. Sou gente. Sei que ignoro e sei que sei. Por isso, tanto posso saber melhor o que ainda não sei como posso saber melhor o que já sei. E saberei tão melhor e mais autenticamente quanto mais eficazmente construa minha autonomia em respeito à dos outros (FREIRE, 2017, p. 92).

Observe que o processo de construção da autonomia docente passa pela busca do saber melhor em um constante movimento dialético. Processo contínuo e sem fim. Afinal, a cada dia tem uma história nova. Com novas descobertas e necessidades. Algo impossível de ser contemplado por meio de programação externa à instituição escolar e de um material acabado.

A realidade não é acabada. Muda a cada instante. Algo que pode ser somente contemplado por um planejamento didático-pedagógico autoral e reflexivo. O professor como produtor do próprio saber. Em que o professor deve ter:

[...] noção da provisoriedade do planejamento e ter autonomia para ser capaz de lidar, de forma competente, com essas características do cotidiano escolar. Autonomia refletida na capacidade de refletir, criar e produzir estratégias e novos conhecimentos, permitindo o permanente movimento dialético entre a teoria e a experiência vivida (BEGO, 2013, p. 150).

Como pode ser observado, o exercício da autonomia docente é fundamental para uma atuação mais consciente, crítica e efetiva no espaço escolar, no sentido de lidar com os problemas singulares, complexos e multifacetados que a prática educativa impõe ao trabalho dos professores. Dentre as diversas dimensões da autonomia docente, o planejamento didático-pedagógico autoral e fundamentado teórica e metodologicamente se apresenta como essencial para inovações pedagógicas.

Autonomia docente passa também pela ideia das próprias limitações em termos de fundamentação pedagógica e, por isso, o professor consciente dessas limitações busca o conhecimento para a superação da sua antiga prática para a construção de uma nova prática.

A autonomia docente é muito mais que a liberdade de decidir e agir, o quando e como ensinar. Na verdade, a autonomia docente é o despertar do professor para o seu papel como pesquisador da sua própria prática profissional. Na busca da

construção de um novo “eu docente” capaz de atender as necessidades pedagógicas dos educandos através do planejamento didático-pedagógico.

1.3 O planejamento didático-pedagógico por meio dos princípios do *design*

O embasamento teórico-metodológico que permite o desenvolvimento e exercício da autonomia docente é o planejamento didático-pedagógico, pois este é o delimitador da liberdade de decisão e ação docente. Liberdade de executar as mais diversas estratégias, desde que adequadas, com os estudantes com vistas à promoção de sua aprendizagem. Blanco e Pérez (1993) acreditam que o docente tem de ter assegurado o seu papel de construtor do processo de ensino ao invés de ser mero reproduzidor de planos de ensino alheios a suas teorias, crenças e a seu contexto de atuação.

Segundo Blanco e Pérez (1997), o planejamento de unidades didáticas permite ao docente a integração de elementos como: o aprofundamento dos conhecimentos científicos, a inserção de novas estratégias didáticas e a própria experiência prática.

Assim, o planejamento didático-pedagógico autoral pode ser um dos elementos para a redescoberta da autonomia docente. Por meio do processo de reflexão dialética sobre a prática é possível construir novos materiais e estratégias didáticas capazes de transformar o ensino de Química para algo melhor proporcionasse a aprendizagem discente. Há diversas formas de organização do planejamento didático-pedagógico.

Dentre as diversas perspectivas de planejamento e intervenção em sala de aula, um modelo específico para o planejamento no âmbito de ensino de ciências, proposto por Bego (2016), é denominado Unidade Didática Multiestratégica (UDM). De acordo com Bego e Sgarbosa (2016, p.15), usa-se o termo:

Unidade Didática Multiestratégica (UDM) para nos referir aos projetos de ensino elaborados em torno de uma temática específica que concebam a utilização de um conjunto de atividades organizadas e sequenciadas de modo a procurar integrar diversas estratégias didáticas de acordo com objetivos de aprendizagem previamente definidos e delimitados. A composição de projetos estruturados de ensino e aprendizagem, tal como a proposta de planejamento de UDM que aqui apresentamos, baseia-se na concepção de que não é apenas uma única atividade que promove a aprendizagem, mas sim, o processo definido de forma fundamentada e crítica.

Segundo Bego (2016), o desenvolvimento de diversas estratégias didáticas é necessário para ampliação da aprendizagem de Química pelos estudantes, além de criar as condições para o desenvolvimento do trabalho docente crítico e autônomo. Afinal, o professor é desafiado a pensar em como desenvolver uma série de atividades com vistas à promoção da aprendizagem do aluno.

Para Bego (2016), é possível afirmar que:

[...] a implementação de UDM se constitui um potencial modelo que contribui para a produção de saberes docentes [...] igualmente, o processo se constitui em um momento privilegiado para o professor formador vivenciar uma prática pedagógica mais dinâmica, desafiadora e inovadora (BEGO, 2016, p.70-71).

As UDM possibilitam o agrupamento de diversas estratégias para o desenvolvimento dos conteúdos químicos de acordo com as necessidades observadas pelo professor na sua interação com sua sala de aula, ou seja, o processo de implementação de uma UDM aproveita os saberes docentes para a produção de novos saberes, conciliando constantemente a relação entre teoria e prática escolar. Fato somente possível se considerarmos os professores como autônomos no seu ser e fazer (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

A organização de uma UDM ocorre por meio do desenvolvimento sequencial em sete tarefas¹: Contexto da intervenção didático-pedagógica; Análise científico-epistemológica; Análise didático-pedagógica; Abordagem metodológica; Seleção de objetivos; Seleção das estratégias didáticas; Seleção de estratégias e instrumentos de avaliação (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

No contexto da intervenção didático-pedagógica, o evento da intervenção pedagógica da UDM é historicamente situado e, por isso, precisa da delimitação do contexto sócio-histórico para evitar um ensino ingênuo e descontextualizado (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

Uma característica fascinante da UDM é a sua adequação ao momento histórico-cultural. Esta é idealizada para um determinado contexto particular de intervenção didático-pedagógica. Por isso, levanta informações acerca do local em que a turma se encontra inserida, as características da escola, da sala de aula em que se encontra alocada e perfil social e econômico dos discentes atendidos. A cada

¹ Nos últimos anos, o instrumento para planejamento de uma UDM vem sofrendo adequações e aprimoramentos conforme o progresso das pesquisas da Rede de Inovação e Pesquisa em Ensino de Química (RIPEQ) do Instituto de Química da Unesp de Araraquara, de modo que algumas tarefas e termos apresentados neste texto foram adequados em relação ao originalmente presentes nos textos de Bego (2016) e Bego e Sgarbosa (2016).

turma e a cada ano tem-se uma história diferente sendo contada, por isso, a forma de ensinar e aprender nunca acaba sendo exatamente igual. Os atores envolvidos no processo de ensino e aprendizagem são diferentes e as formas de ser e agir de cada um também o são.

Portanto, os contextos de aplicação de uma UDM são únicos, ou seja, não é uma receita que se aplica do mesmo jeito em todas as salas. O docente precisa considerar as particularidades dos seus estudantes para o melhor desenvolvimento da UDM. Algo possível apenas para um docente envolvido com o desenvolvimento de sua autonomia.

A análise científico-epistemológica trata dos pré-requisitos necessários para o desenvolvimento do conteúdo científico abordado pela UDM. Esta análise tem função estruturante dos conteúdos a serem desenvolvidos. Além da promoção da reflexão e atualização do professor quanto aos conteúdos abordados na UDM. Nessa etapa, o professor constrói também o mapa conceitual de modo a explicitar as relações entre os conceitos a serem abordados (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

A atualização do professor permite a consulta e reflexão acerca do próprio conhecimento científico incluído na UDM. Nesse ponto, o docente percebe suas limitações e o nível de inter-relações entre os diversos conhecimentos necessários para o desenvolvimento da UDM (BLANCO; PERÉZ, 1993). O mapa conceitual tem importante papel, pois permite a visualização dos conceitos e suas relações mais importantes, o que permite ao professor buscar tais conhecimentos constatados como necessários. Além de melhor visualização do conteúdo teórico correspondente ao tema para melhor elaboração da UDM, afinal, permite ao docente melhor visão das inter-relações conceituais para o professor elaborar uma prática enriquecedora, que permite aos estudantes uma aprendizagem global e não fragmentada e isolada (BLANCO; PERÉZ, 1993; BEGO, 2016).

O próximo passo é a análise didático-pedagógica que aborda os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema que será abordado na UDM e as exigências cognitivas dos conteúdos abordados com o reconhecimento dos possíveis obstáculos epistemológicos (BLANCO; PERÉZ, 1993; BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

Nesse momento, os alunos e suas potenciais ideias são o objeto focal de estudo, com o foco em suas concepções prévias sobre o tema a ser desenvolvido.

Para a compreensão da forma de pensar dos estudantes para detecção dos possíveis erros para usá-los à benefício da aprendizagem. Afinal, é possível ao professor antecipar as dificuldades discentes e buscar estratégias de superação dos complicadores da aprendizagem (BLANCO; PERÉZ, 1993; BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

Na abordagem metodológica são destacados os princípios metodológicos orientadores dos objetivos de aprendizagem, das estratégias didáticas e formas de avaliação. Por consequência, se define os papéis desempenhados por professores e alunos dentro do processo de ensino e aprendizagem estabelecido. Como, por exemplo, relaciona a concepção de ensino aprendizagem do docente e sua concepção da natureza da ciência (BEGO, 2016; BEGO; SGARBOSA, 2016).

Segundo Bego e Sgarbosa (2016, p.18), a importância da abordagem metodológica reside no fato de que a “definição dos princípios teórico-metodológicos são os responsáveis por conferir unicidade à unidade didática mediante a integração das diversas estratégias didáticas”. Observa-se a necessidade de a prática docente estar de acordo com os princípios metodológicos para nortear o desenvolvimento da UDM quanto a sua forma de implementação.

O docente para o planejamento da UDM delimitará o tema a ser desenvolvido em relação as orientações e legislações curriculares oficiais para convergência com os objetivos escolares oficiais sempre considerando o contexto da unidade escolar e a abordagem metodológica empregada. Nesta etapa temos a definição do objetivo de aprendizagem geral, o qual tem sua consecução auxiliada pelos objetivos de aprendizagens específicos, os quais irão determinar as estratégias de avaliação para diagnosticar se as aprendizagens desejadas foram contempladas (BEGO, 2016; BEGO; SAGARBOSA, 2016).

Segundo Bego e Sgarbosa (2016), tal etapa propicia oportunidade para o exercício da autonomia docente através da conciliação entre o planejamento didático-pedagógico e o trabalho escolar.

Nesse sentido, considera-se que, a autonomia docente está relacionada ao planejamento didático-pedagógico, o qual é exercido dentro da unidade escolar que se encontra inserido. Como se encontra dentro de um espaço dotado de um conjunto de regras e submetido a orientações curriculares, o professor goza de uma autonomia ligada à autonomia da unidade escolar em que exerce seu ofício. Por isso, o docente precisa planejar um rol de atividades a serem desenvolvidas com os

estudantes com base nas orientações curriculares oficiais do sistema curricular de sua unidade escolar. Dentre elas, destaca-se, para a realidade do estado de São Paulo, o Currículo Paulista e a BNCC (BEGO, 2016; BEGO; SAGARBOSA, 2016).

Os currículos oficiais constituem elementos norteadores para o docente autônomo e, por consequência, autor da própria prática, pois são os geradores dos objetivos tanto geral como os objetivos específicos. Os objetivos específicos são os responsáveis por determinarem o tipo de avaliação a ser empregado para o diagnóstico das aprendizagens desejadas e para fornecer o *feedback* para futuras reestruturações da UDM durante o processo de implementação. Destaca-se aqui a importância da coerência entre os objetivos específicos e a abordagem metodológica adotada (BEGO, 2016; BEGO; SAGARBOSA, 2016).

Na seleção de estratégias didáticas e instrumentos de avaliação, efetua-se o detalhamento das estratégias, das atividades, dos recursos didáticos, dos materiais de aprendizagem e dos instrumentos de avaliação. Esta etapa revela a identidade do professor autor da UDM, pois evidencia o que se espera ser ensinado e aprendido pelos alunos. Além de mostrar a concepção de ciência que envolve o docente na sua prática (BEGO, 2016).

A UDM possibilita o planejamento didático-pedagógico de modo organizado e coerente e, por consequência, constitui uma etapa importante para o aprofundamento dos conhecimentos docentes sobre o conteúdo da ser ensinado devido à necessidade de reflexão na elaboração de suas aulas de uma sistematização, que auxilia a elaboração de suas aulas, o que pode torná-los pesquisadores de sua própria prática, resgatando sua autonomia.

Assim, considera-se que o processo de elaboração da UDM pode tornar o professor autor e pesquisador da própria prática. No entanto, o docente se encontra inserido dentro de um sistema de ensino público e apostilado, o qual veda a iniciativa docente para a produção de seu próprio material. Como pode-se implementar uma UDM em uma escola com tais características? A resposta surge de um conceito conhecido como insubordinação criativa.

1.4 Unidade Didática Multiestratégica (UDM): Instrumento de Insubordinação Criativa

O potencial da implementação de uma UDM é que sua inserção em um sistema apostilado de ensino, em que a liberdade de ensinar do professor é de certo modo cerceada, pode se configurar naquilo que D'Ambrósio e Lopes (2015) denominaram como *Insubordinação Criativa*. Esta é uma desobediência das regras com vistas à melhoria da educação, porém pautada na moralidade, ética e justiça. De acordo com os autores, a insubordinação criativa é justificada quando as regras impostas pelo sistema educacional conflitam com a realidade da comunidade escolar, gerando a necessidade de mudança baseada na ética e moralidade para melhor justiça social da comunidade escolar.

Uma das formas de insubordinação criativa pode ser a produção de planejamentos didático-pedagógicos autorais para o ensino de Química para uso na sala de aula, ou seja, a autonomia do professor como produtor de saberes e práticas no exercício da liberdade de decidir e agir. A rejeição consciente e crítica do professor não como mero executor de propostas previamente preparadas por técnicos especialistas (D'AMBRÓSIO; LOPES, 2015; GAUCHE; TUNES, 2012).

Dessa maneira, a implementação de uma UDM, assim como apresentado anteriormente, pode se configurar como instrumento de insubordinação criativa por meio da integração entre o trabalho docente e o trabalho escolar. Devido às situações singulares da sala de aula, torna-se necessário ao professor exercer sua autonomia para superação das diversas situações peculiares que surgem durante a prática educativa (D'AMBRÓSIO; LOPES, 2015; BEGO; SGARBOSA, 2016).

Por consequência, o planejamento didático-pedagógico por meio da UDM pode ser um importante meio para a reconstrução da autonomia docente. Este permite ao professor tornar-se também produtor do conhecimento a ser desenvolvido com o estudante. Além disso, considera-se toda experiência docente adquirida nos anos de efetivo exercício. A implementação de uma UDM possibilita ações que pretendem superar a dicotomia entre teoria e prática docente. Afinal, para implementação da UDM é necessário planejamento, intervenção pedagógica e (re) planejamento, ou seja, teoria e prática sempre em diálogo para a produção de saberes profissionais (BEGO, 2016).

Com o desenvolvimento e implantação da UDM pelo professor pesquisador se pretende investigar: Qual o impacto da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica, que utiliza o Ensino Fundamentado em Modelagem, na aprendizagem de modelos atômicos de estudantes do Ensino Médio de uma escola estadual paulista?

Para auxiliar no desenvolvimento do problema de pesquisa propõe-se as seguintes questões:

Como a implementação da UDM baseada na metodologia de Ensino Fundamentado em Modelagem auxilia na aprendizagem de modelos atômicos pelos estudantes?

Quais as potencialidades do Ensino Fundamentado em Modelagem com abordagem metodológica para o ensino e aprendizagem de modelos atômicos?

2 Objetivos

Fundamentado nas potencialidades do ensino baseado em modelagem e do modelo de Unidade Didática Multiestratégica propõe-se como objetivo geral de pesquisa:

- Investigar os impactos da implementação de uma Unidade didática Multiestratégica, baseada na metodologia do Ensino Fundamentado em Modelagem, na aprendizagem de modelos atômicos e dos princípios da modelagem.

Como desdobramento do objetivo geral de pesquisa e de forma a operacionalizar o processo de coleta e tratamento dos dados, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- elaborar um produto educacional com auxílio do planejamento didático-pedagógico por meio de Unidades Didáticas Multiestratégicas;
- analisar como o desenvolvimento da UDM impacta na aprendizagem dos discentes sobre o processo de modelagem;
- investigar as potencialidades do Ensino Fundamentado em Modelagem na aprendizagem discente.

3 Aportes teóricos ou referencial teórico

3.1 Modelos em Ciências

De forma geral, é possível afirmar que os modelos permitem a geração de conhecimento e, por consequência, sempre apoiaram o desenvolvimento do conhecimento científico. Porém, a palavra modelo gera, no meio estudantil, dúvidas diversas. Afinal, a palavra modelo cotidianamente encerra vários significados. Segundo o Minidicionário Aurélio da Língua Portuguesa (1993), o termo modelo implica nos seguintes significados:

1. Aquilo que serve de referência ou que é dado para ser reproduzido;
2. Representação em pequena escala de algo que se pretende reproduzir em grande escala;
3. Protótipo de um objeto;
4. Pessoa que posa para artista plástico ou fotógrafo;
5. Pessoa ou coisa que serve de exemplo ou norma;
6. Manequim;
7. Tipo específico de roupa, automóvel e outros produtos de consumo.

Observa-se a polissemia para a palavra modelo. Fato que muito dos estudantes, quando interpelados por um professor de Química sobre o significado da palavra, utilizam, como maior parte das respostas, termos presentes em um dicionário comum.

Entretanto, do ponto de vista científico, modelo é:

[...] uma representação de um fenômeno produzido para uma finalidade específica. O fenômeno é qualquer forma intelectualmente interessante de segregar uma parte do mundo experimentando para mais estudos, os modelos são onipresentes. A finalidade específica para a qual os modelos foram originalmente produzidos em Ciências (ou para uma pesquisa científica, ser precisa) é a simplificação do fenômeno para ser usado para inquirir a explicação do mesmo (BOULTER; ELMER; GILBERT, 2000, p. 17, tradução livre)².

Portanto, os modelos são construções humanas produzidos para um fim específico. Outro detalhe é que representam parte de um fenômeno estudado e,

² ...a representation of a phenomenon initially produced for a specific purpose. As a "phenomenon" is any intellectually interesting way of segregating a part of the world-as-experienced for further study, models are ubiquitous. The specific purpose for which any model is originally produced in Science (or in scientific research, to be precise) is as a simplification of the phenomenon to be used in inquiries to develop explanation of it.

consequentemente, não podem ser tomados como cópia fiel da realidade (JUSTI, 2010).

Nota-se que os modelos têm como finalidade específica a simplificação dos fenômenos para fins de facilidades investigativas. Afinal, estes tornam mais fácil a visualização da entidade modelada e, por consequência, favorece a comunicação das ideias através da mediação entre a realidade modelada e as teorias (JUSTI, 2010).

Os modelos permitem a visualização por meio de impressões artísticas e desenhos, os quais facilitam a compreensão dos fenômenos em estudo. Por exemplo, imagine um texto de Química Orgânica sem algum tipo de representação pictográfica (LUIZI; THOMAS, 1990). Quando se representa uma substância por meios pictográficos, em essência, emprega-se modelagem, ou seja, os modelos são a forma dominante de pensar no desenvolvimento da Química (LUIZI; THOMAS, 1990).

Por isso, o Ensino Fundamentado em Modelagem constitui uma ferramenta de ensino importante para o desenvolvimento de atividades construtivistas focadas no simbolismo ao invés do sensorialismo, pois proporciona aos estudantes condições de superação das concepções alternativas (OSBORNE, 1993), ou como forma de evitá-las.

O Ensino Fundamentado em Modelagem também permite aos estudantes observarem que os modelos não são descobertos e, sim, construções humanas pensadas para determinado propósito. Modelos responsáveis por tornarem o invisível, visível aos sentidos humanos, pelo auxílio de representações artísticas.

Portanto, para a inserção dos estudantes nos âmbitos característicos do fazer científico químico, em todas as suas etapas, é necessária sua familiarização com o Ensino Fundamentado em Modelagem (NERSESSIAN, 1999; JUSTI, 2010).

Para o entendimento de modelos e sua elaboração, torna-se necessária a compreensão dos modelos mentais e suas funcionalidades dentro do processo de construção de teorias.

3.2 Modelos mentais

Um passo importante dentro do processo de modelagem é a construção de modelos mentais. Segundo Vosniadou (2002, p. 4), “modelos mentais são representações análogas que preservam a estrutura da coisa que representam”.

Para a construção de modelos mentais não existem regras, conforme observado por Guerrero (2010), porém a sua construção exige duas condições básicas: conhecimento do fenômeno que será modelado e, os ingredientes mais importantes, são a imaginação e criatividade, as quais devem ser empregadas na construção do modelo de acordo com a visão de mundo aceita.

Segundo Vosniadou (2002), os modelos mentais parecem desempenhar três importantes funções.

A primeira função dos modelos mentais é o aparente auxílio na construção de explicações para os conhecimentos do indivíduo caso não possua alguma forma de conhecimento prévio ou que não tenha condições de efetuar sua dedução a partir de um conjunto de informações verbais, tanto textuais quanto orais. Isso leva ao emprego de modelos mentais com o intuito de tornar o conhecimento científico implícito em conhecimento explícito, que envolve conceitos e codificação, o qual poderá ser usado para elaboração de novas teorias em relação a um mesmo tema (VOSNIADOU, 2002).

O principal papel do modelo mental é a mediação da explicação gerada, pois este permite a inserção do conhecimento implícito dentro do sistema conceitual e, por consequência, torna o código explícito e passível de investigação. Por isso, os modelos mentais são fontes relevantes para a geração de conhecimentos científicos e, portanto, constituem recursos importantes e imprescindíveis para a construção de teorias (VOSNIADOU, 2002).

A segunda função dos modelos mentais é a mediação dos processos de interpretação e aquisição de novas informações. Modelos mentais exercem importante influência na interpretação de novas informações devido à multiplicidade de formas de interpretação da realidade. Para uma determinada entidade modelada, pode haver uma miríade de concepções de modelos mentais, os quais são influenciados ou restringidos por um sistema de conhecimentos prévios e pressupostos teóricos e que restringem a entrada de novas informações na interpretação do sistema conceitual (VOSNIADOU, 2002).

A terceira função dos modelos mentais é auxiliar na experimentação e revisão teórica. O modelo mental surge para mediar a interpretação da informação quanto as suas regras. Por isso, os modelos mentais se constituem uma importante ferramenta para a revisão teórica (VOSNIADOU, 2002).

Destaca-se a importância de modelos mentais quanto às funções relacionadas ao desenvolvimento cognitivo humano que reside no desenvolvimento conceitual com base na constante elaboração e reelaboração de modelos mentais. Fato importante destacado por Vosniadou (2002, p. 14-15):

Argumentei que a capacidade de formar modelos mentais é uma característica básica do sistema cognitivo humano e que o uso de modelos por crianças é a base do uso mais elaborado e intencional de modelos pelos cientistas. Os modelos mentais que crianças e adultos leigos constroem têm poder preditivo e explicativo e podem ser usados como mecanismos mediadores para a revisão de teorias existentes e a construção de novas. É por isso que eles são importantes no desenvolvimento conceitual e na mudança conceitual.³ (tradução livre)

A importância dos modelos mentais se relaciona ao fato de tornar o conhecimento implícito em um código explícito, portanto, observável e conceitual, capaz de gerar conhecimento científico e recursos para a construção das teorias através da mediação dos processos que conduzem a descobertas de novas informações através da análise da realidade modelada. Além de possibilitar a experimentação que pode ou não gerar novos elementos que resultem na revisão das teorias. Isto torna os modelos mentais ferramentas importantes para a construção de novas teorias devido ao elevado poder de predição e explicação e, por consequência, potencializam seu papel na mediação e na revisão das teorias (VOSNIADIOU, 2002).

3.3. Ensino Fundamentado em Modelagem

A modelagem trata-se uma atividade processual que envolve a elaboração ou construção, expressão e testes dos modelos, por meio de sua reelaboração uma vez percebidas suas limitações (JUSTI, 2010).

³ I have argued that the ability to form mental models is basic characteristic of the human cognitive system and that the use of models by children is the foundation of the more elaborate and intentional use of models by scientists. The mental models that children and lay adults construct have predictive and explanatory power and can be used as mediating mechanisms for the revision of existing theories and the construction of new ones. This is the reason why they are important in conceptual development and conceptual change.

Segundo Justi (2010, p. 213), a atividade de modelagem não:

[...] é um processo simples ou unidirecional. Ao modelar algo o indivíduo interpreta, conceitua e integra elementos que permitem o estudo de uma determinada entidade (objeto, processo, ideia) e teste de representações para tais elementos.

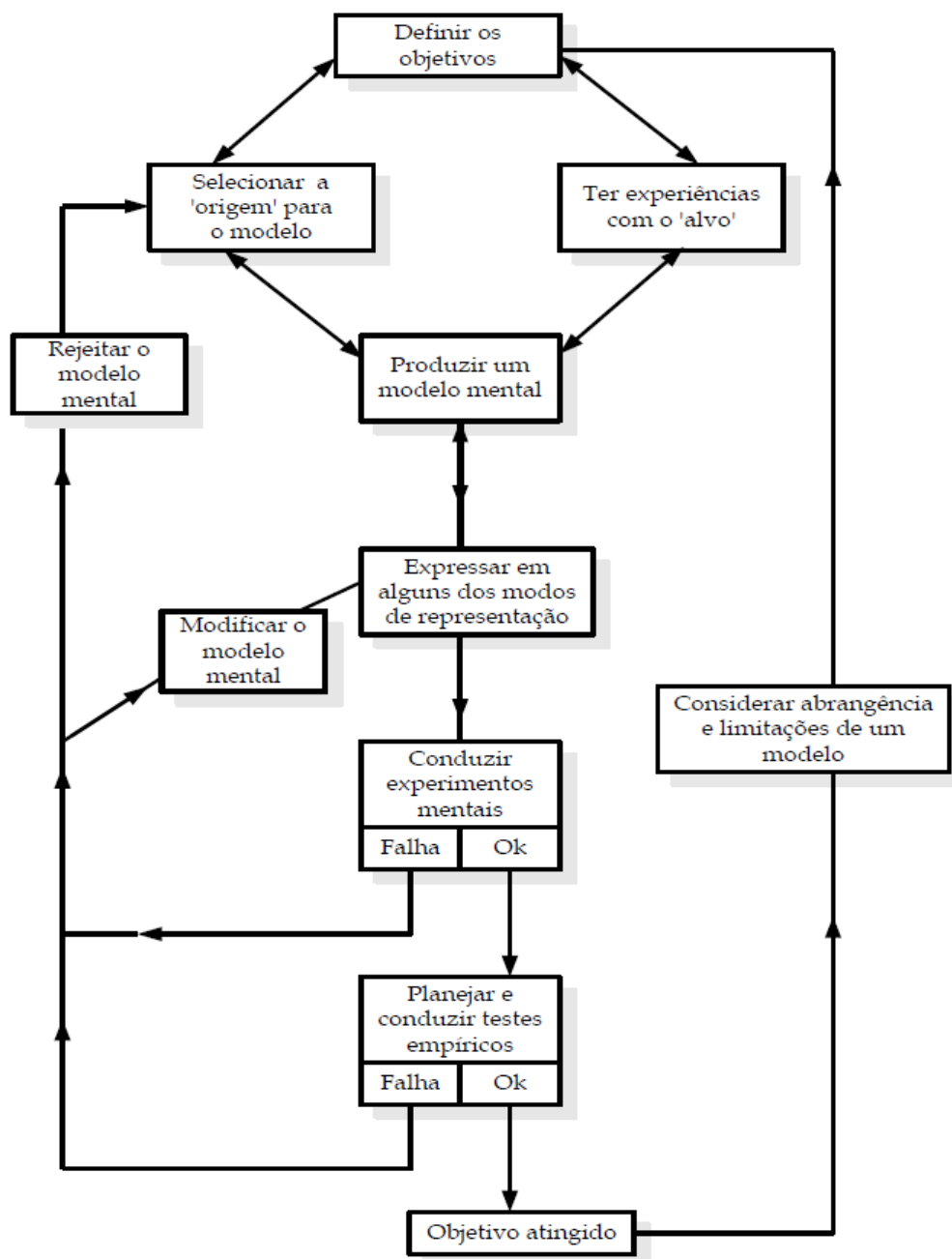
O Ensino Fundamentado em Modelagem se constitui como uma das formas de superar o ensino tradicional de Química, considerado um ensino declarativo e como a única possibilidade de ensino e aprendizagem. Os conhecimentos declarativos, no Ensino Fundamentado em Modelagem, constituem apenas uma das etapas da aprendizagem de modelos pelos estudantes acerca do fenômeno em estudo (JUSTI, 2010).

O fenômeno em estudo precisa dos estudantes exercendo as mais diversas ações para a aprendizagem. Ações que envolvam os estudantes em atividades de construção, discussão, reformulação e socialização dos modelos, o que consiste no Ensino Fundamentado em Modelagem (JUSTI, 2010).

Para vivenciar os processos desenvolvidos pelos discentes dentro da prática do Ensino Fundamentado em Modelagem é imperativa a compreensão do ato de modelar em si por meio de correlação entre as habilidades esperadas e suas diversas etapas (Figura 1).

A Figura 1 representa não a obrigatoriedade de passos a serem desenvolvidos, mas fornecerem subsídios de como os modelos são construídos na atividade científica. Segundo Ferreira e Justi (2005, p. 6), “todas as etapas e processos descritos no diagrama são necessários e inerentes à construção de modelos, sendo geralmente executados conscientemente (por cientistas) ou não (por estudantes e pessoas leigas)”.

Figura 1: Um modelo de modelagem.



Fonte: Justi e Gilbert (2002, p. 371).

Segundo Ferreira e Justi (2005, p. 6), no contexto do Ensino Fundamental em Modelagem, o professor é:

[...] uma peça-chave ao trabalhar na mediação com o conhecimento científico pré-existente. Naturalmente, as discussões dos estudantes são importantes para o processo de aprendizagem, mas o papel do professor ao guiar a aprendizagem no contexto desse tipo de tópico abstrato é essencial.

Para tal, Justi (2006) propõe etapas para a elaboração de modelos pelos discentes, as quais são:

- Primeira Etapa é a elaboração do modelo mental, que passa pela definição e a delimitação dos objetivos para a construção do modelo pelos discentes. É necessário propiciar aos estudantes informações por meios diversos para a construção do modelo mental, o qual ocorre por definir os objetivos para a elaboração do modelo, obtenção e organização das informações, definição de uma analogia ou modelo matemático e integração de todas essas informações e, por último, criatividade e raciocínio do educando.
- Segunda etapa é caracterizada por representar e socializar o modelo mental elaborado pelo discente. A expressão da forma de representação ocorre por meio de quaisquer modos de representação. Na sequência, efetua-se a socialização do modelo perante o grupo ou classe.
- Terceira etapa é dividida em duas fases. Uma fase em grupo e outra com os demais estudantes da aula. A primeira fase, consiste em testar e reformular o modelo no grupo testado por meio experimentos mentais ou empíricos. Caso observada incoerências no modelo busca-se a reformulação do modelo expresso. Isto é possível por meio de retomadas das etapas anteriores ou por rejeição completa do modelo proposto inicialmente e, portanto, busca-se a proposição de um novo modelo. Com a reelaboração, é importante que tenha um novo momento de socialização. A ação é empreendida na busca de validação parcial ou total do modelo elaborado. É interessante, que ao final da etapa existam poucos modelos reelaborados.
- Quarta etapa caracteriza-se pela socialização do modelo reelaborado e, conseqüente, revisão pelos pares. Caso o modelo tenha sido aceito na fase de testes por meio da realização dos propósitos estabelecidos na primeira etapa, o modelo elaborado pelos estudantes é submetido à socialização e revisão pelos pares, a qual é realizada para a verificação ou não de sua validade pelos pares e, por consequência, efetua-se o levantamento das suas abrangências e limitações.

Porém, é necessário que as etapas não se tornem mais um algoritmo burocrático para o desenvolvimento dos diversos temas, pois, como destaca Justi (2010, p. 224):

Isso não significa que os estudantes tenham de ser apresentados às etapas para que a utilizem como algoritmos. Ao contrário, o que se espera é que a medida que os aprendizes sejam envolvidos em atividades planejadas

nessa perspectiva, eles desenvolvam uma forma de pensar que contemple pelo menos os principais elementos desse modelo e que possa ser adotada em outras situações, relacionadas ou não com ciências (JUSTI, 2010, p. 224).

Guerreiro (2010, p. 17) também observa que “o modelo material (protótipo) deve ser submetido ao teste mais importante que é o experimento real, desde que seja possível”⁴.

O Ensino Fundamentado em Modelagem é uma atividade processual que envolve o sequenciamento de atividades de ensino com o intuito de promover a compreensão discente dos conceitos envolvidos em cada momento e o desenvolvimento das habilidades investigativas exigidas. Contudo, as etapas propostas por Justi (2006) não podem ser encaradas como simples algoritmo, que basta seguir o exemplo que assegura a resolução do problema.

O importante é os estudantes vivenciarem a modelagem em seus principais elementos para permitir a compreensão dos processos envolvidos na elaboração de modelos. Com isso, os discentes se tornariam capazes de transpor as ideias associadas ao Ensino Fundamentado em Modelagem a outros contextos que exijam a construção de modelos (FERREIRA; JUSTI, 2005).

O Ensino Fundamentado em Modelagem é necessário como forma de levar os discentes à consciência de como ocorre o processo de elaboração de modelos e, por consequência, a construção do conhecimento.

3.4. Ensino Fundamentado em Modelagem e Ensino de Ciências

O Ensino Fundamentado em Modelagem no ensino de ciências oferece oportunidade aos educandos de exercitarem o fazer científico em suas principais etapas, pois segundo Mortimer (1996):

[...] aprender ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso comum. Aprender ciências envolve um processo de socialização das práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de pensar e de ver o mundo, em última análise um processo de “enculturação”. Sem as representações simbólicas próprias da cultura científica, o estudante mostra-se muitas vezes incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor deseja que ele perceba.

⁴ “el modelo material (prototipo) debe ser sometido a la prueba más importante que es la de experimento real, siempre y cuando este sea posible” (GUERREIRO; 2010, p. 17).

No âmbito do Ensino Fundamentado em Modelagem, os alunos vivenciam tentativas de estruturação e reestruturação do conhecimento em semelhança com o trabalho científico a partir da construção de modelos mentais e sua socialização dentro do grupo e entre os grupos. O que fornece sentido aos fenômenos destacados pelo docente.

O conhecimento científico torna-se mais que a simples memorização de fatos e procedimentos, pois segundo Justi e Maia (2009, p. 2):

[...] o ensino de Ciências deve enfatizar o desenvolvimento de conhecimentos associados aos processos científicos, promovendo o desenvolvimento de habilidades que sejam transferíveis para diversas situações e contextos. Esse ensino deve contribuir para desenvolver a capacidade de integrar e aplicar conhecimentos em situações-problema, o que envolve a própria capacidade de busca de informações, uma compreensão mais ampla dos processos e, acima de tudo, o discernimento para saber como e quando aplicar tais conhecimentos.

O Ensino Fundamentado em Modelagem consiste em uma oportunidade para os estudantes se tornarem produtores de seu conhecimento, pois pode contribuir para que a aprendizagem ocorra de modo mais participativo. O ato de modelar envolve os discentes de modo crítico na produção do conhecimento, o que os faz refletirem sobre o propósito da atividade científica por meio de desenvolvimento tanto da capacidade argumentativa e da elaboração de modelos (JUSTI, 2006; JUSTI, 2015).

O engajamento ativo dos estudantes no processo de aprendizagem se dá através da vivência de todas as etapas envolvidas na elaboração dos modelos (JUSTI, 2010). Fato que ocorre por elaboração autoral de seus modelos seguidos de processo de autoavaliação e avaliação de modelos empregados no ensino de Ciências.

Segundo Justi e Gilbert (2002), a modelagem conduz os alunos à compreensão do processo de modelar e à importância de seu papel na construção do conhecimento científico, ou seja, o processo de modelagem é concebido quando os alunos aprendem a dar sentido aos fatos que observam construindo modelos (JUSTI, 2006).

O Ensino Fundamentado em Modelagem pode beneficiar a aprendizagem dos estudantes em diversos aspectos, tais como: a possibilidade de construir e testar seus modelos tornando as informações mais significativas (MENDONÇA; JUSTI, 2009); melhor compreensão sobre o desenvolvimento do processo científico

(MENDONÇA; JUSTI, 2009); desenvolvimento das habilidades investigativas relacionadas ao processo de modelagem e percepção das limitações que os modelos possuem (MAIA; JUSTI, 2009); desenvolvimento de capacidades argumentativas pelos discentes (JUSTI, 2015); desenvolvimento de habilidades de visualização e resolução de novos problemas por meio da abordagem baseada em modelos (GILBERT; JUSTI, 2002).

O Ensino Fundamentado em Modelagem é uma abordagem metodológica de aprendizagem ativa que possibilita o envolvimento de diversas habilidades dentro do processo de aprendizagem. Maia e Justi (2009) registram as habilidades necessárias aos estudantes para a execução de atividades de cunho investigativo de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1. Habilidades requeridas pelos estudantes nas etapas de modelagem

Etapas do processo de modelagem	Habilidades envolvidas
Definição de objetivos	○ analisar e compreender a situação-problema; ○ Formular questões
Ter experiência com o alvo	○ conhecer diferentes formas de obter informações ○ selecionar conhecimentos prévios relevantes (nas estruturas cognitivas) ○ buscar informações já disponíveis na literatura ○ observar propriedades relevantes do sistema em estudo ○ identificar as propriedades relevantes do sistema em estudo ○ descrever sistemas e processos
Selecionar a origem o modelo	○ relacionar os fenômenos, fatos, processos e ideias através do estabelecimento de analogias ○ utilizar as ideias e os modelos prévios em novas situações de aprendizado
Produzir um modelo mental	○ integrar ideias, dados e modelos na elaboração de novos conhecimentos tendo em vista os objetivos definidos anteriormente
Expressar em alguns dos modos de representação	○ utilizar e interpretar diferentes formas de representação ○ comunicar ideias com correção e clareza, fazendo uso de terminologias adequadas
Conduzir experimentos mentais	○ elaborar questões hipotéticas ○ planejar experimentos adequados, identificando variáveis relevantes e selecionando os procedimentos
Planejar e conduzir testes empíricos	○ utilizar instrumentos de medição e de cálculo ○ coletar, analisar e interpretar os dados ○ analisar os resultados obtidos e as implicações dos mesmos
Considerar as abrangências e limitações do modelo	○ analisar a extensão em que o modelo proposto atinge seus objetivos ○ estabelecer relações entre o modelo proposto e um contexto mais amplo envolvendo novas situações e/ou informações

Fonte: (MAIA; JUSTI, 2009, p. 8)

Nersessian (1999, p. 21) destaca também que o Ensino Fundamentado em Modelagem é responsável pelo desenvolvimento de várias habilidades dos estudantes, pois:

[...] no processo de modelagem, várias formas de abstração, como casos limitantes, idealização, generalização, modelagem genérica, são utilizadas. A avaliação e a adaptação ocorrem à luz da satisfação de restrições estruturais, causais e/ou funcionais e melhor entendimento do problema-alvo através do processo de modelagem.⁵ (tradução livre)

O ensino de ciências pode dar espaço à abordagem de ensino fundamentado em modelagem devido ao potencial de desenvolvimento das habilidades levantadas. Além do desenvolvimento de competências preconizadas no BNCC, por exemplo, a Competência Específica 3 de Ciências da Natureza:

Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (BRASI, 2018, p. 558).

Uma das premissas é a utilização de procedimentos e linguagens próprios da Ciências. O Ensino Fundamentado em Modelagem tem ampla potencialidade para o desenvolvimento dessa competência em todas as etapas, afinal, a criação de modelos científicos é inerente à Química como ciência. Os estudantes precisam ter acesso a mais essa oportunidade de aprendizagem, de certa forma, como no mundo científico, mas pouco desenvolvido no mundo estudantil.

Outro ponto importante da prática do Ensino Fundamentado em Modelagem é a necessidade contínua de socialização das informações entre os pares do grupo e entre os grupos. Fato que faz os discentes se comunicarem constantemente acerca da sua produção sobre conteúdos científicos. Por consequência, efetua-se o mais importante fazer científico: falar sobre Ciências, ou melhor, Química.

Para Justi (2015), argumentação e modelagem são práticas epistemológicas importantes no mundo científico e o ensino de ciências precisa buscar essa proximidade com o mundo científico para torná-lo mais próximo possível da ciência realizada pela comunidade científica. Para isso, é preciso que: as práticas de ensino envolvam processos de produção e validação do conhecimento científico histórica e filosoficamente aceitos; refletir a criatividade científica; e apresentação de uma estrutura simples de ideias capaz de prover, com explicações aceitáveis, os fenômenos observáveis.

5 ... In the modelling process, various forms of abstraction, such as limiting case, idealization, generalization, generic modelling, are utilized. Evaluation and adaptation take place in light of structural, causal, and/or functional constraint satisfaction and enhanced understanding of target problem through the modelling process.

Para o processo de ensino de ciências tornar-se o mais completo possível, é necessária a inserção do aspecto argumentativo, além da modelagem em todos os níveis do fazer o ensino de ciências. Afinal, o ensino de ciências para ser autêntico necessita proporcionar aos estudantes a conciliação entre argumentar e modelos, o que é possibilitado pelo Ensino Fundamentado em Modelagem (JUSTI, 2015).

Afinal, os modelos nascem no campo cognitivo. Apenas, tornam-se acessíveis quando o indivíduo torna a ideia implícita em uma ideia explícita e, por consequência, passível de ser manipulada. Com isso, o modelo é passível de auxiliar na construção de explicações, mediação da realidade e mediação dos processos de interpretação e aquisição de novas explicações (VOSNIADOU, 2002).

Por isso, é interessante a observação das principais capacidades argumentativas destacadas por Justi (2015) no ato de modelar (Quadro 2).

Quadro 2. Síntese da caracterização das capacidades argumentativas em termos das habilidades envolvidas

Capacidades argumentativas	Habilidades relacionadas
8	1. identificar observações, fatos, sinais ou dados que podem ser usados como evidências em um determinado contexto; 2. planejar experimentos investigativos que possam produzir evidências relativas a dado problema; 3. selecionar evidências mais relevantes (isto é, específicas, suficientes e confiáveis) para um determinado propósito; 4. articular claramente tais evidências como uma justificativa de forma a elaborar um argumento coerente;
Elaborar argumentos	(1 – 4) + 5. diferenciar dados e/ou evidências de causas; 6. refletir criticamente acerca de evidências; 7. propor justificativas a partir de relacionamento de claros entre evidências e a afirmativa; 8. elaborar analogias que possam ser usadas como (partes de) justificativas; 9. fundamentar justificativas; 10. usar a linguagem científica adequada na expressão do argumento;
Contra-argumentar	(1 – 10) + 11. entender como um argumento pode ser contestado; 12. analisar evidências a partir e outros pontos de vista; 13. identificar as limitações nas evidências e/ou analogias usadas na justificativa de um argumento ou, ainda, nos relacionamentos estabelecidos entre essas evidências e/ou analogias e a afirmativa original; 14. identificar a abrangência do argumento original;
Elaborar teorias alternativas	(1 – 14) + 15. conviver com duas ou mais explicações ou modos de ver uma situação, utilizando uma ou outra em função da melhor adequação ao contexto;
Refutar	(1 – 15) + 16. ouvir o outro; 17. analisar criticamente as duas posições sem interferências emocionais; 18. utilizar a linguagem de forma a enfatizar aspectos de uma determinada teoria.

Fonte: (JUSTI, 2015, p. 38)

Todas as capacidades argumentativas são relevantes para o desenvolvimento das atividades de modelagem. A capacidade argumentativa imprime necessidade de atenção pormenorizada na etapa de socialização e avaliação pelos pares. A avaliação pelos pares do modelo reelaborados pelos discentes exige que os sujeitos responsáveis pela apresentação do modelo a capacidade argumentativa de refutar, a qual envolve discussão entre dois indivíduos com concepções diferentes na investigação da opinião mais adequada. Note que a capacidade argumentativa de refutar exige o domínio de todas as habilidades listadas na Quadro 2 (JUSTI, 2015).

Segundo Justi (2015), toma-se como pressuposto que a ciência é um empreendimento humano motivada pela busca da compreensão do mundo cujo objetivo primordial é a produção do conhecimento, o qual nunca é finalizado em sua essência devido à provisoriedade e não linearidade próprios do conhecimento. Nessa perspectiva, tem-se: a necessidade contínua de busca de julgamentos e justificativas para modelos e teorias com os conhecimentos e dados empíricos disponíveis; o caráter social da ciência por meio da discussão dos modelos com a comunidade científica que busca a discussão e abre caminho para refutações.

A ciência é marcada pela construção do conhecimento científico via processos de modelagem, no entanto a maior parte das pessoas não se dá conta. O Ensino Fundamentado em Modelagem permite aos estudantes do ensino médio e outras faixas etárias a percepção da existência de modelos explicativos no mundo científico.

O Ensino Fundamentado em Modelagem vem facilitar a aprendizagem da elaboração de modelos e destaca a necessidade de se perceber a indissociabilidade entre sua elaboração e o processo argumentativo no âmbito da ciência. Afinal, os modelos nascem no campo mental como modelos mentais. A partir da capacidade argumentativa toma sua forma concreta, passível que seu conhecimento implícito seja tornado explícito e conceitual para o processo de avaliação pelos pares.

4 Procedimentos metodológicos

Para atingir o objetivo desta pesquisa, que é investigar os impactos da implementação de uma Unidade didática Multiestratégica, baseada na metodologia do Ensino Fundamentado em Modelagem, na aprendizagem dos discentes sobre modelos atômicos, neste capítulo se apresenta: a natureza do tipo de pesquisa, desenho de pesquisa, contexto escolar, perfil dos estudantes, UDM-Vamos Modelar!, fontes de informação, instrumento de coleta de dados e metodologia de análise.

4.1 Natureza do Tipo de Pesquisa

A pesquisa realizada foi uma pesquisa qualitativa, que, segundo Yin (2016), é impossível de ser definida de modo singular, mas sim definida a partir de um conjunto de características, as quais são:

[...] estudar o significado da vida das pessoas, nas condições da vida real; representar as opiniões e perspectiva das pessoas (rotuladas neste livro como os participantes) de um estudo; abranger as condições contextuais que as pessoas vivem; contribuir com revelações sobre os conceitos existentes ou emergentes que podem contribuir com revelações sobre conceitos existentes ou emergentes que podem ajudar a explicar o comportamento social e humano; e esforçar-se por usar múltiplas fontes de evidência em vez de se basear em uma única fonte (YIN, 2016, p. 48-49).

Yin (2016) observa que a pesquisa qualitativa é implementada quando existe o envolvimento de pessoas em situações reais, com consequente representações de opiniões de uma pessoa no estudo. Procurou-se mostrar o contexto do local em que o pesquisado viveu, pois é um fator importante para auxiliar na compreensão dos conceitos do comportamento social e humano por meio de uso de múltiplas fontes de informação.

4.1.1 Desenho de pesquisa

Para o desenvolvimento da pesquisa, o desenho empregado foi da Pesquisa-ação. Desenho indicado quando se foca nas transformações específicas e explícitas dentro do ambiente escolar com vistas à melhoria da prática pedagógica.

A pesquisa-ação tem como conceito central o desejo de promoção de mudanças, as quais têm por base a tríade (re) planificação, ação e (auto) reflexão.

(MOREIRA; ROSA, 2009; THIOLLENT, 2011). Desenho em consonância às etapas para a implementação de uma UDM, as quais são: planejamento, intervenção e replanejamento a partir da reflexão crítica (BEGO, 2016).

Segundo Thiollent (2011), a pesquisa-ação tem um objetivo prático e um objetivo de conhecimento. O objetivo prático foi implementar a UDM sobre modelos atômicos no ensino médio. Thiollent (2011) observa que a pesquisa-ação apresenta doze fases: fase exploratória; o tema da pesquisa; o problema; o lugar da teoria; hipóteses; seminários; campo de observação, amostragem e representatividade qualitativa; coleta de dados; aprendizagem; saber formal/saber informal; plano de ação e divulgação externa.

A seguir, no Quadro 3, serão descritas as informações de forma resumida das etapas de pesquisa-ação empreendidas no processo de elaboração da UDM-Vamos Modelar:

Quadro 3. Concepção e organização da pesquisa-ação da UDM-Vamos Modelar!

Fases da pesquisa-ação	Planejamento das fases
1. Fase exploratória	A proposta curricular do estado de São Paulo nos Cadernos do Aluno e Caderno do Professor, no Segundo Ano do ensino médio, emprega para o estudo de Modelos Atômicos o emprego de textos para o desenvolvimento do modelo de Thomson, Rutherford e Bohr. Independente das dificuldades de aprendizagem e do perfil dos estudantes envolvidos. Por isso, buscou o estudo da viabilidade do emprego do Ensino Fundamentado em Modelagem para o ensino de modelos atômicos para o desenvolvimento de habilidades argumentativas.
2. O tema da pesquisa	Tema da pesquisa: Ensino Fundamentado em Modelagem para o ensino de modelos atômicos. Objetivo prático: Elaborar e aplicar um produto educacional para o ensino de modelos atômicos baseados no Ensino Fundamentado em Modelagem. Objetivo do conhecimento: Analisar os desafios e as potencialidades do Ensino Fundamentado em modelagem na implantação de uma UDM sobre modelos atômicos no ensino médio.
3. A colocação dos problemas	Superação do ensino dos estudantes pautado apenas na leitura e análise de textos com a promoção do engajamento ativo dos estudantes no estudo de modelos atômicos.
4. O lugar da teoria	Elaboração de uma Unidade Multiestratégica de Ensino Fundamentado em Modelagem (UDM) para o ensino de modelos atômicos na abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem (Justi, 2006).
5. Hipóteses	Qual o impacto da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica, que utiliza o Ensino Fundamentado em Modelagem, na aprendizagem de modelos atômicos de alunos do Ensino Médio de uma escola estadual paulista?
6. Seminário	Reunião entre orientador e professor para delimitação do tema, os problemas e hipóteses de pesquisa, elaborar interpretações a partir dos dados coletados e divulgação dos resultados por meio da dissertação do mestrado e elaboração de material de aprendizagem.
7. Campo de observação, amostragem e representatividade de qualitativa	A análise dos dados da pesquisa foi efetuada no Segundo Ano do Ensino Médio - Turma A, o qual era constituído de quarenta estudantes. A escolha da sala foi motivada devido a maior frequência destes e ao fato de ser a sala como maior número de termos de consentimento entregues.

Fases da pesquisa-ação	Planejamento das fases
8. Coleta de dados	A coleta de dados foi efetuada por meio de filmagens das aulas durante a implementação da UDM; material de aprendizagem preenchido pelos estudantes; diários de aula elaborados pelo docente.
9. Aprendizagem	Facilitar a aprendizagem de modelos atômicos pelos estudantes e proporcionar ao professor oportunidade de tornar-se autor e pesquisador da própria prática.
10. Saber formal/saber informal	O saber docente em relação ao estudo de modelos atômicos pautado na linguagem científica para a descrição e interpretação dos dados empíricos, o qual muitas vezes torna-se uma linguagem codificada de difícil acesso para o estudante. Por isso, o cuidado com a linguagem é fundamental para proporcionar o entendimento dos discentes e o envolvimento deles nas atividades.
11. Plano de ação	Atores envolvidos no plano de ação: estudantes e professor autor e pesquisador da própria prática; Como se relacionam os atores e as instituições: a relação entre professor e estudantes é variável de acordo com as circunstâncias. Quem toma as decisões: o professor no exercício da implementação da UDM. Quais são os objetivos tangíveis da ação e os critérios de sua avaliação: proporcionar a aprendizagem de modelos atômicos por meio de engajamento ativo dos estudantes e avaliar a participação dos estudantes por meio da análise do material por eles elaborado. Além da avalia-los por meio de tecnologias digitais. Como dar continuidade à ação, apesar da dificuldade: é possível dar continuidade a ação por meio da negociação entre o docente e a equipe de gestão. Como assegurar a participação da escola e incorporar suas sugestões: por meio de resultados educacionais que mostrem que a aprendizagem dos estudantes em relação ao tema modelos atômicos. Como controlar o conjunto do processo e avaliar os resultados: é possível por meio da diversificação da avaliação discente em concílio com a reflexão docente quanto a sua prática por meio da elaboração de diários de aula.
12. Divulgação externa	elaborar um produto educacional com auxílio do planejamento didático-pedagógico por meio de Unidades Didáticas Multiestratégicas.

As 12 etapas empreendidas para a implementação da pesquisa-ação resultaram em momentos de reflexão crítica que orientaram o trabalho de planejamento da UDM-Vamos Modelar!

Para o melhor entendimento do contexto histórico-social da unidade escolar em que seria implementada a UDM-Vamos Modelar! tornou-se necessário uma caracterização do contexto escolar.

4.2 Contexto escolar

A escola estadual paulista em que se desenvolveu a pesquisa é caracterizada por ser uma conquista daquela municipalidade, pois em 1947 os cidadãos do município da escola enviavam os seus filhos para estudar em outros municípios. Quando um vereador daquela municipalidade empreendeu esforços para junto da população para a criação de um ginásio municipal.

Momento adequado para a reivindicação de uma escola devido coincidir com o fim do Estado Novo e do autoritarismo, porém o edil não encontrou amparo dos dirigentes municipais.

No entanto, o governador Lucas Nogueira Garcez autorizaria a instalação de uma escola desde que houvesse a doação de um terreno que atendesse as exigências legais vigentes para a construção da unidade escolar. O prefeito daquele momento considerou a empreendimento de difícil monta devido a prefeitura municipal não contar com renda para a concretização da instalação da unidade escolar. Porém, o mesmo vereador anteriormente citado elabora um projeto que autorizaria o prefeito em exercício a emissão de apólices públicas para que fossem resgatadas pela prefeitura no prazo de 10 anos com pagamento de juros ao portador.

Em um primeiro instante, o povo hesitou, porém, prevaleceu o desejo de terem seus filhos a estudar em sua cidade. Com isso, ocorreu a instalação da escola estadual paulista em que foi implementada a UDM-Vamos Modelar.

A escola estadual paulista foi uma conquista da população local baseada na reivindicação e mobilização. Ações que se tornaram a essência da escola em sempre reivindicar e mobilizar pelo melhor em relação ao corpo discente. Isso é retratado no esforço da comunidade escolar em ter sempre o melhor espaço e recursos para os estudantes.

Tanto que o prédio em que está instalada a unidade escolar contém:

- 13 salas de aulas todas mobiliadas;
- 1 sala de recurso pedagógico
- 02 salas que compõem a sala de leitura com um excelente acervo;
- 01 laboratório (com multimídia), que é também utilizado como sala de aula
- 06 salas de multimídia que estão sendo utilizadas como sala de aula;
- 01 lousa interativa, instalada em sala de aula;
- 01 sala para professores;
- 01 sala para diretoria;
- 01 sala para secretaria;
- 01 sala de mediação;
- 01 sala para coordenação pedagógica;
- 01 pequeno depósito de materiais pedagógicos;

- 01 sala de apoio pedagógico
- 01 sala de materiais de Educação Física;
- 01 sala para xérox;
- 01 arquivo;
- 2 instalações sanitárias para alunos (masculino/feminino);
- 02 instalações sanitárias para docentes e funcionários (masculino/feminino);
- 01 quadra de esporte descoberta;
- 01 quadra de esporte coberta;
- 01 cozinha interna (professores/funcionários);
- 01 cozinha externa onde são servidas as merendas
- 01 pátio coberto;
- 01 cantina;
- 02 vestiários (feminino/masculino);
- 01 zeladoria;
- 01 laboratório de Informática;
- 02 almoxarifados.

A escola estadual paulista é bem equipada em termos de recursos didáticos e tecnológicos que facilitaram a implementação da UDM-Vamos Modelar, tais como as salas multimídia e laboratório dotado de recursos quando necessária uma intervenção de natureza prática na implementação da UDM.

4.3 Perfil dos estudantes

A pesquisa teve como sujeitos principais os estudantes dos segundos anos do Ensino Médio, os quais foram submetidos à intervenção pedagógica com auxílio da UDM-Vamos Modelar! com ideia principal de promover mudanças para a melhoria da prática pedagógica, o que levou a produção de material e sua reelaboração através da reflexão crítica.

As salas do Segundo Ano do Ensino Médio apresentavam características sociais diversas nas formas de interagir para a aquisição do conhecimento, o que foi destacado abaixo por meio de trechos extraídos da UDM-Vamos Modelar!

Trecho da Caracterização dos estudantes do Segundo Ano no Ensino Médio – Turma A

Os estudantes do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A caracterizam por serem organizados em relação ao desenvolvimento de suas atividades de aprendizagem. A maior parte dos alunos tem rotina de estudos. Fato percebido pela maior participação dos alunos nas lições de casa e atividades de aprendizagem, bom desempenho nas avaliações e maior frequência de entrega de trabalhos quando solicitados pelo professor.

Na sala de aula, os alunos do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A são disciplinados. Sempre atendem as determinações do professor em relação as questões disciplinares. Os alunos conversam quando permitido e, por consequência, prestam atenção nas explicações e participam dos questionamentos promovidos pelo professor. Além de demonstrarem em muitos momentos, uma participação produtiva quando executadas atividades em grupo.

Trecho da Caracterização dos estudantes do Segundo Ano no Ensino Médio – Turma B

O Segundo Ano do Ensino Médio – Turma B tem alunos extremamente sociáveis. Por isso, torna-se necessário o professor dialogar muito para estimulá-los em relação ao processo de aprendizagem. Quanto a execução das atividades em sala de aula, os alunos precisam estarem sendo continuamente estimulados. Além da maior parte dos alunos não fazerem as lições de casa quando dadas. Por isso, o desempenho acadêmico dos alunos, no geral, é classificado como regular. No entanto, nesta sala temos alguns alunos com elevado grau de interesse e participação nas atividades de sala de aula. Além de alunos com bom desempenho acadêmicos capazes de surpreender com seus questionamentos

Trecho da Caracterização dos estudantes do Segundo Ano no Ensino Médio – Turma C

Uma sala comunicativa. Os alunos costumam serem extremamente sociáveis. As conversas surgem com frequência, mas os alunos, geralmente, são solícitos em atender as demandas do professor. Mas, senão tomar cuidado pode se perder tempo precioso com a perda de foco com conversas paralelas de pouco valor pedagógico. O desempenho acadêmico é satisfatório. A maior parte dos alunos efetuam as lições de casa solicitadas pelo professor e participam das atividades em sala de aula. Alguns alunos, no entanto, exigem maior atenção do professor para executarem as atividades de sala de aula devido a insistência de tentarem dormir ou efetuarem outras atividades não pertinentes as atividades propostas. A sala tem desempenho acadêmico satisfatório, porém acredito na melhoria de suas potencialidades.

Trecho da Caracterização dos estudantes do Segundo Ano no Ensino Médio – Turma D

Classe extremamente sociável. Os alunos são extremamente comunicativos, ou seja, falam muito. Exigem muita habilidade do professor em relação ao estabelecimento de controle para a execução das atividades de sala de aula. Ressalta a existência de alunos criadores de focos de conflito, por isso, o professor tem de estar muito atento para evitar situações que acabem por degradar o clima salutar para o desenvolvimento da aprendizagem. Quanto as lições de casa, a maior parte dos alunos as realiza. Além da maior parte dos alunos efetuarem as atividades de aprendizagem em sala de aula. Uma sala um pouco difícil de se trabalhar, porém os alunos têm bom desempenho acadêmico.

Salas de aula diferentes com diferentes formas de interação entre os discentes, o que acabou por constituir realidades diferentes para a implementação da UDM-Vamos Modelar!

A escola estadual paulista por ser a única escola estadual de Ensino Médio da cidade, por isso, apresenta um perfil socioeconômico bem diversificado em composição.

Para o desenvolvimento da pesquisa foi solicitada a permissão da unidade escolar para a implementação da UDM-Vamos Modelar! e, conseqüentemente, desenvolvimento da pesquisa, a qual levaria a necessidade de gravação dos eventos para coleta de dados. A permissão foi concedida pela diretora da unidade escolar em exercício com concordância da equipe de coordenação pedagógica.

Os discentes também foram questionados quanto a sua concordância em participarem ou não da pesquisa. Para efetuar a aquiescência em relação a participação da pesquisa, o estudante preencheu um termo de autorização (Apêndice II).

O Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A foi escolhida para o desenvolvimento da pesquisa relacionada a implementação da UDM-Vamos Modelar! devido a ser a sala com maior frequência as aulas e a que entregou a maior quantidade de termos de autorização para participação da pesquisa.

Outro sujeito de destaque, foi o próprio docente que participou ativamente da pesquisa com agente ativo do processo de intervenção por meio da implementação da UDM.

4.4 UDM-Vamos modelar!

A UDM-Vamos Modelar! no seu desenvolvimento empregou como abordagem metodológica o Ensino Fundamentado em Modelagem na busca da superação do ensino de modelos atômicos pautado apenas na leitura e análise de textos.

Por isso, a UDM-Vamos Modelar para ser implementada nos segundos anos do Ensino Médio foi elaborada com 5 sequências didáticas para a consecução do objetivo geral proposto que foi “Aplicar técnicas de Modelagem no estudo de Modelos Atômicos, implementando atividades de modelagem para melhor compreensão dos limites, abrangências e aplicações de cada um dos modelos atômicos”.

Para a consecução do objetivo geral, a UDM-Vamos Modelar! foi elaborada tendo a necessidade cinco sequências didáticas para abordar o conteúdo programático estipulado, as quais se encontram elencadas no Quadro 4.

Quadro 4. Títulos, objetivos de aprendizagem e sequências didáticas envolvidas na UDM-Vamos Modelar!

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS		
Título da UDM	Vamos modelar!	
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	• classificação e estabelecimento de critérios; • controle de variáveis; • Elaboração de modelo explicativo; • Ideias de Thomson, Rutherford e Bohr para o átomo.	
Objetivo da UDM	Aplicar técnicas de Modelagem no estudo de Modelos Atômicos, implementando atividades de modelagem para melhor compreensão dos limites, abrangências e aplicações de cada um dos modelos atômicos.	
Sequência Didática	Objetivo da SD	Conteúdo Programático
Oh Dalton! Foste longe demais!	Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos.	• Modelos e Modelagem • Modelo Atômico de Dalton
Thomson: Foste injustiçado pelos livros!	Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Fenômenos elétricos da matéria • Modelo Atômico de Thomson
Rutherford: Foste habilidoso!	Analisar o Modelo Atômico de Rutherford, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Emissões de partículas alfa • Experimento de espalhamento das partículas alfa • Modelo atômico de Thomson
Bohr: Não é o fim de tudo!	Analisar o Modelo Atômico de Bohr, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Espectroscopia para identificação de materiais • Experimento do teste de chama • Modelo Atômico de Bohr
Tempestade de modelos	Analisar os diversos modelos atômicos como construções humanas; organizando as informações características de cada um dos modelos e diferenciado a abrangência de cada um dos modelos.	• Modelo Atômico de Dalton • Modelo Atômico de Thomson • Modelo Atômico de Rutherford • Modelo Atômico de Bohr

Os objetivos foram estipulados com base na abordagem metodológica escolhida para o desenvolvimento da UDM e, por isso, quando se elaborou os objetivos específicos para possibilitar o desenvolvimento da abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem.

4.5 Fontes de informação

Sujeitos

A pesquisa teve como sujeitos principais os estudantes dos segundos anos do Ensino Médio, os quais foram submetidos à intervenção pedagógica com auxílio da UDM-Vamos Modelar! com ideia principal de promover mudanças para a melhoria da prática pedagógica, o que levou a produção de material e sua reelaboração através da reflexão crítica.

A pesquisa foi empreendida no Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A, a qual era constituída de 42 com 40 estudantes participantes da pesquisa. Os motivos da escolha desta turma, para a realização da pesquisa, em detrimento das outras, se relaciona a maior quantidade de estudantes participantes da coleta de dados e os discentes eram os mais frequentes as aulas.

Documentos

Os documentos utilizados foram a UDM-Vamos Modelar! que foi implementada na escola estadual paulista e os materiais produzidos pelos discentes resultantes do preenchimento das atividades presentes no material de aprendizagem distribuídos durante as aulas.

4.6 Instrumentos de coleta de dados

Durante a implementação foram analisadas as diferentes respostas dos discentes por meio dos modelos concretos elaborados e reelaborados propostos no material de aprendizagem.

Para o acompanhamento do desenvolvimento das ações no espaço foi empregado o uso de filmagens, responsáveis por gerarem as imagens e o áudio, os quais constituíram as maiores fontes de informação responsáveis pelos dados referentes às formas de interações entre os diversos participantes do fenômeno aula em suas mais diversas interações humanas, materiais e imateriais.

Concomitante ao processo de implementação da UDM, também foi constatado o desenvolvimento docente através da produção do Diário de Aula elaborado pelo docente durante a implementação da UDM-Vamos Modelar!, o qual foi submetido posteriormente à análise.

4.7 Procedimentos de análise de dados

Os dados levantados pelas transcrições dos diálogos resultantes dos vídeos foram analisados por meio do Método de Análise de Conteúdo, segundo os princípios estabelecidos por Bardin (2011). Este é um conjunto técnicas que visam a análise das comunicações para a retirada de informações por meio de procedimentos sistematizados e objetivos aplicados aos discursos nas suas mais diferentes formas. Cumprindo sua função heurística, buscando nos conteúdos e linguística, respectivamente, a busca de significados por trás das palavras e seu funcionamento.

Os modelos concretos elaborados pelos estudantes foram analisados tendo como referência os Roteiros de Análise de Modelos (Anexo X). Estes foram elaborados para fornecer um norte em relação às principais características estruturais e observe que, ao efetuar-se as análises dos modelos, sentiu-se a necessidade de um elemento balizador que destacasse os limites do modelo atômico a ser elaborado.

O trabalho de análise dos modelos atômicos quanto às possíveis concepções alternativas também foi efetuado com auxílio de concepções levantadas que estavam disponíveis no Apêndice I.

Para autoavaliação reflexiva do professor-autor efetuou-se, durante a pesquisa, a construção de diários e aula, pois:

[...] o próprio fato de escrever, de escrever sobre a própria prática, leva o professor a aprender por sua narração. Ao narrar sua experiência recente não só constrói linguisticamente como a reconstrói como discurso prático e como atividade profissional (a descrição se vê continuamente ultrapassada por proposições reflexivas sobre os porquês e as estruturas de nacionalidade e justificação que fundamentam os fatos narrados. Quer dizer, a narração se transforma em reflexão) (ZABALZA, 2004, p. 44).

Afinal, o ato de escrever permitiu ao professor transcender o limite do comum, olhar com novos olhos velhos problemas existentes dentro de sua prática, o que resultou na busca de novas ideias para a construção de um novo paradigma docente.

Com efeito, os instrumentos de coletas e análise de dados visam a prática da tríade (re) planificação, ação e (auto) reflexão preconizados pelo desenho da Pesquisa-ação. Além de também se adequarem às necessidades de implementação

da UDM, os quais são: planejamento da UDM, intervenção pedagógica e replanejamento da UDM sob olhar reflexivo (BEGO, 2016; MOREIRA; ROSA, 2009).

5. Resultados e discussão

5.1 Resultados, discussões e reflexões docentes acerca do processo de modelagem sobre o Modelo Atômico de Thomson

A UDM-Vamos Modelar! foi elaborada tendo como objetivo geral “Aplicar técnicas de Modelagem no estudo de Modelos Atômicos, implementando atividades de modelagem para melhor compreensão dos limites, abrangências e aplicações de cada um dos modelos atômicos”.

Para a consecução do objetivo geral determinado na UDM-Vamos Modelar! foi o material propôs a implementação de cinco sequências didáticas, as quais e encontram apresentadas no Quadro 5.

Quadro 5. Sequências didáticas, objetivos e tempo aproximado

Sequência didática	Objetivo da SD	Tempo aproximado (em aulas)
Oh Dalton! Foste longe demais!	Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos.	2
Thomson: Foste injustiçado pelos livros!	Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	2
Rutherford: Foste habilidoso!	Analisar o Modelo Atômico de Rutherford, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	2
Bohr: Não é o fim de tudo!	Analisar o Modelo Atômico de Bohr, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	2
Tempestade de modelos	Analisar os diversos modelos atômicos como construções humanas; organizando as informações características de cada um dos modelos e diferenciado a abrangência de cada um dos modelos.	1

Fonte: Apêndice I

A primeira SD intitulada Dalton, foste longe demais! tinha como objetivo “Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos”. A SD foi dividida em dois episódios. O primeiro episódio envolveu o estudo sobre modelos por meio do levamento da concepção das concepções prévias dos estudantes acerca do termo modelo.

O professor através do levamento das concepções iniciais dos estudantes direcionou as discussões acerca dos conhecimentos discentes em relação ao termo modelo com auxílio de uma aula expositivo dialogada, que culminou com o experimento da Caixa Fechada. Tal experimento teve como objetivos: propiciar aos discentes vivenciar o processo de modelagem como processo de construção de

modelos em Ciências; além de possibilitar o entendimento de algumas características dos modelos (ALVES, 2012).

O episódio 2 consistiu em uma aula expositiva e dialogada acerca das Leis Ponderais que deram parâmetros empíricos importantes para a formulação da Teoria Atômica da Dalton. O momento foi importante para o desenvolvimento da SD subsequente, pois o modelo de Dalton ajudou os discentes a recordarem do conceito anteriormente estudado, o que poderia constituir um referencial analógico para a construção dos modelos subsequentes.

A segunda SD - Thomson, foste injustiçado pelos livros! – tinha como objetivo que os estudantes fossem capazes de “Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações do seu modelo”.

Para a consecução desse objetivo geral de aprendizagem, de acordo com a abordagem metodológica escolhida, foram planejadas 2 aulas com as estratégias apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6. Planejamento da SD – Thomson, foste injustiçado pelos livros!

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Thomson: Foste injustiçado pelos livros!				
Objetivo da SD	Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.				
Estratégias de Avaliação	Análise das proposições propostas em relação aos modelos dos alunos relatadas por escrito, observação dos modelos apresentados pelos alunos no momento da socialização e participação dos alunos na atividade de modelagem como um todo.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1ª	Prática experimental demonstrativa Aula expositivo dialogada	- Fenômenos elétricos da matéria - Ampola de Crookes - Raios Catódicos • Elétrons • Relação massa/carga elétron • Raio Canais ou raios positivos • Neutralidade da matéria	Primeira aula: 50 minutos	Lousa e projetor multimídia	Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
			Carteiras enfileiradas no início da aula e na sequência das atividades agrupadas em cinco sempre uma de frente para a outra.	Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	
			Experimento de magnetismo	Materiais e reagentes para a realização dos experimentos	Experimentação mental do modelo.
			Vídeo editado (10 minutos)		
			Ensino fundamentado em modelagem	Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel, lápis de cor, massa de modelar, esferas de isopor de tamanhos variados, tinta).	Avaliação do envolvimento dos alunos na atividade em grupo
2ª	Aula expositivo dialogada		Montagem dos grupos com 5 componentes no máximo/ elaboração de modelos		
			Segunda aula: 50 minutos	Lousa e projetor multimídia.	Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
			Manutenção dos grupos formado nas aulas anteriores	Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	
			Grupos com as carteiras formando grupos	Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel, lápis de cor, massa de modelar, esferas de isopor de tamanhos variados, tinta).	Solicitar que cada grupo produza um texto justificando seu modelo
			Elaboração de modelos pelos alunos /Experimentação mental dos modelos		
			Apresentação dos modelos de cada grupo para toda classe.		Apresentação dos modelos de cada grupo para toda classe.

De maneira a estruturar melhor a análise dos dados, dividiu-se a apresentação de acordo com as etapas do Ensino por Modelagem: as duas primeiras etapas relativas à apresentação da situação-problema e à proposição do modelo consensual, e as duas últimas etapas referentes ao teste e reformulação do modelo testado no grupo por meio de experimentos mentais, seguida da socialização e revisão pelos pares (JUSTI, 2006).

O modelo de Thomson foi escolhido para as análises dos modelos elaborados e reelaborados na presente pesquisa devido aos estudantes estarem mais presentes em sala de aula, pois as atividades do grêmio escolar ainda não haviam sido iniciadas. A SD – Thomson, foste injustiçado pelos livros! não teve interrupções resultantes de feriados.

Para melhor análise das informações produzidas pelos diversos grupos de estudantes, torna-se necessária a proposição de um roteiro conceitual quanto às concepções atômicas esperadas para o Modelo Atômico de Thomson com intuito da promoção da delimitação de categorias de análise dos modelos atômicos elaborados e reelaborados pelos discentes.

5.2 Roteiro para Análise do Modelo de Thomson

Com o objetivo de melhorar a compreensão do modelo desenvolvido pelos estudantes dos diversos grupos, efetuou-se o estudo quanto às principais características do Modelo Atômico de Thomson, cuja pesquisa bibliográfica mostrou uma forma frequentemente presente nos livros didáticos dos mais diversos níveis de ensino e a outra é a forma idealizada pelo próprio Thomson.

Segundo Rozenberg (2002), o Modelo Atômico de Thomson seria dotado de carga elétrica positiva uniformemente distribuída em uma esfera. Esta possuiria uma determinada quantidade de elétrons incrustados distribuídos por sua superfície. Observe que os elétrons estariam em repouso em relação ao sistema esférico e a quantidade destes seria suficiente para manutenção da neutralidade elétrica da estrutura atômica.

A descrição acima retrata o Modelo Atômico de Thomson, porém, estas informações apresentam algumas divergências quanto à real ideia de átomo proposta por Thomson (1907), que ao discorrer sobre seu modelo atômico, utiliza o termo corpúsculo de carga negativa para denominar o elétron como partícula

subatômica. Thomson observou informações relevantes que balizaram sua concepção de átomo, como:

Vimos que os corpúsculos são sempre do mesmo tipo, o que quer que seja a natureza da substância de que se originam, isto, em conjunto com o fato de a sua massa ser muito menor do que a de qualquer átomo conhecido, sugere que são constituintes de todos os átomos, que, em suma, os corpúsculos são uma parte essencial da estrutura dos átomos dos diferentes elementos. Esta consideração torna importante considerar as formas pelas quais grupos de corpúsculos podem organizar-se de modo a estar em equilíbrio. Uma vez que os corpúsculos são todos negativamente eletrificados, eles se repelem e, portanto, a menos que haja alguma força tendendo a mantê-los unidos, nenhum grupo em que as distâncias entre os corpúsculos sejam finitas podem estar em equilíbrio. Como os átomos dos elementos em seus estados normais são eletricamente neutros, a eletricidade negativa nos corpúsculos que eles contêm deve ser equilibrada por uma quantidade equivalente de eletricidade positiva; os átomos devem, juntamente com os corpúsculos, conter eletricidade positiva. A forma em que esta eletricidade positiva ocorre no átomo é, atualmente, uma questão sobre a qual temos muita pouca informação. Nenhum corpo eletrificado positivamente foi encontrado ainda tendo uma massa menor do que a de um átomo de hidrogênio. Todos os sistemas positivamente eletrificados em gases a baixas pressões parecem ser átomos que, neutros em seu estado normal, tornaram-se positivamente carregados pela perda de um corpúsculo. Na falta do conhecimento exato da natureza e da forma como ocorre a eletricidade positiva no átomo, consideraremos um caso em que a eletricidade positiva é distribuída da forma mais receptiva ao cálculo matemático, ou seja, quando ocorre como uma esfera de densidade uniforme, durante a qual os corpúsculos são distribuídos. A eletricidade positiva atrai os corpúsculos para o centro da esfera, enquanto sua repulsão mútua os afasta dela; quando em equilíbrio eles serão distribuídos de tal forma que a atração da eletrificação positiva é equilibrada pela repulsão dos outros corpúsculos (THOMSON, 1907, p.104-105 – tradução livre).⁶

Com isso, pode-se levantar dados importantes quanto ao Modelo Atômico de Thomson, tais como: o átomo tem formato esférico; a carga elétrica positiva é distribuída uniformemente por toda a extensão esférica do átomo; presença de elétrons (corpúsculos negativos); princípio da neutralidade elétrica; disposição dos elétrons no corpo atômico resultante da atração ao centro da esfera.

⁶ We have seen that corpuscles are always of the same kind whatever may be the nature of the substance from which they originate, this, in conjunction with the fact that their mass is much smaller than that of any known atom, suggests that they are a constituent of all atoms, that, in short, corpuscles are an essential part of the structure of the atoms of the different elements. This consideration makes it important to consider the ways in which groups of corpuscles can arrange themselves so as to be in equilibrium. Since the corpuscles are all negatively electrified, they repel each other, and thus, unless there is some force tending to hold them together, no group in which the distances between the corpuscles is finite can be in equilibrium. As the atoms of the elements in their normal states are electrically neutral, the negative electricity on the corpuscles they contain must be balanced by an equivalent amount of positive electricity; the atoms must, along with the corpuscles, contain positive electricity. The form in which this positive electricity occurs in the atom is at present a matter about which we have very little information. No positively electrified body has yet been found having a mass less than that of an atom of hydrogen. All the positively electrified systems in gases at low pressures seem to be atoms which, neutral in their normal state, have become positively charged by losing a corpuscle. In default of exact knowledge of the nature of the way in which positive electricity occurs in the atom, we shall consider a case in which the positive electricity is distributed in the way most amenable to mathematical calculation, i.e., when it occurs as a sphere of uniform density, throughout which the corpuscles are distributed. The positive electricity attracts the corpuscles to the centre of the sphere, while their mutual repulsion drives them away from it; when in equilibrium they will be distributed in such a way that the attraction of the positive electrification is balanced by the repulsion of the other corpuscles (THOMSON, 1907, p.104-105).

Para Thomson (1907)⁷, havia importância na compreensão do comportamento dos elétrons no corpo esférico, pois, a partir de tal comportamento, seria capaz de explicar as forças envolvidas entre grupos de elétrons na formação de ligações químicas.

A partir desses dados, pode-se sumarizar as características básicas do Modelo Atômico de Thomson, as quais deveriam estar presentes nos modelos elaborados pelos discentes, conforme Quadro 7.

Quadro 7. Características principais para a análise do Modelo Atômico de Thomson

Constituintes	Átomo esférico
	Partícula subatômica de natureza elétrica negativa denominada elétron
Estrutura	Corpo esférico com distribuição uniforme da carga elétrica positiva por toda a extensão da esfera
	Neutralidade elétrica
	Os elétrons são atraídos e distribuídos pelo corpo esférico positivo

Os aspectos acima ressaltados se referem às características essenciais para a compreensão do Modelo Atômico de Thomson tanto na versão transposta quanto para a versão conceitualmente correta. Por isso, tais características são de suma importância para a análise dos modelos elaborados pelos diversos grupos discentes, em diferentes etapas da modelagem.

As características conceituais para análise dos modelos atômicos elaborados e reelaborados pelos discentes foram avaliadas por meio da elaboração de categorias de análise para o Modelo Atômico de Thomson, pois o referencial pesquisado anteriormente não abrangia todo o conjunto de dados analisado (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009).

Segundo França, Marcondes e Carmo (2009, p. 277), as semelhanças ao modelo de Thomson seriam:

[...] as representações de uma única esfera ou figura sem a separação de núcleo e eletrosfera, porém constituída por sinais representativos de cargas positivas (+) e/ou negativas (-) ou mesmo quando o aluno escrevia dentro da figura as palavras prótons, nêutrons e elétrons, algumas vezes representados apenas por p, n e e.

⁷ O Modelo Atômico de Thomson difere do modelo transposto para os livros didáticos de Química em relação ao comportamento eletrônico. Os elétrons não se encontravam estáticos, mas em movimento constante e distribuídos internamente na massa esférica positiva. Tanto que, muitos de seus trabalhos envolveu a investigação da distribuição dos elétrons no interior do átomo. Além dos elétrons estarem em quantidade suficiente para se contrapor a parte positiva do átomo e gerar uma estrutura eletricamente neutra.

Thomson (1917) na proposição de seu modelo efetuou certas escolhas que acabaram por determinar determinadas características de seu modelo. Por exemplo, o formato esférico foi adotado devido ser uma conveniência matemática que ajudaria a propor a distribuição das cargas uniforme da carga positiva.

A categoria anteriormente proposta, não contemplava a abordagem do princípio da neutralidade e suas consequências para a análise dos modelos propostos pelos estudantes nos seus movimentos de elaboração e reelaboração de modelos. Fato que resultou em uma nova categorização para a análise de dados.

As novas categorias de análise do modelo de Thomson emergiram da análise das estruturas pictográficas e discursivas presentes, o que conduziu a um novo conjunto de categorias para reger o processo de aquisição de dados dos modelos elaborados e reelaborados quanto à presença ou não de estruturas subatômicas.

A determinação das categorias foi etapa importante para a análise dos modelos elaborados e reelaborados pelos discentes devido ao modelo de Thomson ter como característica estrutural relevante a neutralidade elétrica. A neutralidade elétrica da estrutura atômica implicou que a simples representação de cargas elétricas negativas com cargas positivas em igual quantidade poderiam resultar em uma estrutura eletricamente neutra.

Porém, não seria possível afirmar que os discentes consideram as cargas negativas como elétrons e, por consequência, como estruturas subatômicas. O fato anteriormente destacado, resultaria em um modelo coerente com as principais características do Modelo de Thomson. Porém, não seria possível afirmar que os discentes perceberam as cargas negativas como elétrons e, por consequência, como estruturas subatômicas. Isto levou à necessidade de adotar o critério de delimitação das cargas elétricas negativas ou a necessidade de inserção de alguma informação discursiva para o reconhecimento da carga negativa como o elétron e, por consequência, como estrutura subatômica. Fato que resultou nos enunciados de 1 a 4.

O raciocínio análogo foi aplicado à análise das cargas elétricas de natureza elétrica positiva, ou seja, a necessidade de delimitação das cargas elétricas positivas ou a necessidade de inserção de alguma informação discursiva para o reconhecimento da carga positiva como partícula subatômica de natureza elétrica positiva, que resultou nos enunciados de 5 a 7.

Quanto à uniformidade da distribuição das cargas elétricas positivas, foi necessário que os discentes dispusessem as cargas elétricas positivas em uma esfera, tal distribuição precisou mostrar algum elemento visual que caracterizasse a distribuição uniforme das cargas.

A implicação do formato esférico para a existência de distribuição uniforme de cargas elétricas de natureza positiva uniforme se relacionou à ideia de Thomson que para os elétrons terem distribuição uniforme de cargas positivas somente seria possível com a adoção de formato esférico, pois seria o único capaz de proporcionar a uniformidade da distribuição das cargas. Isto resultou no enunciado 8.

A fundamentação apresentada resultou nas categorias de análise abaixo apresentados, as quais fundamentaram o processo de análise das representações pictográficas dos diferentes grupos. As categorias de análise propostas foram:

1. A presença do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa foi considerada quando o sinal negativo (-) estivesse acompanhado de uma delimitação circular ou o sinal negativo especificado discursivamente como sendo o elétron.

A necessidade de delimitação implica que o(s) discente(s) reconheçam o elétron como uma partícula subatômica de natureza elétrica negativa.

2. Para considerar o elétron como estrutura subatômica, o elétron precisaria, ao menos, ser representado pelo sinal (-), além da citação discursiva;
3. A representação do sinal (-) é um indicativo de carga de natureza elétrica negativa e, por consequência, não é pré-requisito suficiente para indicar que se trata de uma partícula subatômica;
4. A representação do sinal (-) é um indicativo de carga elétrica de natureza negativa. Caso o sinal (-) esteja acompanhado de algum tipo de informação textual que indique que seja partícula, consequentemente, será considerado uma partícula subatômica;
5. Considerar as cargas positivas como partículas subatômicas de natureza elétrica positiva decorreria do uso do sinal positiva (+) ser acompanhado de uma delimitação circular ou o sinal positivo deveria ser especificado discursivamente como partícula subatômica;
6. A representação do sinal (+) é um indicativo de carga elétrica de natureza positiva. Caso o sinal (+) esteja acompanhado de algum tipo de informação textual que indique que seja partícula, consequentemente, será considerado uma partícula subatômica;
7. A representação do sinal (+) é um indicativo de carga elétrica de natureza positiva e, por consequência, não é pré-requisito suficiente para indicar que se trata de uma partícula subatômica;

8. A distribuição uniforme de cargas elétricas, tanto de natureza elétrica negativa quanto positiva, ocorreria quando estas ocupassem uma região esférica e distribuíssem uniformemente por toda a extensão

A partir das características estruturais e características constituintes do Modelo de Thomson em conjunto com as categorias de análise propostas, efetuou-se a análise dos diversos modelos dos estudantes.

5.3 Análise dos dados coletados por meio do material de aprendizagem para as primeira e segunda etapas

Conforme apresentado, na 1ª aula objetivava-se realizar as duas primeiras etapas do ensino por modelagem:

- **Primeira Etapa:** definição dos objetivos para a construção do modelo. Foram apresentadas informações aos estudantes sobre os experimentos envolvendo a Ampola de *Crookes* a fim de que tivessem dados objetivos sobre os constituintes do átomo e suas principais características.

Efetuiu-se um movimento de retomada do modelo de Dalton e introdução de suas limitações através de aula expositiva e dialogada que remeteu à importância das contribuições dos diversos cientistas e à pouca importância dada pelos livros ao trabalho de Thomson. Durante a aula expositiva e dialogada abordou-se o experimento nos tubos de raios catódicos executado por *Crookes*, a análise dos raios gerados por Thomson e a relação carga/massa do elétron.

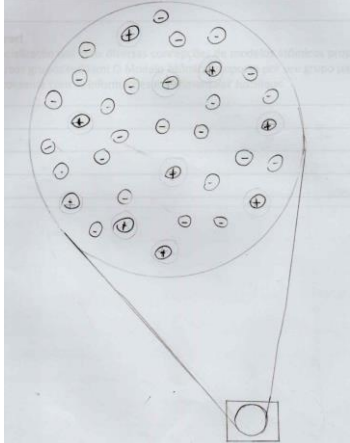
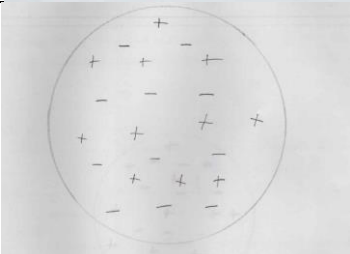
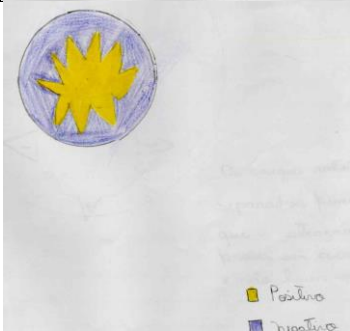
Com isso, levantou-se as informações experimentais necessárias para que os alunos pudessem propor uma hipótese de modelo atômico a partir das evidências, no geral, utilizadas para a construção do Modelo Atômico de Thomson. Assim, o modelo atômico proposto precisaria incorporar a presença de cargas elétricas negativas denominadas elétrons, respeitando o princípio da neutralidade elétrica da matéria, e os elementos e características apresentados no Quadro 7.

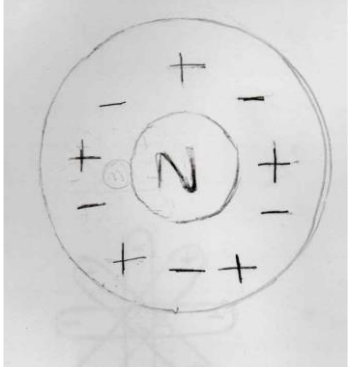
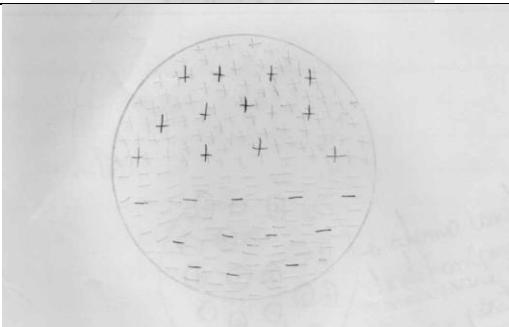
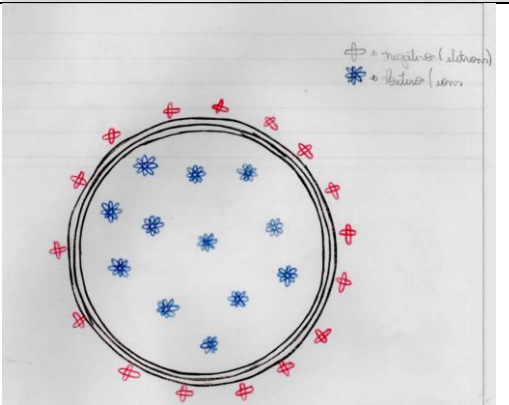
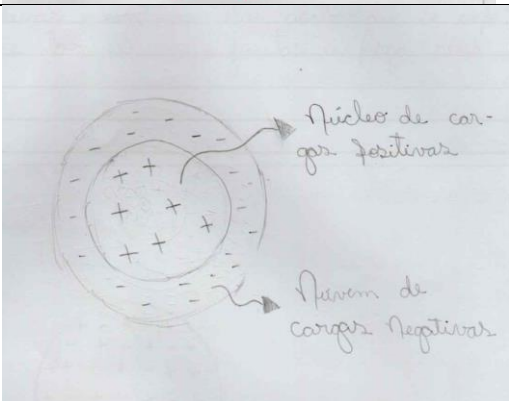
- **Segunda etapa:** representação e socialização do modelo mental. Os estudantes foram divididos em 8 grupos de trabalho com aproximadamente 5 integrantes cada. Os estudantes de cada grupo, de posse das informações fornecidas na primeira etapa, representaram e socializaram dentro do próprio grupo seus modelos mentais com o intuito de chegarem a uma representação consensual que seria exposta para o professor.

Cada grupo deveria, por meio da linguagem discursiva, descrever o modelo mental consensual no material de aprendizagem fornecido. Depois, mediante representação pictográfica, deveriam desenhar o modelo consensual descrito. Nessa etapa foi permitido apenas o uso de lápis de escrever e lápis de cor para sua execução.

No Quadro 8 são apresentados os dados coletados por meio do material de aprendizagem. Para cada grupo são expostas as descrições e as representações propostas pelos estudantes para o Modelo do Atômico de Thomson.

Quadro 8. Modelos concretos elaborados pelos discentes por meios discursivos e pictográficos.

Grupo	Descrição	Representação – 2ª etapa
1	<i>“Nossa forma base para o átomo tem o formato esférico, possuindo elétrons providos de pouca massa onde, as cargas negativas menores que as positivas”.</i>	
2	<i>“Seria um átomo negativo e outro positivo, para o resultado ser neutro. Átomo é uma esfera, contém partículas elétricas e são movidas pela força mecânica”.</i>	
3	<i>“Um átomo único e luminoso com elétrons (pequeno) e carga de eletricidade neutra”.</i>	

Grupo	Descrição	Representação – 2ª etapa
4	“Um átomo é formado de cargas positivas e negativas que geram cargas neutras”.	
5	“Com base nas informações experimentais podemos descrever o átomo como uma esfera, constituída de elétron (pequeno) ou seja de carga elétrica negativa. E também carga elétrica positiva, concluindo um átomo de carga elétrica igual a 0 eletricamente”.	
6	“O átomo é composto de elétrons (carga negativa) e íons (carga positiva).”	
7	“Ele possuiria um núcleo com cargas elétricas positivas, e ao redor uma nuvem de cargas negativas. Seu formato era esférico e extremamente pequeno com cargas elétricas menores ainda. Com a formação maciça e indivisível.”	

Grupo	Descrição	Representação – 2ª etapa
8	“O átomo de Thomson dentro das ampolas refletiam o brilho, desta forma concluiu através de novos experimentos que ele possuía trajetória retilínea, por produzir sombra e, possuía massa de carga elétrica negativa porque afastava o objeto. Assim concluiu-se que tais átomos eram semelhantes a partículas de energia.”	Diagram illustrating the Thomson atomic model. The top part shows three stages of an experiment: 1) A beam of light passing through a tube with a central object, creating a shadow. 2) The object is moved, and the shadow moves with it. 3) The object is moved further, and the shadow moves further. The bottom part shows a circular diagram of an atom with a central positive mass and surrounding negative electrons. Labels include 'Estrutura de um átomo', 'massa positiva', 'Composto de elétrons negativos', and 'Elétrons positivos'.

A partir dos dados do Quadro 8 é possível identificar as principais características dos modelos atômicos propostos por cada um dos grupos de estudantes, bem como a descrição desses modelos a partir da linguagem discursiva. A seguir, são detalhadas as características e análises para cada grupo.

5.3.1 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 1

Como apresentado no Quadro 8, os estudantes do Grupo 1 propuseram um átomo esférico dotado de elétrons (cargas negativas) e cargas positivas. Tanto uma quanto a outra foram delimitadas como partículas discretas distintas e, por consequência, incrustadas em uma esfera neutra, a qual serviu de suporte para a disposição das partículas subatômicas.

Com auxílio do Quadro 8, da descrição do modelo proposto pelos estudantes e da representação pictográfica, é possível destacar algumas ideias dos estudantes quanto aos constituintes presentes no modelo elaborado, como o formato esférico e a presença de elétrons como partícula subatômica de natureza elétrica negativa. O Grupo 1 destacou o fato de os elétrons serem de pequeno tamanho quando comparado a outras partículas de carga positiva também presentes.

Na sequência da análise dos dados, chama à atenção o formato esférico com distribuição não uniforme de cargas elétricas positivas e negativas (elétrons), os quais se encontram distribuídos por todo o corpo esférico. A presença de partículas subatômicas de cargas opostas é observada através da análise pictográfica que

possibilitou efetuar a possível afirmação devido à delimitação das estruturas de natureza elétrica negativa e positiva.

Comparando os constituintes do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7) com os constituintes presentes no modelo proposto pelo Grupo 1, pode-se identificar algumas similaridades e diferenças. Em relação às similaridades, o modelo proposto pelo Grupo 1 apresenta corpo esférico e partículas com cargas opostas (negativas e positivas). Entretanto, são notadas algumas diferenças importantes, tais como: as cargas positivas não estão uniformemente distribuídas na esfera percebida pela sua distribuição irregular pela superfície do átomo elaborado; e há a presença de maior quantidade de cargas negativas em relação às positivas, ou seja, o modelo proposto não apresenta neutralidade elétrica.

A proposição do modelo apresenta falha quanto a seus constituintes, devido à distribuição não uniforme das cargas elétricas positivas no corpo esférico. Esse fato aponta para a aparente desvinculação da ideia de neutralidade elétrica do átomo, em função do predomínio dos elétrons em relação às cargas positivas, o que mostra o predomínio das forças de repulsão dentro da estrutura atômica que foi proposta.

Observe que o modelo de átomo elaborado pelo Grupo 1, com ênfase nos constituintes anteriormente delineados, apresenta características derivadas do átomo de Dalton. O modelo atômico de Dalton, sobejamente, constitui-se em uma esfera sem qualquer tipo de carga elétrica. Assim, os dados apresentados parecem apontar para o fato de que os estudantes utilizam a base do modelo atômico de Dalton, ou seja, uma esfera sem carga, e simplesmente acrescentam as cargas positivas e negativas nesta esfera. Interessante notar que possivelmente as interações entre a esfera neutra e as cargas seriam de natureza meramente mecânica, isto é, não haveria atração de natureza eletrostática envolvida, apenas uma espécie de aderência ou “incrustação”. Isto indica uma possível concepção alternativa que se relaciona a características do modelo de Dalton em detrimento dos demais modelos atômicos nas representações feitas por estudantes (MELO; NETO, 2013).

Com efeito, é possível afirmar que o Grupo 1 mostrou importante esforço no que se refere à compreensão dos objetivos inicialmente delineados pelo professor-moderador. Conforme discutido anteriormente, os estudantes deveriam propor seus modelos necessariamente levando em consideração os dados empíricos envolvidos no experimento com as ampolas de Crookes. Fato que possivelmente mostra a

mobilização das habilidades relacionadas à análise e compreensão da situação-problema para posterior formulação de questionamentos. Tanto que os esforços dos discentes resultaram na proposição de um modelo pictográfico com a presença de vários elementos estruturais e constitutivos característicos do Modelo Atômico de Thomson. O que pode ser considerada uma boa proposta, considerando que se trata da primeira tentativa de modelagem. Porém, nota-se a necessidade de reflexão para o amadurecimento da proposta.

5.3.2 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 2

Como visto no Quadro 8, os discentes do Grupo 2 propuseram um modelo de átomo esférico de cargas elétricas de natureza positivas e negativas dispersas por toda a extensão atômica.

Por meio da descrição do modelo proposto pelos discentes do Grupo 2 com base no Quadro 8, dividiu-se a análise em dois momentos. Primeiro efetuou-se a análise do átomo elaborado quanto aos seus constituintes. Na sequência, foi efetuada a análise dos dados quanto às principais características estruturais. Concomitante a cada um destes momentos, efetuou-se a análise na busca das similaridades e diferenças entre os modelos dos estudantes e o Modelo Atômico de Thomson.

O procedimento para análise dos dados acima descritos também foi adotado para a análise das informações dos átomos elaborados pelos demais grupos discentes.

As principais características constitutivas do átomo elaborado pelo Grupo 2 foram o corpo esférico com distribuição uniforme de cargas elétricas positivas e a presença de cargas elétricas de natureza negativa denominadas de “átomos negativos”.

Note que, ao efetuar-se a análise do modelo do Grupo 2, percebem-se as principais características estruturais do Modelo Atômico de Thomson. Os discentes acertaram quanto à proposição do formato esférico e à presença de cargas elétricas negativas. O principal equívoco discente foi o uso incorreto da terminologia átomos negativos para designar os elétrons.

Na sequência, efetuou-se a análise do átomo do Grupo 2 para o levantamento das principais características estruturais, o que resultou nos seguintes

dados: o formato esférico para a elaboração de seu modelo; aparente distribuição uniforme de cargas elétricas positivas (átomos positivos); percepção da neutralidade elétrica; os átomos negativos se encontravam distribuídos pelo corpo esférico positivo.

Para compreensão da possível uniformidade da distribuição das cargas positivas, o fato é resultante da distribuição alternada de linhas de cargas positivas e negativas.

O possível equívoco do modelo dos estudantes do Grupo 2 residiu na aparente designação incorreta das estruturas subatômicas de natureza elétrica negativa. Os discentes reconheceram as cargas positivas e negativas como estruturas subatômicas, pois, conforme a descrição presente no Quadro 8, efetuou-se o uso do termo partículas. O fato pode ser relacionar ao uso dos termos átomos positivos e átomos negativos, o que indica uma possível identificação das cargas como partículas subatômicas.

As partículas subatômicas de natureza elétricas distintas indicam a possível observação de características do átomo de Dalton em relação aos demais modelos atômicos. A parte esférica do átomo constituiria como um suporte, nos quais teriam as cargas positivas e negativas aderidas (MELO; NETO, 2013)

Um ponto interessante, residiu no fato de os estudantes do Grupo 2 imaginarem a existência de movimento das partículas elétricas devido à existência de alguma força atuante entre elas. Na busca de explicações para o movimento das estruturas subatômicas, ao invés de recorrerem às forças de natureza eletrostática, os discentes associaram às forças de natureza mecânica.

Com efeito, é possível afirmar que o Grupo 2 mostrou importante esforço no que se refere à compreensão dos objetivos inicialmente delineados na Etapa 1. Além da atividade moderadora docente na provocação de questionamentos em relação ao modelo discente.

Segundo Maia e Justi (2009), é esperado que o Ensino Fundamentado em Modelagem auxilie no desenvolvimento de habilidades de análise e compreensão dos problemas propostos com posterior formulação de questionamentos, que resultam ou não na alteração do modelo. O movimento de análise dos discentes partiu da compreensão dos dados empíricos envolvidos no experimento da ampola de Crookes, relação massa/carga do elétron e a neutralidade elétrica. Com base nessa reflexão, os estudantes do Grupo 2 propuseram um modelo adequado para

sua primeira tentativa de modelagem. Fato observado no modelo elaborado devido à presença da maior parte dos elementos estruturais e constitutivos preconizados por Thomson (Quadro 7). Porém, os discentes ainda apresentavam diversas confusões em relação a certas terminologias.

5.3.3 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 3

O Quadro 8 mostra o modelo atômico proposto pelo Grupo 3. Trata-se de um átomo esférico dotado de uma parte central luminosa de carga positiva com seu entorno negativamente carregado.

A análise do modelo do Grupo 3 destacou como características principais dos constituintes atômicos: o átomo de formato esférico; ausência de partículas subatômica tanto de natureza elétrica negativa e positiva; regiões de natureza positiva e negativa.

Na sequência foi efetuada a análise do átomo relacionadas as principais características estruturais do modelo elaborado pelos estudantes do Grupo 3. O modelo se caracterizava pela concentração das cargas elétricas positivas em uma região central, as cargas negativas ocupam o restante do modelo, e o átomo era eletricamente neutro (texto discursivo).

O átomo elaborado pelo Grupo 3 aparenta equívoco quanto à uma das principais características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7), o qual é caracterizado pela distribuição uniforme de cargas positivas por toda a extensão atômica. Outro ponto, trata-se da distribuição das cargas negativas, que ocupam a maior parte da estrutura atômica, o que dificilmente caracteriza visualmente uma estrutura eletricamente neutra. Além da questão associada às forças de repulsão.

No geral, as similaridades entre o Modelo Atômico de Thomson e o modelo do Grupo 3 se resumem ao formato esférico. Com as diferenças sendo marcantes, como, por exemplo, a distribuição não uniforme das cargas positivas e a da emissão de luz pelo átomo. Este último dado parece indicar que o Grupo 3 possivelmente tenha *substancializado* a propriedade macroscópica de emissão de radiação luminosa no tubo de raios catódicos, como havia sido apresentado na parte expositiva da aula, incorporando esse fenômeno à estrutura atômica (MORTIMER, 2000 apud LOPES, 2017).

Maia e Justi (2009) observam que as diversas etapas do Ensino Fundamentado em Modelagem envolvem diversas habilidades investigativas. Para a expressão do modelo em algum modo de representação concreto uma série de habilidades foram mobilizadas. Entre elas, destaca-se a habilidade de usar adequadamente os objetivos delineados na Etapa 1, que partiu do movimento de análise e compreensão dos dados empíricos envolvidos no experimento da ampola de Crookes, relação massa/carga do elétron e neutralidade elétrica.

O modelo elaborado pelo Grupo 3 mostrou a substancialização de uma propriedade macroscópica e ausência dos principais constituintes e sua organização estrutural. Isto leva a supor que houve dificuldades dos estudantes na construção de seu modelo mental e, por consequência, do modelo concreto, devido à provável não compreensão dos objetivos anteriormente delineados na Etapa 1.

Como citado anteriormente, a incompreensão dos objetivos conduziu a dificuldades de análise e compreensão dos problemas e, consequente dificuldades de questionamentos da própria prática. Fato que, possivelmente, levou os discentes do Grupo 3 a representarem um modelo inadequado em relação às principais características constituintes e estruturais do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.3.4 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 4

Conforme apresentado no Quadro 8, os discentes do Grupo 4 apresentaram uma ideia inusitada para o Modelo Atômico de Thomson. Segundo o grupo, o átomo seria esférico com as cargas elétricas negativas e positivas dispostas alternadamente sobre a superfície, o que resultaria em uma região central ou nuclear de formato esférico de carga elétrica nula.

Com base na análise do Quadro 8, é possível identificar os principais constituintes atômicos: o formato esférico para o átomo, o qual tem na sua região interna uma esfera concêntrica de carga elétrica nula e a presença de cargas elétricas de natureza negativa e positiva.

As cargas elétricas positivas e negativas observadas no modelo elaborado pelo Grupo 4 não permitem afirmar serem partículas subatômicas, em função da não delimitação das cargas por algum tipo de estrutura pictográfica. A delimitação da carga negativa é elemento importante, pois ajuda a compreender se os estudantes

consideraram a presença do elétron como partículas subatômica no modelo elaborado. A simples indicação de cargas positivas e negativas alternadamente, indica uma aparente tentativa de explicar a neutralidade elétrica da estrutura proposta.

Observe que o modelo elaborado pelos estudantes do Grupo 4 não pressupõe a existência do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa, mas considera a necessidade de cargas negativas em equilíbrio com as cargas positivas para a construção do modelo eletricamente neutro. Uma ideia acertada neste ponto.

Conforme o modelo do Grupo 4, a possível disposição das cargas elétricas de natureza positiva e negativa na superfície esférica resultam na formação de uma região concêntrica de carga neutra.

As principais características estruturais do átomo elaborado, possíveis de serem observadas foram o formato esférico com distribuição uniforme de cargas elétricas de natureza elétrica distintas na superfície atômica, neutralidade elétrica, cargas elétricas negativas distribuídas uniformemente.

A distribuição uniforme de cargas negativas e positivas é percebida pela distribuição alternada das cargas na superfície esférica do átomo elaborado pelo Grupo 4.

Os estudantes do Grupo 4 demonstraram a possível compreensão que as características estruturais seriam de suma importância para a proposição de uma estrutura eletricamente neutra. Tal fato originou uma proposta de estrutura eletricamente neutra pela distribuição uniforme de cargas elétricas de natureza distintas na superfície atômica, o que derivou em uma estrutura eletricamente neutra

O átomo elaborado pelo Grupo 4 tem também uma região central neutra simbolizado pela letra maiúscula N. A região teve aparente origem por meio da interação eletrostática entre as cargas positivas e negativas que foram suficientes para resultarem em uma região central de carga elétrica nula.

Note que o Grupo 4 apresentou a dificuldade de percepção do elétron como partícula subatômica, o que indica uma possível concepção alternativa relacionada à dificuldade de representação das estruturas atômicas em suas diversas partes (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009).

De acordo com as principais características constituintes e estruturais do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7), o modelo elaborado pelo Grupo 4 indicou

um possível caminho para a compreensão dos dados empíricos anteriormente delineados no experimento de *Crookes* e à neutralidade elétrica. Como, por exemplo, às características estruturais, os estudantes buscaram uma possível explicação para neutralidade elétrica da estrutura atômica proposta, o que foi efetuado pela distribuição de cargas elétricas de natureza distintas em igual quantidade na superfície.

Segundo Maia e Justi (2009), as habilidades envolvidas na construção do modelo concreto parte da compreensão adequada dos objetivos, o que conduz o grupo a entender o problema proposto e, por consequência, à formulação dos questionamentos necessários para a elaboração do modelo concreto. Os objetivos estabelecidos, conforme já apresentado, para a elaboração do modelo foram os dados empíricos do experimento da Ampola de *Crookes*, relação carga/massa do elétron e a neutralidade elétrica da estrutura atômica. O Grupo 4 denotou esforço no entendimento dos objetivos iniciais, porém, resultou no cumprimento de parte dos objetivos delineados. Uma característica abordada com sucesso, mas de modo equivocado, foi a explanação da neutralidade elétrica da estrutura atômica por eles elaborada, o que originou boa proposta que atendeu parte das características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.3.5 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 5

O Grupo 5, conforme o Quadro 8, propôs um átomo esférico dotado de elétrons (cargas negativas) situado no hemisfério inferior e as cargas positivas situadas no hemisfério superior em quantidade suficiente para promoção da neutralidade elétrica do átomo.

Conforme análise dos dados do Quadro 8, no modelo elaborado pelo Grupo 5 pode-se observar: o formato esférico; a presença do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa.

Comparando o modelo do Grupo 5 com as principais características dos constituintes do átomo de Thomson (Quadro 7) é possível identificar uma maior aproximação quanto ao formato esférico e à presença do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa. Por sua vez, o modelo apresenta como principais características estruturais: distribuição não uniforme de cargas elétricas

positivas e negativas, neutralidade elétrica, e elétrons distribuídos e concentrados em um dos hemisférios do corpo esférico.

O modelo elaborado prevê na sua estrutura a neutralidade elétrica, o que é percebido pela igualdade de cargas elétricas positivas e negativas. Fato corroborado pelas informações discursivas também presentes no Quadro 8.

Interessante observar que o modelo discente não associa a proximidade de cargas elétricas de mesma natureza elétrica à existência de forças de repulsão. Tanto que se observa o acúmulo de cargas elétricas de mesma natureza elétrica em cada um dos hemisférios. Quanto à carga positiva, não é possível afirmar que esta se comporte como corpúsculos de natureza discreta ou dispersas por todo o corpo atômico devido à ausência de informações textuais ou pictográficas que indicassem o fato.

O modelo do Grupo 5 indica possíveis respostas para alguns questionamentos, como a neutralidade elétrica do átomo e a presença dos elétrons responsáveis pelos raios catódicos. Porém, o modelo aparenta contradições, tal como o fato de os elétrons se encontrarem no mesmo hemisfério, o que implicaria em forças de repulsão e resultaria em instabilidade atômica.

Conforme observações de Maia e Justi (2009), quanto às habilidades investigativas envolvidas, é possível notar que os estudantes do Grupo 5 empreenderam habilidades de análise e compreensão dos objetivos anteriormente delineados, os quais se baseavam nos resultados empíricos da Ampola de Crookes, a relação massa/carga do elétron e a neutralidade elétrica, que levaram a questionamentos e, por consequência, a formulação de indagações que conduziram a construção de um modelo mais próximo das principais características do átomo de Thomson (Quadro 7). Isto também é um possível indicador de que os estudantes tiveram uma aparente compreensão dos objetivos definidos e delineados na Etapa 1.

5.3.6 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 6

Conforme análise do Quadro 8, os alunos do Grupo 6 apresentaram um modelo de átomo esférico dotado de cargas elétricas positivas e negativas em regiões distintas. Na parte superficial da esfera se encontrava a parte negativa resultante da presença de elétrons, com a parte interna dotada de partículas

discretas de carga positiva denominada íons, os quais se encontravam em menor quantidade que as cargas negativas.

Conforme análise do modelo do Grupo 6 com base no Quadro 8, o modelo de átomo elaborado tem como principais características constituintes: o formato esférico, a presença de elétrons como partículas negativas e íons de carga positiva.

Os elétrons (negativos) e os íons (positivos) são visualizados como partículas subatômicas nessa representação de modelo, pois os estudantes do Grupo 6, ao efetuarem a representação pictográfica, atentaram-se para a necessidade de distinção das estruturas pela proposição de uma representação pictográfica diferenciada, que culminou na inserção de legendas para designação de cada uma das estruturas.

Dando sequência à análise dos dados do Quadro 8, o modelo elaborado pelo Grupo 6 tem como principais características estruturais: o formato esférico com aparente distribuição interna e uniforme dos íons (cargas elétricas positivas); elétrons (carga elétricas negativas) distribuídos uniformemente pela superfície esférica; e a não neutralidade elétrica da estrutura atômica.

Observe que o átomo elaborado pelos discentes do Grupo 6 não aborda adequadamente o princípio da neutralidade elétrica, em função do número desigual de elétrons (-) e íons (+), segundo nomenclatura utilizada pelos próprios estudantes.

Segundo Maia e Justi (2009), a análise de dados empreendida com base nas habilidades envolvidas, percebe-se que o Grupo 6 mostrou uma adequada percepção dos objetivos definidos anteriormente, os quais têm como pressupostos os resultados empíricos da Ampola de Crookes, relação massa/carga do elétron e a neutralidade elétrica, por consequência, formularam suas hipóteses e questionamentos, que resultou em um modelo com características próximas das características estruturais e constitutivas previstas para do modelo de Thomson. Uma boa proposta para um primeiro movimento de modelagem, porém os estudantes ainda precisam refletir sobre o modelo elaborado para a adequação de sua proposta à neutralidade elétrica.

5.3.7 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 7

De acordo com o Quadro 8, o Grupo 7 propôs um modelo de átomo constituído de duas regiões distintas. Uma região central esférica e carregada positivamente rodeada por uma nuvem circular de cargas negativas.

A partir do Quadro 8, o modelo elaborado pelo Grupo 7 evidencia como possíveis características constitutivas o corpo constituído de duas regiões distintas. Uma região central ou nuclear de formato esférico e de pequenas dimensões, e uma nuvem esférica de cargas negativas que a envolve.

O modelo elaborado pelos discentes do Grupo 7 indicou possíveis dificuldades de perceberem o elétron como partículas subatômicas de natureza elétrica negativa (Roteiro para Análise do Modelo de Thomson). Além do átomo elaborado pelo grupo não supôs o formato esférico para seu modelo.

A análise estrutural do modelo elaborado pelo Grupo 7 levou ao levantamento das seguintes características: uma região central esférica com distribuição aparentemente uniforme de carga elétrica positiva; as cargas elétricas negativas dispersas ao redor da esfera positiva na forma de uma nuvem esférica concêntrica; não neutralidade elétrica da estrutura atômica.

Conforme análise do Modelo Atômico de Thomson empreendida com base no Quadro 7, o modelo de átomo elaborado pelos discentes do Grupo 7, em relação às principais características estruturais, não consideraram a necessidade da neutralidade elétrica da estrutura atômica. Fato observado pelas cargas elétricas positivas e negativas se encontrarem em quantidades diferentes na representação pictográfica. Além disso, há dispersão das cargas negativas na forma de nuvem ao redor da região esférica positiva, ao invés de estarem atraídas e distribuídas ao longo do corpo esférico positivo.

Segundo Maia e Justi (2009), a análise dos dados empreendida com base nas habilidades investigativas envolvidas, apesar do modelo inusitado, percebe-se a tentativa do Grupo 7 em se ater aos objetivos definidos para a elaboração do modelo, os quais tinham como pressupostos os resultados do empírico da Ampola de Crookes. Tanto que, provavelmente, os discentes envolveram suas habilidades de análise e compreensão do problema proposto para a formulação de questionamentos, que resultou no modelo expresso equivocadamente, mas rico em características que esboçam uma tentativa de explicar a realidade modelada em

relação à formação dos raios catódicos pela aparente inserção de uma nuvem de cargas negativas. Tal fato seria uma explicação aceitável para explicar a formação dos raios catódicos. Um modelo equivocando quanto às principais características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7), porém um movimento de modelagem interessante considerado os principais elementos estruturais.

5.3.8 Análise do modelo elaborado pelo Grupo 8

Os dados do Quadro 8 permitiram identificar as principais características do átomo do Grupo 8, tais como: um modelo de átomo esférico de massa positiva com os elétrons carregados negativamente espalhados por toda superfície da estrutura esférica.

Os dados obtidos Quadro 8 indicam o possível esforço do Grupo 8 em associar as informações experimentais à construção do modelo. Isso pode ter levado os discentes a uma proposição próxima do Modelo Atômico de Thomson. Tal fato é percebido quando o modelo é analisado quanto a suas características constitutivas. Observe que o átomo elaborado pelos discentes do Grupo 8 apresenta uma estrutura esférica e a existência de elétrons.

Dando continuidade à análise, com base nos parâmetros definidos no Quadro 7 é possível observar as principais características estruturais no modelo elaborado do Grupo 8, como: distribuição das cargas elétricas de natureza positivas distribuídas por toda a superfície esférica; presença dos elétrons distribuídos pela superfície esférica do átomo elaborado. Todavia, a neutralidade elétrica do modelo proposto não é possível de ser observada, pois não há menção à neutralidade elétrica da estrutura atômica tanto por meios pictográficos como por meio da linguagem discursiva.

No Quadro 8 um possível equívoco é observado no modelo elaborado pelo Grupo 8. A aparente inadequação residiu que o Modelo Atômico de Thomson, na concepção discente, refletia luz, ou seja, os estudantes não associaram os efeitos luminosos da Ampola de Crookes à emissão de elétrons pelo átomo, mas associaram a luminosidade observada experimentalmente a uma propriedade inerente ao próprio átomo, o que envolveu a provável substancialização da propriedade luminosa pelo grupo discente (MORTIMER, 2000 apud LOPES, 2017).

Observe que as habilidades investigativas envolvidas nesta etapa, previstas por Maia e Justi (2009), mostram a análise da situação-problema e a formulação de questões que conduziram à compreensão da entidade a ser modelada, ou seja, o entendimento dos resultados empíricos da ampola de *Crookes*, relação massa/carga do elétron e a neutralidade elétrica. Tanto que os discentes do Grupo 8 efetuaram um bom movimento de elaboração que resultou em um modelo coerente com as principais características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7), o que procedeu em uma representação pictográfica adequada para um primeiro movimento de modelagem.

5.3.9 Análise global da Etapa 2

Os diversos grupos mostraram aparentes esforços na construção de modelos mentais na tentativa de tornar explícito o que se encontrava implícito no campo das ideias, ou seja, mostraram suas ideias concretas em relação ao modelo atômico de Thomson de acordo com o conjunto de evidências experimentais ofertadas inicialmente na aula (VOSNIADOU, 2002).

As análises dos modelos inicialmente elaborados pelos grupos de estudantes forneceram inúmeras informações em relação características estruturais básicas comuns dos modelos atômicos elaborados e no que se refere às possíveis concepções alternativas.

Em relação a forma, duas descrições foram as mais frequentes. O formato esférico foi a forma majoritária apresentada pelos Grupos 1, 2, 3, 5, 6 e 8. Os Grupos 4 e 7 foram dissonantes devido à apresentação de um modelo constituído de duas regiões distintas: uma região periférica de constituição diversa da região central ou nuclear.

Outro dado relevante foi a admissão do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa, apenas três grupos o apontaram como partícula discreta: Grupo 1, Grupo 5 e Grupo 8. No entanto, os Grupos 2, 3, 4, 6 e 7 propuseram a existência de cargas elétricas de natureza elétrica negativa.

O estudo empreendido sobre a neutralidade elétrica dos modelos atômicos elaborados pelos grupos discentes, mostraram modelos em que é possível a admissão da neutralidade elétrica, como os casos dos Grupos 2, 3, 4, 5 e 6. Em

outros grupos, porém, essa informação não aparece implícita ou explícita seja textual ou pictograficamente, como foram as proposições dos Grupos 1, 7 e 8.

Os Grupos 3 e 8 mostraram, ainda, possível substancialização dos efeitos luminosos. O Grupo 3 substancializou a propriedade macroscópica de formação dos raios catódicos pela atribuição da capacidade de geração de luz a uma região específica do átomo. Já o Grupo 8 associou a propriedade macroscópica de formação dos raios luminosos à reflexão da luz pelo átomo (MORTIMER, 2000 apud LOPES, 2017).

Os grupos de estudantes apresentaram, em diversos momentos, concepções alternativas relacionadas às dificuldades de representação das diferentes estruturas atômicas por meios pictográficos. Tal concepção alternativa foi observada nos Grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009).

No entanto, os grupos 1, 2 e 6 indicaram possível concepção alternativa relacionada à tendência de características originárias do modelo atômico de Dalton em relação aos demais modelos atômicos em suas proposições (MELO; NETO, 2013).

Os Grupos 1, 2, 4, 5, 6, 7 e 8 aparentam à compreensão adequada dos objetivos definidos no início do processo de modelagem como material de partida para análise e compreensão da situação. Fato que provavelmente conduziu os discentes a questionamentos e tomada de experiências com o alvo a ser modelado.

Interessante que os grupos 1, 2, 3, 5, 6 e 8 tomou como base para a construção do modelo a ideia de um átomo esférico. Acredita-se que esta escolha seja um possível tipo de movimento analógico que remete ao modelo de Dalton e, por isso, a expressão da maior parte dos modelos expressos dos estudantes assumir a concepção estrutural esférica como forma majoritária.

O Grupo 3 mostrou possíveis dificuldades quanto à compreensão dos objetivos definidos na Etapa 1. Fato que resultou no modelo elaborado com substancialização da propriedade macroscópica luz e ausência das principais características constitutivas e estruturais esperadas para o modelo de Thomson (MORTIMER, 2000 apud LOPES, 2017).

Por fim, a partir dos dados empíricos e das análises apresentados nas seções anteriores, é possível afirmar que, para um primeiro movimento de modelagem, os discentes dos diversos grupos mostraram esforços para a construção de um modelo adequado aos objetivos delineados no início da atividade.

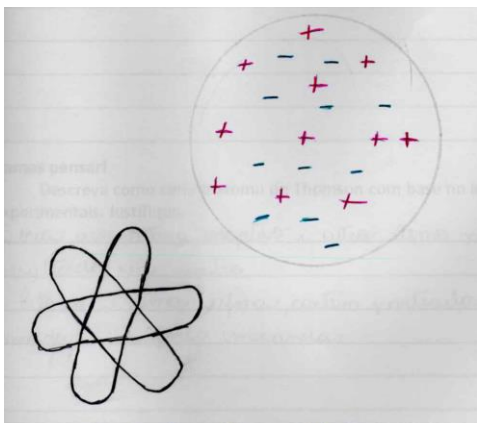
5.4 Análise dos dados coletados por meio do material de aprendizagem para as terceira e quarta etapas

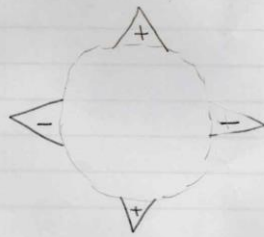
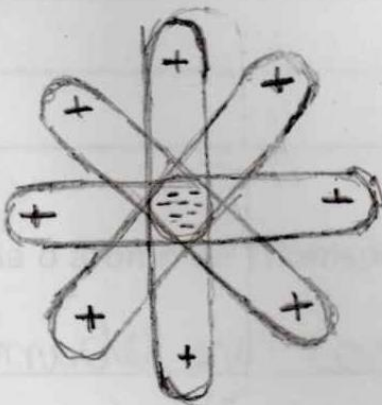
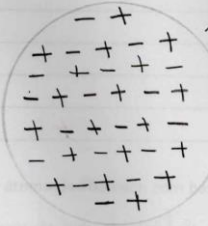
Conforme apresentado, na 2ª aula da UDM, objetivava-se realizar as duas últimas etapas do Ensino Fundamentado por Modelagem. Em um primeiro instante, executou-se a Terceira Etapa, a qual desempenha um papel importante dentro dessa abordagem para o ensino.

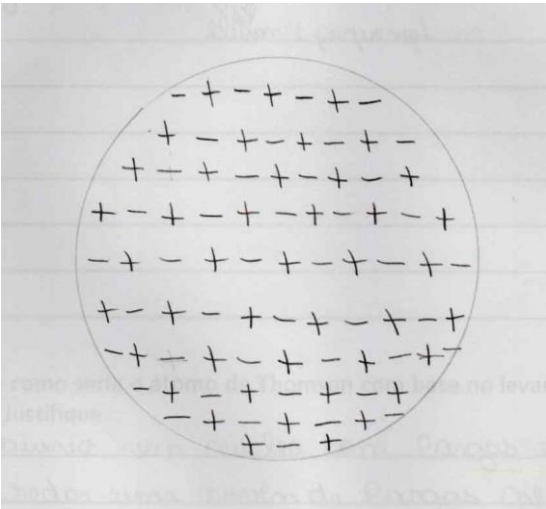
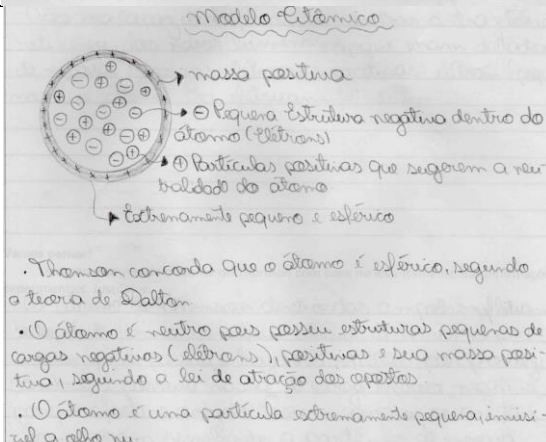
- **Terceira etapa:** refere-se ao teste e reformulação dos modelos dentro dos grupos de estudantes através de experimentos mentais ou empíricos. Isto é efetuado com o intuito de buscar as possíveis incoerências e permitir aos estudantes a oportunidade de reformulação dos seus modelos, retomando as etapas anteriores quando necessário.

No Quadro 9 são apresentados os dados coletados por meio do material de aprendizagem. Para cada grupo são apresentadas as reflexões e as respectivas reelaborações quanto às ideias iniciais do Modelo Atômico de Thomson proposto pelos estudantes.

Quadro 9. Modelos concretos elaborados pelos discentes por meios discursivos e pictográficos após o processo de reelaboração das concepções iniciais.

Grupo	Propostas de ajustes ou modificações	Representação – 3ª etapa
1	Não foram propostas alterações pelos discentes.	Não foram propostas alterações pelos discentes.
2	“Não, precisa ser feito o elétron”.	

Grupo	Propostas de ajustes ou modificações	Representação – 3ª etapa
3	“Não está coerente, pois há carga que repulsão atração. Não pode ter as cargas positivas e negativas juntas se não dá repulsão”.	 As cargas estão separadas para que a atração possa ser coerente e não haver repulsão
4	“Não, as cargas devem ser apenas negativas e positivas”.	
5	“Não é coerente com os resultados experimentais por Thomson. É preciso ser mudado as cargas elétricas, misturando as cargas positivas e negativas”.	 → Átomos constituídos de cargas elétricas positivas e negativas (figura específica conforme o modelo Thomson)
6	“O formato do modelo atômico é esférico, onde há carga positiva em grande quantidade e pouca carga negativa”.	Não foram propostas alterações pelos discentes.

Grupo	Propostas de ajustes ou modificações	Representação – 3ª etapa
7	“Sim, porém o modo como organizamos e separaram as cargas positivas e negativas elas acabariam se expelindo , então se elas estivessem juntas a força seria nula”	
8	“O modelo inicial passa uma ideia equivocada, portanto precisa ser mais claro e realista, a representação das estruturas do átomo”.	

5.4.1 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 1

O grupo 1 não promoveu movimento de reflexão e tão pouco a reelaboração do próprio modelo, o que justificou a permanência das concepções anteriormente apresentadas.

5.4.2 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 2

Os estudantes do Grupo 2, quando questionados quanto à coerência de seu modelo anteriormente proposto, notaram e apontaram a necessidade de elétrons. Tal observação provavelmente resultou em um movimento de reelaboração de seu modelo com vistas à inserção do elétron.

As propostas de ajustes ou modificações do modelo reelaborado pelos estudantes do Grupo 2 resultaram na representação pictográfica evidenciada no

Quadro 9. O modelo reelaborado é caracterizado pelo formato esférico com alternância de cargas elétricas positivas e negativas distribuídas pela estrutura atômica.

Na sequência, com auxílio do Quadro 9, efetuou-se à análise do modelo dos discentes do Grupo 2 em dois momentos distintos. No primeiro instante analisou-se as principais características constitutivas do modelo reelaborado. Subsequentemente, levantaram-se as principais características estruturais do modelo do Grupo 2. Concomitante à obtenção dos dados, efetuou-se análises entre as principais características do modelo reelaborado pelo Grupo 2 e o Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7) para apontamentos das principais semelhanças e diferenças.

O procedimento para análise dos dados acima descritos também foi adotado para a análise das informações dos átomos reelaborados pelos demais grupos discentes.

Com base nos dados do Quadro 9, foi possível perceber as seguintes características quanto aos constituintes do modelo reelaborado pelos estudantes do Grupo 2: átomo com formato esférico e presença dos elétrons como partícula subatômica. Quanto às características dos principais elementos estruturais observados: o átomo reelaborado é uma esfera com distribuição uniforme de cargas positivas; elétrons atraídos e distribuídos pelo corpo esférico positivo; neutralidade elétrica da estrutura atômica.

O modelo reelaborado pelo Grupo 2 mostrou uma aparente proximidade com o Modelo Atômico de Thomson devido às principais características constituintes e estruturais estarem presentes. Por exemplo: o formato esférico; a presença do elétron como partícula subatômica de natureza negativa, fato indicado pela citação discursiva e uma representação pictográfica feita ao lado do átomo reelaborado (Quadro 9); a ideia da neutralidade elétrica presente na distribuição de elétrons de cargas positivas em igual quantidade.

Conforme dos dados presentes no Quadro 8 e Quadro 9, é possível um levantamento quanto às mudanças conceituais do modelo elaborado para o modelo reelaborado. O modelo reelaborado do átomo do Grupo 2 mostrou uma aparente evolução em relação ao modelo elaborado na Etapa 2. Afinal, os estudantes aparentemente não mais confundem átomos como partículas discretas de natureza

elétrica distintas; uso do termo adequado para denominação do elétron e sua percepção como partícula subatômica.

Conforme Maia e Justi (2009), pode-se compreender que a experimentação mental, empreendida por meio de questionamento docente quanto à presença do elétron, foi um dos possíveis catalisadores que podem explicar a possível evolução conceitual em relação a hipótese anteriormente apresentada pelos estudantes do Grupo 2.

Os questionamentos promovidos pela ação docente tinham como intencionalidade proporcionar ao grupo discente momentos de reflexão e, conseqüente, formulação de novas hipóteses, o que os conduziu a uma possível reanálise e reinterpretação do próprio modelo por meio da socialização dos conhecimentos dentro do próprio grupo e, por consequência, levou a um processo de pensar nas implicações destes dados no modelo, o que provavelmente conduziu-os a um novo caminho. Este, muito mais próximo das características estruturais e constituintes do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.4.3 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 3

A partir da análise das informações contidas no Quadro 9, identifica-se que os estudantes aceitaram que seu modelo anteriormente elaborado estava incoerente. Segundo os estudantes, as cargas positivas e negativas juntas resultariam em forças de repulsão, ou seja, tornava-se necessário o distanciamento das cargas elétricas de natureza positiva e negativa.

A reflexão levou o grupo discente a um novo caminho, que os conduziu à necessidade de distanciamento das cargas elétricas positivas e negativas para acomodação das forças de repulsão. A discordância em relação ao modelo inicial (Quadro 8) e a reflexão anterior levaram os estudantes do Grupo 3 à reelaboração de um novo modelo atômico (Quadro 9) com formato esférico com quatro cristas dispostas a 90° uma da outra com as cargas positivas e negativas se alternando nas cristas. Estas teriam alternância de cargas elétricas negativas e positivas. O corpo esférico em que essas cristas se encontravam aderidas seria, aparentemente, de carga neutra.

Conforme análise dos dados do Quadro 9, é possível a extração de algumas informações em relação às principais características constituintes do modelo

reelaborado, tais como: corpo esférico, duas cristas carregadas positivamente e outras duas carregadas negativamente. Quanto às principais características estruturais se notam: o átomo é um corpo esférico neutro; estrutura eletricamente neutra; cristas aparentam serem constituintes subatômicos de natureza elétrica negativa e positiva, as quais estariam dispostas alternadamente a 90° uma das outras.

Interessante é que o Grupo 3 mostrou o abandono da substancialização do fenômeno macroscópico luz. Tanto que o modelo reelaborado não possui mais uma região atômica luminosa.

Outro elemento fascinante proposto no modelo atômico dos estudantes do Grupo 3 são as cristas, as quais se comportam como estruturas dotadas de cargas elétricas de natureza elétrica positiva e negativa e, conseqüentemente, responsáveis pela neutralidade elétrica da estrutura atômica.

Pode se afirmar que as cristas também são estruturas subatômicas de natureza elétrica tanto negativa quanto positiva devido ao átomo apresentar características derivadas do átomo de Dalton, tal como: corpo esférico neutro. A característica citada mostra que os estudantes utilizam como base o modelo atômico de Dalton e, por conseqüência, apenas inseriram as cristas positivas e negativas na esfera do átomo reelaborado para adequação das características anteriormente delineadas na Etapa 1.

Comparando os dados do modelo elaborado pelo Grupo 3 presentes no Quadro 8 com os dados da atual análise provenientes do Quadro 9, é possível destacar que os modelos elaborado e reelaborado são semelhantes apenas quanto à proposição do formato esférico. O primeiro modelo demonstrou a substancialização do fenômeno macroscópico luz, pois atribuiu este efeito à parte positiva do átomo. O átomo era esférico com as regiões negativas provavelmente nos polos e o restante do átomo seria constituído de material positivo. Observou-se a inexistência de partículas subatômicas de qualquer natureza. Ao passo que, o segundo modelo tem a percepção da presença de partículas subatômicas de natureza elétrica negativa e propõe a existência de outra partícula subatômica de natureza elétrica positiva para a construção de um modelo eletricamente neutro. Observa-se uma possível evolução em relação ao modelo anterior, pois os discentes do Grupo 3 destacaram a existência de partículas subatômicas de naturezas

elétricas distintas para explicar a neutralidade elétrica do sistema. Um problema conceitual que envolveu a busca de soluções pelos discentes.

Segundo Maia e Justi (2009), o processo de experimentação mental é uma habilidade investigativa que auxilia os estudantes no ato de repensar suas concepções iniciais. A experimentação mental do modelo elaborado pelo Grupo 3 envolveu questionamentos relacionados à repulsão entre as cargas de mesma natureza elétrica, a existência de partículas subatômicas e se o átomo teria alguma região emissora de luz. Provavelmente, esse processo os conduziu à elaboração de indagações hipotéticas e a um movimento de reinterpretação dos dados com a observação dos resultados e suas implicações. Com isso, o Grupo 3 propôs um novo modelo para o átomo, que apontam para a melhor compreensão dos objetivos anteriormente delineados na Etapa 1. Tanto que, integraram melhor os dados e ideias na expressão de um novo modelo. Porém, o modelo reelaborado se mostra ainda distante das principais características constituintes e estruturais do modelo de proposto por Thomson (Quadro 7).

5.4.4 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 4

Com a análise dos dados presentes no Quadro 9, o Grupo 4, por meio de questionamentos promovidos pelo docente, encontrou incoerências no modelo atômico anteriormente proposto. Os discentes, quando questionados, relataram apenas a necessidade de carga elétricas de natureza negativas e positivas.

O fato elencado no Quadro 9, que destacava as propostas de ajuste ou modificações, resultou no movimento de reelaboração do modelo elaborado pelos discentes do Grupo 4, o qual resultou em um modelo do átomo constituído de duas regiões distintas: uma região esférica de pequeno porte dotado de cargas negativas e outra região com as cargas positivas aparentemente ao redor, a qual era capaz de suportar duas cargas elétricas positivas.

Com a análise dos dados do Quadro 9, as principais características dos constituintes do novo modelo são: uma região esférica ou nuclear de carga negativa; cargas elétricas de natureza distintas. Quanto às principais características estruturais são possíveis de se observar: que o modelo reelaborado é constituído de duas regiões distintas, uma região nuclear esférica de carga negativa, a qual se encontrava envolvida por cargas positivas em aparente movimento ao seu redor;

distribuição não uniforme tanto das cargas elétricas de natureza negativa e positiva; cargas negativas concentradas em uma pequena região central; estrutura eletricamente neutra.

Observe que o átomo reelaborado do Grupo 4 mostra a tentativa de inserção de estruturas distintas para acomodação das cargas elétricas de diferentes naturezas. Além de pensar a forma de associação dessas estruturas para a construção de um modelo atômico que condissesse com a neutralidade elétrica. Note que a quantidade de cargas positivas e negativas é igual. Além do fato de as cargas positivas se encontrarem em lados opostos da órbita, o que indica a possível preocupação com as forças de repulsão entre as cargas de mesmo sinal. No entanto, não é possível confirmar a existência de cargas elétricas discretas de natureza negativa através da representação pictográfica e discursiva presentes no Quadro 9.

Comparando o átomo elaborado e reelaborado dos estudantes do Grupo 4, o qual se encontram presentes nos Quadro 8 e Quadro 9, nota-se o abandono do formato esférico com alternância de cargas positivas e negativas dispersas na superfície, para geração de uma região neutra no interior do átomo, em direção a um modelo que aparenta semelhança ao sistema planetário, porém atento à questão da neutralidade elétrica.

O átomo proposto pelos alunos do Grupo 4 mostra um possível distanciamento do modelo atômico proposto por Thomson (Quadro 7) em relação a uma das principais características: a presença do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa; além ausência do formato esférico com distribuição uniforme de cargas positivas, no qual haveria a presença de elétrons de modo a contrabalancear as cargas e resultar em uma estrutura eletricamente neutra.

O átomo reelaborado pelos discentes do Grupo 4 pressupõe a neutralidade elétrica. Fato percebido pela igual distribuição de cargas positivas e negativas na estrutura atômica. Porém, é necessário enfatizar que o modelo dos discentes não explica o problema anteriormente levantado quanto à proposição dos elétrons como partículas subatômicas de natureza elétrica negativa.

Segundo Maia e Justi (2009), a etapa de experimentação mental requer, dos estudantes, habilidades de elaboração de questões hipotéticas que envolvam a análise e a interpretação dos dados. Essa etapa se efetuou com o auxílio docente

por meio de sua ação moderadora, indagando-os sobre se existência de uma região central de carga nula seria coerente com o Modelo Atômico de Thomson.

O questionamento resultou no modelo reelaborado do Grupo 4, o qual se caracterizou como um aparente movimento de elaboração de questões hipotéticas em relação à própria prática, que, através de possíveis análises e interpretação dos dados, permitiu aos discentes proporem um novo modelo atômico, que considerasse a existência de cargas elétricas de natureza distintas e contemplasse a neutralidade elétrica do átomo.

Uma proposta interessante de reelaboração de modelo, que forneceu resposta à questão da neutralidade elétrica, porém as características constituintes e estruturais estiveram distantes das principais do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.4.5 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 5

De acordo com a análise do Quadro 9, observou-se que o Grupo 5 concordou quanto à incoerência do modelo elaborado inicialmente, o qual concentrava as cargas positivas e negativas em hemisférios distintos. Tanto que os discentes afirmaram que seria necessária a “mistura” de cargas de natureza elétrica positiva e negativa.

A reflexão proporcionada pelo momento de ajuste e reflexão descrito no Quadro 9, permitiu ao Grupo 5 a reelaboração de seu modelo, o qual teria a manutenção do formato esférico do átomo com alternância de posição entre as cargas elétricas positivas e negativas.

Conforme os dados do Quadro 9, identifica-se que as principais características dos constituintes: formato esférico e cargas elétricas de natureza distinta. Quanto às principais características estruturais possíveis de serem observadas destaca-se: estrutura esférica; distribuição uniforme de cargas positivas e negativas; neutralidade elétrica da estrutura reelaborada.

O modelo reelaborado pelo Grupo 5 é uma proposta aparentemente mais adequada ao Modelo Atômico de Thomson, porém com os dados disponíveis não é possível afirmar que o átomo é dotado de cargas elétricas discretas de natureza distintas e, por consequência, possíveis de serem separadas do todo esférico ou se

o corpo esférico do átomo é uma massa homogênea de cargas elétricas de natureza elétrica positiva e negativa distribuídas uniformemente por toda a extensão.

O modelo reelaborado pelo Grupo 5 também observou a necessidade da neutralidade elétrica da estrutura atômica por eles construída, a qual foi destacada pela igual distribuição de cargas positivas e negativas. Porém, o elétron não é visualizado como partícula subatômica de natureza elétrica negativa.

Comparando as estruturas atômicas através dos dados levantados nos Quadros 8 e 9, o modelo do Grupo 5 apresenta diferenças quanto à distribuição das cargas elétricas. O modelo elaborado parte do pressuposto de um modelo esférico com as cargas elétricas positivas dispostas no hemisfério superior e as cargas negativas dispostas no hemisfério inferior. No modelo reelaborado, o Grupo 5 construiu um átomo esférico com as cargas elétricas de natureza distintas dispostas alternadamente por toda a massa. Observe que o grupo de estudantes mostrou evolução devido à busca de uma nova ideia que comportasse a compreensão da neutralidade elétrica e superação das forças de repulsão, mas o grupo falhou quanto à percepção da inserção do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa.

Segundo Maia e Justi (2009), era esperado que, com a experimentação mental, houvesse o surgimento de novas hipóteses devido ao processo de reanálise e reinterpretação dos dados resultarem em novas implicações, o que desencadearia um processo de reelaboração do modelo inicial. O exercício da atividade moderadora pelo docente assume papel de provável importância e relevância neste momento, pois o professor questionou aos discentes, se as cargas de mesmo sinal não representariam problemas para a estrutura do átomo elaborado. Tanto que o Grupo 5 analisou e interpretou as informações, reelaborou seu modelo inicial e propôs um novo modelo mais coerente que o anterior. Fato observável pela maior proximidade das características do modelo reelaborado pelo grupo discente com as principais características estruturais e constitutivas do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.4.6 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 6

Com auxílio do Quadro 9, foi observado que o Grupo 6, não promoveu a reelaboração de seu modelo devido à crença da adequação de sua ideia atômica às

principais características constituintes e estruturais do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7). Tanto que o Grupo 6 efetuou a seguinte afirmação:

“O formato do modelo atômico é esférico, onde a carga positiva em grande quantidade e pouca carga negativa”.

A afirmação indica um possível equívoco. Os discentes do Grupo 6, no modelo inicialmente proposto, representaram um número maior de elétrons que o número de íons (cargas positivas). No momento de reelaboração, Quadro 9, o grupo levantou a necessidade de maior quantidade de carga positiva em detrimento das cargas negativas. Tal fato deveria resultar na reelaboração do modelo. Outro problema é não explicação da neutralidade elétrica do átomo. Porém, a estrutura inicialmente tem a seu favor a proposição do elétron como partícula subatômica negativa.

O Grupo 6 não efetuou a reelaboração de seu modelo. Caso os discentes tivessem efetuado tal etapa, provavelmente, os discentes teriam construído possivelmente um novo modelo com características mais próximas do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.4.7 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 7

De acordo com os dados do Quadro 9, os discentes do Grupo 7 concordaram que seu modelo precisava de reelaboração devido à proximidade das cargas elétricas de mesma natureza resultarem em repulsão. Por isso, o Grupo 7 indicou uma nova ideia de átomo. Este teria as cargas elétricas de natureza distintas e discretas “misturadas” no corpo esférico. Isto resultou, como visto no Quadro 8, em uma nova proposta de modelo atômico, a qual consistiu em um átomo esférico com alternância de cargas elétricas positivas e negativas para evitar a repulsão.

Conforme as informações disponíveis no Quadro 9, verifica-se que os discentes do Grupo 7 realizaram a análise do modelo reelaborado em relação às principais características de seus constituintes, com isso se observou: o formato esférico para o átomo; cargas elétricas de natureza distintas. Quanto às principais características estruturais são possíveis de destaque: o corpo esférico com a distribuição uniforme de partículas de natureza elétrica positiva; neutralidade elétrica

da estrutura atômica proposta para o modelo; distribuição uniforme das cargas elétricas negativas.

Uma observação relevante do modelo reelaborado pelo Grupo 7, refere-se à possível busca de explicações para a neutralidade elétrica e forças de repulsão. O fato é indicado aparentemente pela representação pictográfica das cargas elétricas de natureza distintas, as quais foram dispostas alternadamente por toda a estrutura esférica do átomo.

Em relação à estrutura atômica do modelo elaborado e reelaborado, foi possível notar alterações em relação à forma de conceber as estruturas atômicas. O primeiro modelo tinha duas regiões diferentes para a distribuição das cargas elétricas. Uma das regiões aparentava ser uma região nuclear positiva e a região circundante constituída de uma nuvem esférica de cargas negativas. Ao passo que o modelo reelaborado mostrou um átomo esférico dotado de cargas elétricas positivas e negativas dispersas por toda extensão superficial. Note que os estudantes do Grupo 7, no movimento de reelaboração, construíram um modelo com elementos estruturais próximos ao Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

Segundo Maia e Justi (2009), a etapa de experimentação mental é de vital importância no movimento de modelagem, por isso, a moderação docente voltada para o teste mental parece prover os discentes de dúvidas quanto ao modelo anteriormente elaborado em relação ao atendimento da necessidade da neutralidade elétrica e à existência de forças de repulsão entre as cargas elétricas de mesma natureza. Tanto que levou o Grupo 7 à análise de seus resultados e reflexão sobre as prováveis implicações de tais questionamentos no modelo inicialmente elaborado. Além da necessidade de associar tais fatos aos objetivos previamente definidos na Etapa 1, o que provavelmente os conduziu a um caminho que resultou em uma nova proposta atômica: um modelo reelaborado com características constitutivas e estruturais mais próximas do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.4.8 Análise do modelo reelaborado pelo Grupo 8

Os dados do Quadro 9 possibilitam observar que o Grupo 8 acreditou que seu modelo atômico fornecia uma ideia equivocada, o qual segundo a visão dos próprios estudantes precisava uma representação mais realista. Isso levou à proposição de

um novo modelo atômico aparentemente equivocado quanto à proposta presente na Etapa 2.

Na sequência, por meio do Quadro 9, empreendeu-se a análise do modelo reelaborado pelos discentes do Grupo 8 em dois momentos. O primeiro, resumiu-se na análise dos dados relacionados às principais características constituintes. No segundo momento, efetuou-se a análise quanto às principais características estruturais. Os dados gerados por tais procedimentos permitiram a apreciação do modelo reelaborado pelos estudantes para efetuar comparações com o modelo de Thomson em relação às suas semelhanças e diferenças.

Como observado no Quadro 9, o modelo reelaborado proposto pelos estudantes do Grupo 8 se tratou de um átomo esférico, o qual foi dividido em duas regiões distintas: uma interna constituída de cargas elétricas positivas (partículas discretas) e negativas (elétrons); e a externa feita de uma casca carregada positivamente (massa positiva).

Conforme análise dos dados do Quadro 9, é possível observar as principais características de seus constituintes, tais como: o formato esférico; superfície esférica de massa positiva; região interna dotada de partículas positivas e elétrons. Em relação às principais características estruturais, é possível visualizar uma região superficial com distribuição uniforme de carga positiva; internamente se percebe a distribuição alternada de partículas discretas positiva e elétrons; a estrutura atômica aparentemente não contempla a ideia da neutralidade elétrica.

O Grupo 8, por meio da linguagem discursiva (Quadro 9), evidencia a crença na neutralidade elétrica de seu átomo, mas a observação da representação pictográfica do modelo atômico levanta dúvidas quanto a sua possível neutralidade elétrica. Fato resultante do excesso de cargas elétricas positivas (massa positiva) situada na superfície esférica do átomo.

Comparando a proposta atômica inicial apresentada no Quadro 8 com o modelo reelaborado do Quadro 9, é possível perceber alguns elementos comuns, como: a continuidade do formato esférico; a presença do elétron como partícula subatômica de natureza negativa; a existência de neutralidade elétrica da estrutura atômica. Fato em conflito com a análise pictográfica do modelo reelaborado e as informações discursivas apresentadas. Outra diferença também possível de ser destacada é a inserção de uma camada de massa positiva na superfície esférica, o que caracterizou um afastamento do modelo reelaborado em relação ao modelo

elaborado, o qual se mostrava mais adequado às características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

Conforme análise empreendida com base nas habilidades envolvidas na modelagem, propostas por Maia e Justi (2009), nota-se que o Grupo 8 aparentemente se confundiu com a etapa de experimentação mental. Quando o professor efetuou o questionamento sobre a presença do elétron e sua delimitação na representação, os discentes se confundiram. Tanto que o processo de experimentação mental, ao invés de auxiliar os discentes no processo de reflexão de seus dados e suas implicações no seu modelo, confundiu-os e os levou à posição de um modelo de átomo mais distante das características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

5.4.9 Análise global da Etapa 3

As análises dos modelos reelaborados pelos diversos grupos de estudantes forneceram dados quanto às características estruturais básicas comuns dos modelos e suas possíveis concepções alternativas.

Em relação à forma teve predominância do formato esférico. Isto foi observado nos modelos de todos os grupos com exceção do Grupo 4, o qual efetuou a proposição de um modelo planetário com duas regiões distintas: uma pequena esfera negativa com cargas positivas em movimento ao seu redor.

Conforme as análises efetuadas em relação aos modelos reelaborados pelos diversos grupos, os modelos que mostraram a admissão do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa foram sugeridos pelos Grupos 1, 2, 6 e 8.

Os modelos atômicos reelaborados pelos grupos de estudantes que concordaram com a neutralidade elétrica da matéria foram sugeridos, com exceção do Grupo 6, por todos os grupos.

Interessante destacar que nenhum dos modelos reelaborados pelos estudantes evidenciou possível substancialização das propriedades luminosas.

Quanto às concepções alternativas, todos os grupos mostraram alguma forma. A concepção alternativa mais frequente teve relação com a dificuldade de representação das diversas estruturas atômicas em suas diversas partes, a qual foi observada aparentemente em todos os grupos estudados em maior ou menor extensão (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009).

Houve também a concepção alternativa relacionada ao possível predomínio das características atômicas do modelo atômico de Dalton em detrimento do modelo atômico de Thomson, pois, nos modelos estudados, percebeu-se que o corpo esférico seria um suporte para a disposição das cargas elétricas das partículas subatômicas (MELO; NETO, 2013). Tal concepção é possível de ser observada nos modelos atômicos reelaborados dos Grupos 1, 3 e 6.

A análise empreendida com base nas concepções alternativas dos estudantes dos diversos grupos não traduz os esforços envolvidos no processo de modelagem, pois no espaço de duas aulas os discentes efetuaram uma série de processos que resultaram em um modelo de átomo que envolveu partes dos objetivos definidos na Etapa 1. É necessário recordar que Thomson e outros cientistas tiveram muito mais tempo para pensar sobre suas observações experimentais para modelar suas respectivas ideias de átomo.

Os modelos reelaborados pelos Grupos 2, 3, 4, 5, 6 e 7 parecem mostrar evoluções nas suas propostas iniciais. O fato mostra a possível importância dos experimentos mentais para a reflexão em relação aos resultados e suas implicações, o que pode também tê-los conduzido a elaborar seus próprios questionamentos e seus modelos. Fato que conduziu os grupos citados a reelaborações com características mais próximas do Modelo Atômico de Thomson.

Os modelos dos Grupos 1, 6 e 8 não mostraram evoluções em suas proposições iniciais. Algumas razões possíveis seriam a crença na adequação do modelo proposto aos objetivos inicialmente propostos. O Grupo 6 não efetuou o movimento de reelaboração do modelo. Já o Grupo 8 se equivocou provavelmente no processo de experimentação mental, o que resultou na reinterpretação dos dados de modo errôneo e os conduziu ao afastamento das principais características do Modelo Atômico de Thomson.

5.5 Análise da Etapa 4: socialização e avaliação pelos pares

Na atividade científica é comum a revisão pelos pares do trabalho científico desenvolvido na prática acadêmica. Na Quarta Etapa do Ensino Fundamental em Modelagem, os discentes vivenciaram o processo de socialização em que as dificuldades inerentes ao processo de comunicação das ideias permitem a validação

ou mesmo a invalidação do conhecimento produzido pelos grupos discentes (JUSTI, 2006; JUSTI, 2008).

- **Quarta etapa:** o modelo devidamente testado e revisado individualmente por cada um dos grupos foi, posteriormente, submetido à socialização na sala de aula com a finalidade de revisão pelos pares, todos os estudantes da sala, com a moderação do professor. Tal processo visava à validação do modelo proposto por um determinado grupo de estudantes a partir da revisão pelos pares a fim de promover o levantamento de suas abrangências e limitações (JUSTI, 2006).

A etapa de socialização tomou como base os diálogos dos estudantes envolvidos no processo de modelagem. Na apresentação da análise empreendida, tomou-se como base a construção linear da sequência de eventos de apresentações dos grupos discentes na situação de sala de aula. Por isso, as apresentações dos grupos se encontram fora da sequência numérica proposta nas seções anteriores em função de seguirem a ordem de exposição dos grupos de acordo com as ocorrências de sala de aula.

Outro ponto que merece destaque é o papel dos diversos agentes envolvidos na etapa de socialização, em que, para melhor situar no processo de análise, foram adotadas determinadas terminologias para evitar possíveis confusões quanto aos papéis desenvolvidos por cada um dos sujeitos. O discente responsável pela apresentação do modelo atômico construído por seu grupo recebeu a denominação de estudante-apresentador, os demais estudantes, participantes dos outros grupos de trabalho, foram denominados de estudantes-indagadores e quanto à atuação do docente referiu-se a sua participação como professor-moderador.

Os discentes dispuseram de pouco mais de trinta minutos para socialização de suas propostas de modelos para os demais estudantes. Os questionamentos não foram limitados pelo professor-moderador e, por consequência, a arguição do estudante-apresentador somente era finalizada com o encerramento dos questionamentos dos demais estudantes-indagadores. Tanto que se observam etapas socializadoras mais curtas ou mais longas, dependendo das atitudes dos estudantes-indagadores ou do professor-moderador.

5.5.1 Socialização discente das principais características do modelo atômico de Thomson

As apresentações dos modelos se iniciaram com a socialização do Grupo 6.

Quadro 10. Primeira Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 6.

Turno	Sujeito	Transcrição
01	Marie Curie	É... o modelo atômico é esférico e aqui fora passa uns (...) com cargas negativas que são os elétrons, que estão em menor quantidade. E aqui dentro está representada a carga positiva que são os íons que estão em grande quantidade.
02	Professor	Os íons positivos estão em maior quantidade?! Você falou isso né? E fora estão quem?
03	Marie Curie	Estão os elétrons.
04	Professor	Estão os elétrons. E dessa maneira tendo quantidade ... Eles têm a mesma quantidade de cargas elétricas ou as cargas elétricas, elas, estão se equilibrando? Certinho. Pessoal, faz pergunta vocês também. É aquela coisa né. Não vou fazer perguntar, pra não fazer pra mim depois.
05	Rosalind Franklin	O que são os desenhos ali?
06	Marie Curie	Aqui são os elétrons.
07	Professor	Qual é o nome dos que estão ali dentro?
08	Marie Curie	Aqui dentro são os íons.
09	Professor	São os íons, certinho. Pessoal, mais alguém aí. Obrigado.

A estudante-apresentadora Marie Curie foi a representante do Grupo 6. Como pode ser visto no turno 01, Marie Curie começou apresentando as características básicas do modelo atômico de seu grupo, tais como o átomo ser de formato esférico com elétrons em pequena quantidade do lado de fora e as cargas positivas dentro da esfera em maior quantidade.

Nessa primeira socialização, observou-se forte ação interventora do professor-moderador. Fato identificado em sua forte participação nos turnos 02, 04, 07 e 09. Algo inesperado para as necessidades de seu papel de moderador. Tanto que sua atuação deixou poucos espaços para os questionamentos discentes evoluírem sobre os diversos elementos constituintes do modelo atômico proposto.

Somente no turno 5 se constata a ação da estudante-indagadora, Rosalind Franklin, que questiona sobre um dos elementos pertencentes ao modelo proposto, no caso a representação pictográfica referente ao elétron. Todavia, imediatamente após à indagação da estudante, o professor realiza uma nova pergunta para a estudante-apresentadora.

De acordo com Justi (2010), o processo de modelagem é uma importante forma de engajamento ativo dos estudantes no processo de aprendizagem por meio da vivência de todas as etapas envolvidas na elaboração de modelos. Assim, é importante que o professor planeje e crie um ambiente de ensino em que os estudantes possam vivenciar a elaboração própria, autoavaliação e avaliação de seus modelos em estrita relação com a atribuição de sentido aos fatos empíricos

observados. Nesse sentido, a quarta etapa da modelagem envolve justamente o processo de socialização dos modelos propostos e sua revisão pelos pares, a qual tem como intuito a avaliação do modelo proposto quanto a sua validade, bem como em relação a suas abrangências e limitações.

Dessa forma, os diálogos apresentados no Quadro 10 parecem evidenciar que o professor não forneceu as condições para a criação de um ambiente propício para o questionamento do conjunto social da sala de aula. Como se discute mais à frente, a atitude bastante centralizadora assumida pelo professor, característica de um ensino pautado na transmissão-recepção, tende a inibir indagações dos estudantes pertencentes dos outros grupos. Ademais, como identificado no turno 05, não se observa um movimento dos estudantes no sentido de avaliação do modelo proposto com base em suas características e potencialidades para explicar os dados empíricos fornecidos. Antes, o que se observa são apenas questões sobre elementos da representação pictórica apresentada, em um processo de “tirar ou esclarecer dúvidas gerais” e não um processo genuíno de inquirição característico de avaliação por pares.

Interessante sublinhar que essa primeira apresentação, ao contrário das outras apresentações, finalizou sem nenhum apontamento acerca do que Justi (2006) denominada como validação do modelo, ou seja, se o modelo proposto tem potencialidade para explicar adequadamente os fenômenos empíricos sob análise, além do consequente apontamento de suas abrangências e limitações. Esse é um aspecto a ser analisado na sequência das apresentações e, também, para os outros modelos (Rutherford e Bohr), uma vez que o professor estava vivenciando as etapas da modelagem em sala de aula pela primeira vez em sua carreira profissional.

Na sequência, efetuou-se a apresentação do Grupo 8 quanto às características de seu modelo atômico e os questionamentos dos demais agentes envolvidos.

Quadro 11. Segunda Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 8

Turno	Sujeito	Transcrição
10	Rita Levi	O Thomson concordou com o Dalton que o átomo era esférico e extremamente pequeno. Então, nós supomos que ele tinha uma delimitação em volta dele e por dentro, como ele é uma partícula neutra, é composto por partículas extremamente pequenas de cargas positivas e negativas. Senão haveria...pela regra né, os positivos se afastam. Então, por isso que por dentro ele é composto de positivos e negativos né, que são os elétrons. Então, essa é a massa positiva que delimita ele, que nós supomos, na verdade. Alguma dúvida?

Turno	Sujeito	Transcrição
11	Professor	Então, nesse caso, você pensou em ter a parte negativa pra poder ter essa parte positiva convivendo com essa parte negativa.
12	Rita Levi	Então, primeiramente, a gente colocou aqui só massa positiva, mas aí o professor orientou a gente e disse que não podia ser todos a mesma carga, só positivo ou só negativo, senão eles iam se afastar. Eles não iam se atrair. São os opostos que se atraem. Então, nós complementamos os modelos com cargas positivas e negativas.
13	Professor	Tá certinho. Era para provocar o quê? Uma dúvida e aí vocês pensarem tá. Na verdade pessoal, a última coisa que eu quis fazer com vocês em qualquer momento foi dar o quê? Resposta. Mas, às vezes, é orientar o quê? Que tem um erro e o que é que você pode pensar pra poder, o quê? Alterar o seu modelo de maneira que ele fique, o quê? Coerente. Certo. E nesse caso, quem pode fazer uma pergunta? Eu vou escolher uma pessoa agora, Maria Mayer. Fala mais alto.
14	Maria Mayer	é....Os negativos e positivos são para tentar completamente balancear....
15	Rita Levi	A gente colocou os positivos e negativos pra tentar confirmar a neutralidade do modelo né...
16	Professor	Certinho. Vamos uma outra pessoa pra fazer uma pergunta. Gertrude Elion. Não?! Certo. Lavoisier.
17	Lavoisier	Qual o lápis que vocês usaram pra fazer o desenho?
18	Professor	O lápis número dois, tá. e de pontas macias. Certinho. Obrigado, tá. Pessoal, nessa parte, o mundo científico, é o mundo em que se questiona. Por quê? Você elaborou um modelo, tudo, ele precisa sobreviver, o quê? Ao crivo da comunidade científica. E a comunidade científica vai fazer o que pessoal? Questionar. Questionar é algo ruim? Não. Ajuda a ver se tem, o quê? Realmente a validade e dependendo de como for, se o modelo vai ser algo válido e aceitável. Aí, nesse caso, de quem era esse daqui? De vocês? Certinho.

No turno 10, a estudante-apresentadora Rita Levi apresentou o modelo atômico do Grupo 8. Este se constituía de um átomo esférico e pequeno, delimitado ao redor com partículas de cargas positivas e negativas dentro para evitar o “afastamento”, porque os positivos se afastariam e as cargas negativas eram os elétrons.

Observe que, novamente, nos turnos 11 e 13 houve grande participação do professor-moderador tanto nas observações quanto nas perguntas propostas à estudante-apresentadora Rita Levi. Fato que reduziu acentuadamente a participação dos estudantes dos outros grupos e, portanto, impediu que desempenhassem o seu papel de estudantes-indagadores adequadamente.

Tanto que houve apenas participação da estudante-indagadora Maria Mayer no turno 14, a qual questionou, ou melhor, tentou completar a linha de pensamento proposta pela estudante-apresentadora Rita Levi quanto à presença de cargas positivas e negativas com intuito de proporcionar o balanceamento de cargas.

No turno 16, nota-se a possível intuição do professor-moderador da necessidade de mudanças em seu proceder na etapa de socialização, por meio de

incentivo à participação discente nos questionamentos. Isto resultou da provável percepção docente que seus estudantes estavam muitos quietos e retraídos em seus lugares, resultando em uma dinâmica de sala de aula regular, ou seja, a centralização em sua maciça participação e a ausência de espaços para os estudantes evoluírem nos questionamentos e no próprio processo de validação dos modelos pelos pares (JUSTI, 2006).

Interessante destacar que, no turno 18, o professor aparenta tomar consciência de suas falhas e tenta transmitir aos discentes a importância da etapa de socialização no Ensino Fundamentado em Modelagem, pois é através da proposição de questionamentos pelos próprios estudantes é que acontece o processo de validação do modelo elaborado por meio da arguição pelos demais grupos. Afinal, a Quarta Etapa é a responsável pela validação do conhecimento produzido pelos grupos de discentes. Porque não basta ao estudante o convencimento apenas de seu grupo, mas o convencimento dos demais grupos de estudantes em relação ao modelo elaborado e para determinar as suas abrangências e limitações (JUSTI, 2006).

Observe que o docente, no final da apresentação do Grupo 8, apresentou a noção da necessidade de mudança da forma de proceder com sua participação, ou seja, modificação do perfil docente interventor para um perfil docente moderador do processo de ensino e aprendizagem.

Terminada a socialização do Grupo 8, passou-se à socialização do modelo do Grupo 7, a qual tem seus diálogos expostos no Quadro 12.

Quadro 12. Terceira Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 7

Turno	Sujeito	Transcrição
19	Jane Goodal	Bom dia. Nosso primeiro modelo atômico tem o (formato de um ovo), dentro os íons e fora os elétrons. Porém, como a gente sabe, cargas de mesmo...cargas positivas, elas acabam se expelindo [sic] e as cargas negativas também acabariam se expelindo. Então, a gente decidiu juntar todas elas, intercalando uma positiva, uma negativa, pra elas se manterem neutras, como Thomson havia mostrado no experimento dele
20	Professor	Sim. Eu não tô falando que sim. Eu tô concordando com tudo tá pessoal, mas agora eu quero que alguma pessoa pergunte além de mim. Você é do grupo, você não vale. Galileu. Não vale perguntar o tipo de lápis que ela usou e nem a caneta.
21	Galileu	Não faço a mínima ideia.
22	Professor	Mas nesse caso, o que eu poderia perguntar para ela?
23	Galileu	Eu ia falar pra ela explicar de novo.
24	Professor	Boa ideia. Gertrude Elion...Nesse caso, é para nós crescermos mesmo, tá. Pode ser?
25	Geiger	(.). Ali tá positivo e negativo, certo. Por fora, vocês pensaram em alguma coisa? Em ser neutro ou por exemplo...
26	Jane	A gente antes tinha separado o interior só de íons positivos e por fora de elétrons,

	Goodal	mas como eles são de mesmo valor, eles vão acabar se expelindo (...). Então, por isso a gente teve essa ideia de modificar (...) e colocar os elétrons ali para eles não saírem
27	Professor	Agora vamos para o Avogadro. É Avogadro? É Avogadro né? Por favor, uma pergunta para nós. Então, agora para Rita Levi?
28	Rita Levi	É... o formato, ele seria circular como você falou ou esférico?
29	Jane Goodal	Concordei com o modelo de Dalton.
30	Rita Levi	E essa divisão que você fez? Ela é formada especificamente de alguma partícula? Especificamente da positiva ou da negativa ou os dois juntos?
31	Jane Goodal	Seria uma partícula com os dois juntos (...) porque se fosse positiva....
32	Rita Levi	Então, é homogênea.
33	Professor	Pessoal, mais alguém com alguma pergunta? Não? Obrigado viu, Jane Goodal. Valeu a participação. Eu achei esse daqui interessante em termos de concepção.

No turno 19, a estudante-apresentadora, Jane Goodal, determinou que as principais características constitutivas e estruturais eram um modelo com formato oval com íons internamente e elétrons externamente, cargas de mesma natureza elétrica se repelindo e neutralidade elétrica.

Nos turnos 20, 22, 24, 27 e 33, notou-se uma certa mudança da postura do professor, de forte interventor e controlador dos questionamentos discentes, para incentivador da participação discente nos questionamentos de seus pares com incentivo à arguição da estudante-apresentadora pelos demais estudantes da sala de aula. Como os questionamentos dos estudantes-indagadores não surgiam espontaneamente, o professor-moderador os chamava para a promoção de questionamentos à estudante-apresentadora.

Tanto que nos turnos 25, 28, 30 e 32 os estudantes passaram da simples identificação de um desenho para questões mais pertinentes com o contexto do modelo atômico estudado, como a neutralidade elétrica, a distribuição das estruturas no corpo atômico e se o formato era esférico ou circular. Os questionamentos forçaram a estudante-apresentadora Jane Goodal a refutar os questionamentos promovidos pelos demais estudantes indagadores. Fato evidenciado pelos turnos 26, 29 e 31, os quais demonstraram uma argumentação coerente com as principais características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

Observa-se no Quadro 12 que o esforço docente em propiciar condições para evolução do questionamento proporcionados pelos estudantes-indagadores em relação à estudante-apresentadora. Com isso, é possível visualizar um primeiro movimento do professor-moderador no sentido de tentar minimizar uma postura excessivamente pautada na transmissão-recepção, com inibição das indagações

estudantis dos diversos grupos, para uma postura de moderação das interações em sala de aula com fomento do processo da indagação do modelo proposto. Percebe-se nos estudantes-indagadores movimentos iniciais interessantes de proposição de questões de avaliação do modelo proposto quanto às suas características e potencialidades para explicação dos dados empíricos fornecidos.

A apresentação do modelo do Grupo 7 trouxe à sala de aula a apresentação de modelo atômico mais próximo do Modelo de Thomson, o que levou o docente à não efetuação de apontamentos para validação do modelo, afinal, o fato foi efetuado pelos discentes durante as intervenções dos estudantes indagadores.

O estudante-apresentador mostrou habilidade de convencimento dos demais estudantes acerca da adequação de seu modelo e as limitações do mesmo quanto aos objetivos definidos na Etapa 1. Fato que apresenta, de certo modo, todos os elementos previstos na etapa de socialização do Ensino Fundamentado em Modelagem (JUSTI, 2006).

Finalizada a apresentação do Grupo 7, iniciou-se a apresentação do modelo reelaborado do Grupo 4.

Quadro 13. Quarta Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 4

Turno	Sujeito	Transcrição
34	Professor	Explica esse agora. Agora a gente quer esse.
35	Linus Pauling	Aí, a gente resolveu mudar a estrutura, porque o formato esférico seria muito simples. Aí, é o mesmo modelo, mesma base, juntando as cargas positivas e negativas, chegaria a neutralidade.
36	Professor	Certinho. Então, no final das contas, desse jeito aí, você teria uma estrutura (...) ah, deixa eu ficar quieto né. Vamos lá. Emmy Noether né? Esqueci o nome.
37	Professor	Christiane Nusslein-Volhard, por favor. Uma pergunta pra ele.
38	Christiane Nusslein-Volhard	Inaudível
39	Professor	Sim, por favor. A Jane Goodal tem uma pergunta...
40	Jane Goodal	Vocês pensaram como se fosse o modelo planetário?
41	Linus Pauling	É, como se fosse só...se referindo a anéis.
42	Jane Goodal	Como se ficassem girando ao torno do (...)
43	Linus Pauling	Sim, como se os negativos puxassem os positivos
44	Rachel Carson	Para esse modelo ficar neutro, não teria que ter mais negativo?
45	Professor	Aí, você representou quatro tracinhos representando cargas negativas né.
46	Linus Pauling	É, foi só uma representação.
47	Professor	Ele acha que considerou isso na hora de fazer o quê? O desenho
48	Geiger	Pensando nessas ideias que vocês tiveram e o no que já foi apresentado, vocês teriam alguma outra ideia pra tentar mudar?

Turno	Sujeito	Transcrição
49	Linus Pauling	Talvez espalhar mais, pra chegar mais(...) voltar ao formato esférico e ir misturando os positivos e negativos.
50	Professor	Obrigado. Um pontinho a mais hein. Brincadeira. Aí, vamos agora para (...) ah, por favor. Eu adoro quando o pessoal começa a perguntar sozinho e eu não preciso falar nada. Isso é muito bom.
51	Rita Levi	Linus Pauling, você fez eles dentro, cada um no seu espacinho ali né? Aí, do lado da circunferência, depois ficava então como se tivesse um espaço entre eles. Esse espaço, ele ficaria tipo um vácuo, por se dizer assim? Não ia parecer que tava dividindo a partícula?
52	Linus Pauling	Não. É como se eles tivessem, passassem por dentro da esfera central.
53	Rita Levi	Então, ele ia ficar em movimento?
54	Linus Pauling	Sim.
55	Rita Levi	Mas por conta disso também, você concordou com Dalton que o átomo era esférico...
56	Linus Pauling	A gente resolveu mudar.
57	Professor	A gente tinha as informações, que eram quais pessoal? Que eu tinha uma estrutura nova, que era quem? O elétron. Esse elétron era o quê? Carga negativa. O meu átomo nesse momento, ele deixa de ser indivisível e passa a ser o quê? Divisível. Porque eu consigo tirar, quem? O elétron. E a neutralidade elétrica, ou seja, vai ter um equilíbrio elétrico. A somatória das cargas elétricas positivas e negativas é pra dar quanto? Zero. Mas num primeiro instante, em termos de informações experimentais, que foram passadas para vocês, realmente a gente não passou outras informações além dessas. E aí, a suposição, às vezes, de que ele é esférico () provavelmente tá ou de um movimento analógico. Qual a ideia que você já tinha na cabeça? Que ele é esférico por causa de quem? De Dalton. Às vezes, você já pegou a ideia que ele era esférico de Dalton e fez um modelo, o quê? Esférico. Porque a maior parte do conhecimento que a gente faz pessoal, a gente cria o conhecimento em base, o quê? Analógica, em bases de quê? De analogias. Tá bom? Pessoal, mais alguma pergunta para esse modelo. Linus Pauling, muito obrigado. Você sofreu, realmente, uma grande carga de perguntas do meio científico aqui. O pessoal, isso foi ruim?
58	Estudantes	Não.

No turno 35, o estudante-apresentador Linus Pauling do Grupo 4 destacou as características de seu modelo atômico, alegando o abandono da estrutura esférica devido a sua simplicidade, com destaque à união das cargas positivas e negativas que levaria à neutralidade.

No turno 36, o docente percebeu que seus questionamentos seriam prejudiciais ao desenvolvimento da etapa de socialização dos estudantes e, por isso, retrocedeu na tentativa de interpelar o grupo quanto à uma questão estrutural e chamou um estudante para que continuasse a etapa.

O modelo do Grupo 4 apresentado pelo estudante-apresentador Linus Pauling nos turnos 40, 42, 44, 48, 51 e 53 foram caracterizados por uma maior participação dos estudantes dos diversos grupos no processo de arguição. Os questionamentos levantaram a existência de certos movimentos que poderiam

caracterizar momentos de esclarecimento de dúvidas, destaque de problemas ou simplesmente estratégias de mostrar a inadequação do modelo.

Nos turnos 40 a 43, uma dúvida foi demonstrada pela estudante-indagadora Jane Goodal que observou se o modelo era do tipo planetário, a qual obteve como resposta que tomou os anéis como referência e acrescentou a possibilidade de movimento das cargas positivas. O momento de socialização permitiu observar que a estudante-indagadora Jane Goodal possivelmente entendeu que era o momento explorar uma possível inadequação do modelo do Grupo 4.

O estudante-apresentador Linus Pauling confirmou o dado levantado por meio da estudante-indagadora Jane Goodal. Informação que mostrou a inadequação da modelo reelaborado com relação às principais características do Modelo Atômico de Thomson.

No turno 44 a 46, visualizou-se a estudante-indagadora Rachel Carson destacando um problema referente ao modelo proposto em relação à quantidade de traços indicativos de cargas negativas estarem em quantidade inferior à de cargas positivas. Interessante que o problema não se apresenta no Quadro 9. Talvez a digitalização do documento tenha sido inadequada pela ação docente, o que resultou na projeção falha do modelo do Grupo 4 e, por consequência, a quantidade de cargas negativas apareceu em quantidade inferior às cargas positivas.

Nos turnos 48 e 49, assistiu-se a uma estratégia que buscou mostrar a inadequação do modelo apresentado. Sutil e eficiente em uma situação de socialização de ideias: “vocês teriam alguma outra ideia pra tentar mudar?”. O estudante-apresentador Linus Pauling efetuou um movimento de elaboração de uma teoria alternativa que seria a construção do modelo no formato esférico e “misturando cargas positivas e negativas”.

No parágrafo anterior, o estudante apresentador Linus Pauling buscou uma teoria alternativa que se adequasse melhor ao contexto definidos pelas características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7).

O último relato demonstrou que, o estudante-apresentador Linus Pauling, reconheceu as características constitutivas e estruturais esperadas para o Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7). Com isso, o estudante-apresentador procedeu com a própria inadequação de sua ideia de átomo.

Nos turnos 51 a 56, a estudante-indagadora Rita Levi interpelou o estudante-apresentador Linus Pauling quanto à existência de espaços (vácuo entre elas).

Continuou a indagar se isso não indicaria a divisão da partícula. Fato que terminou tendo como resposta que passava por dentro. Tal resposta levantaria dúvidas dos discentes ao associarem a sua resposta à sua representação pictográfica. A estudante-indagadora Rita Levi voltou a indagar a partir da resposta anterior, que o Grupo 4 havia concordado que o átomo seria esférico. Linus Pauling respondeu que o Grupo 4 sentiu a necessidade de mudanças, mas sem justificativas.

Observe o rico panorama da socialização proporcionada pelo Grupo 4. O modelo equivocado foi exposto através das indagações geradas pelas dúvidas discentes, problemas e movimentos de evidenciar a inadequação do modelo proposto. O processo de validação do conhecimento expôs as abrangências e, notadamente, as limitações do modelo proposto. Tanto que o Grupo 4, com auxílio do estudante-apresentador, não foi capaz de convencer os demais grupos da validade de seu modelo e, por consequência, sua não aceitação dentro da comunidade sala de aula. Afinal, o modelo não cumpriu seu propósito quanto aos objetivos previamente definidos e suas limitações foram claramente identificadas (JUSTI, 2006).

No final da exposição do Grupo 4, o professor retomou a palavra para observações para os estudantes dos diversos grupos com o intuito de efetuar uma síntese dos objetivos definidos na Etapa 1.

O docente também aproveitou o momento para o esclarecimento de experiências anteriores que seriam salutaras a sua observação para os auxiliarem no Ensino Fundamentado em Modelagem e a importância dos movimentos analógicos para a construção de modelos.

Na sequência, efetuou-se a quinta apresentação de modelo atômico reelaborado que correspondeu ao Grupo 2.

Quadro 14. Quinta Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 2.

Turno	Sujeito	Transcrição
59	Maria Telkes	Esse aqui é o nosso elétron. Aí, a gente fez as cargas positivas e negativas. Aí, elas tão juntas as duas, elas têm a mesma quantidade.
60	Professor	Eles têm a mesma quantidade...ah, vou ficar quieto...
61	Maria Telkes	Seria um átomo positivo e um átomo negativo para o resultado ser neutro. É uma esfera que contém partículas elétricas e são movidas pelas forças mecânicas da natureza.
62	Professor	Movidas pela força mecânica da natureza. Tá bom. Agora, vamos abrir a perguntas.
63	Maria Telkes	Gente, não façam perguntas....
64	Professor	Como não faça perguntas, é a hora que a gente faz, o quê? Perguntas. Barbara McClintock...Ah, por favor Irene Curie.

Turno	Sujeito	Transcrição
65	Irene Curie	Por que desse desenho do lado?
66	Geiger	O quê que tem a haver essas figuras? As duas.
67	Maria Telkes	É o elétron.
68	Geiger	E o quê que ele interfere?
69	Maria Telkes	Ah, nossa....
70	Geiger	Ah, eu tô em dúvida. O que ele faz aí?
71	Leticia:	Esse elétron seria carga elétrica em movimento(...)
72	Jane Goodal	Por que desenhou para o lado de fora do átomo?
73	Maria Telkes	Ai misericórdia, por que que a gente desenho o elétron pro lado de fora?
74	Professor	Pra alguém fazer uma pergunta.
75	Professor	Risos...
76	Lavoisier	O que seria a força mecânica da natureza?
77	Maria Telkes	Tipo assim, a gente perguntou pro professor se a gente podia fazer uma pilha. Aí, ele falou que não, porque na pilha nem sempre vai ter uma pilha na natureza, no chão e algo desse tipo...
78	Professor	Quando você me perguntou se fosse uma pilha, é que eu falei...Eu nem sempre posso usar a ideia da pilha pra fazer, o quê? Uma analogia pra construção de um modelo atômico, né. Geralmente pessoal, tudo tende na natureza a algo simples, não algo complicado, tá. Porque o formato de uma pilha, eu acho que seria algo muito complicado pra ter, o quê? A descrição, às vezes, do quê? Pra ser usado como elemento pra descrever a estrutura do modelo atômico. Foi nesse sentido que eu falei. Às vezes, a gente acaba tendo confusões mesmo, tá. Agora mais uma pessoa pra perguntar. Galileu. A Rachel Carson quase teve um ataque cardíaco aqui
79	Galileu	Por que você colocou uma cor ali?
80	Maria Telkes	Para ficar bonitinho.
81	Professor	Por favor, Marie Curie.
82	Marie Curie	Esse desenho que vocês fizeram então, representa o elétron. Então, é uma outra representação que vocês fizeram pra carga negativa da figura?
83	Professor	Você acha que o elétron é desse jeito?
84	Jane Goodal	Você desenhou elétron. Esse elétron tá dentro do átomo. Então, você representou como o elétron tá dentro do átomo?
85	Maria Telkes	É isso mesmo!

No turno 59 e 61, a estudante-apresentadora Maria Telkes efetuou a apresentação das características básicas do modelo atômico do Grupo 2, o qual era constituído de cargas elétricas de natureza elétrica positiva e negativa em igual quantidade. Com “átomos” positivos e negativos para o átomo ser neutro numa esfera e movidos pelas forças mecânicas da natureza.

A estudante-apresentadora explanou sobre o modelo elaborado do Quadro 8 e esqueceu do modelo atualizado referente ao Quadro 9. A estudante mostrou nervosismo durante sua apresentação. Ela olhava para a folha na busca de recordar as informações necessárias à execução da atividade.

Nos turnos 60 e 62, o professor quase abandona sua posição de moderador do conhecimento e passa para o lado da inquirição. Entretanto, o docente se conteve, como identificado nos turnos 60 e 62, e deixou o desenvolvimento dos questionamentos para os estudantes-indagadores, os quais propuseram bons questionamentos para o Grupo 2.

A estudante-apresentadora entendeu a necessidade de domínio do material produzido em todos os seus elementos. O Grupo 2 colocou uma pictografia à parte da representação pictográfica principal, a qual virou o ponto central de dúvidas e curiosidades por parte dos demais estudante-indagadores. Tanto que, nos turnos de 65 a 68, a representação tornou-se elemento motivador das discussões e gerador de dúvidas devido à possibilidade de levantar limitações do modelo reelaborado do Grupo 2.

No turno 69, o diálogo mostra a aparente surpresa da estudante-apresentadora quanto aos questionamentos da estrutura ao lado da pictografia atômica do Grupo 2. Mais do que dúvidas dos estudantes-indagadores, observa-se uma tentativa de mostrar a inadequação do modelo atômico. Tanto que o estudante-indagador Geiger questiona, aproveitando-se da confusão da própria estudante-apresentadora Maria Telkes. Fato destacado no turno 70 pela indagação do estudante-indagador Geiger como os seguintes dizeres “Ah, eu tô em dúvida. O que ele faz aí?”. Além dos demais questionamentos dos turnos 70 e 71.

Os questionamentos em torno da estrutura perduraram até o turno 75, com o professor efetuando uma piada para tranquilizar a estudante-apresentadora Maria Telkes e possibilitar uma possível mudança de foco em relação à arguição de seu modelo.

Nos turnos de 76 a 78 o foco mudou. O estudante-indagador Lavoisier perguntou sobre forças mecânicas da natureza, a estudante-apresentadora jogou a dúvida do modelo de seu grupo como resultado de uma conversa que teve com o docente, o qual explicou em linhas gerais o diálogo empreendido com o grupo e a confusão estava relacionada à compreensão dos fatos explanados.

A pausa do assunto elétrons terminou e voltou a ser retomado turnos de 79 a 85. Contudo, o enfoque era outro. O que aparentou uma certa busca de compreensão em relação ao assunto e não um movimento para mostrar a limitação do modelo apresentado pelo Grupo 2. O questionamento retornou com uma simples pergunta relacionada a cor e estendeu para outras indagações. O ato foi

empreendido pela inquirição das estudantes-indagadoras Marie Curie e Jane Goodal que levaram a estudante-apresentadora Maria Telkes a aparente compreensão de sua própria produção percebido por sua resposta “É isso mesmo!”.

O movimento acima descrito evidenciou um dado importante, as estudantes-indagadoras Marie Curie e Jane Goodal, provavelmente, reconheceram a validade do modelo apresentado e efetuaram um aparente movimento de defesa do modelo apresentado por Maria Telkes.

No final da apresentação do Grupo 2 foi possível observar os diversos tipos de indagação empreendidas pelos estudantes. Algo factível de acontecer dentro do meio científico, pois as formas de interpelar na arguição dos estudantes puderam ser executadas para objetivos diversos, tais como questionar para: esclarecimento de dúvidas pontuais, à aprendizagem, auxiliar a defesa do modelo apresentado e mostrar a inadequação do modelo proposto.

Todas as intencionalidades das diversas formas de indagar estiveram presentes na socialização do modelo do Grupo 2. Isto proporcionou um rico momento para a etapa de avaliação pelos pares, que colocou o modelo a prova na busca de abrangências e limitações. Isso permitiu a estudante-apresentadora um amplo teste de suas capacidades argumentativas.

Cuidados são necessários ao empreender a etapa de socialização para que promova o reforço da validade de seu modelo. Por exemplo, a compreensão de todos os elementos pictográficos. Como observado, a estudante-apresentadora teve sua capacidade persuasiva reduzida pela incompreensão de uma representação pictográfica do modelo atômico de seu grupo. Fato explorado pelos demais grupos com intuito de mostrar possíveis inadequações da proposta apresentada.

O modelo do Grupo 2 da estudante-apresentadora Maria Telkes mostrou as principais características estruturais e constitutivas, mas mostrou dificuldades no desenvolvimento de suas capacidades argumentativas.

A apresentação do Grupo 2 certamente possibilitou a maior participação dos estudantes no processo validação e, por consequência, contribuiu para que estes vivenciassem a ocorrência da ciência em uma de suas etapas mais importantes, a etapa avaliação pelos pares, a qual permite aos discentes a observação dos limites e abrangências do modelo apresentado (JUSTI, 2006).

Outro ponto que merece destaque é que os estudantes começaram a compreender a intenção envolvida na etapa de avaliação pelos pares, que seria testar os modelos quanto à sua validade.

Na sequência da apresentação do Grupo 2, foi efetuada a exposição do modelo elaborado pelo Grupo 1.

Quadro 15. Sexta Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 1

Turno	Sujeito	Transcrição
86	Barbara McClintoch	Nosso modelo do átomo....
87	Professor	Óh, atenção.
88	Barbara McClintoch	possuindo elétrons providos de pouca massa, onde as cargas positivas são menores que as negativas. (...) é como se fosse um átomo aproximado.
89	Professor	Ah, você tá usando tipo um microscópio pra enxergar o átomo aproximado. Eu pensei que na verdade era um suporte pra segurar ele tá.
90	Professor	Não, é porque cada que vê o desenho, vê uma coisa. Pessoal, quem aí pode começar com as questões? O Marsden, ali, com aquele sorriso maravilhoso...
91	Jane Goodal	Você pôs ... as cargas positivas e negativas?
92	Leticia	Ah Então, é que a gente pensou que não como se as cargas fossem...diferenciadas umas das outras, cada uma nos eu espaço mesmo...
93	Professor	Agora a próxima pessoa. Rita Levi, depois Marie Curie.
94	Rita Levi	Tá ampliando? Como se tivesse naquele aparelho. Então, você supõe que dá pra ver as partículas (...)
95	Barbara McClintoch	Não, quando a gente fez, a gente sabia que não dava pra ver. Então, a gente só fez pra ter uma ideia.
96	Marie Curie	Inaudível
97	Marie Curie	Vocês fizeram dentro as cargas positivas e negativas, e elas tão, as positivas e negativas, ambas estão em mesma quantidade ou tem uma diferença na quantidade?
98	Barbara McClintoch	Não tão na mesma quantidade.

O Quadro 15 disponibiliza as informações referentes aos diálogos envolvidos no processo de socialização do Grupo 1, o qual teve o seu modelo para o átomo exposto nos turnos de 86 a 88, com auxílio da estudante-apresentadora Barbara McClintoch. Esta destacou o formato esférico do átomo, elétrons de pouca massa, cargas positivas menores que as negativas e o átomo.

Nos turnos 89 e 90, o professor ficou interessado na descoberta sobre o que era o desenho que aparecia associado à pictografia atômica e alertou aos estudantes que cada um interpreta as informações à sua maneira. O próprio docente tinha tomado a representação como uma forma de base para sustentação do átomo, mas tratava-se de instrumento para ampliação da estrutura. A observação se faz importante, pois aparenta que os estudantes do Grupo 6 têm consciência das diminutas dimensões atômicas.

Nos turnos 91 e 92, a estudante-indagadora Jane Goodal questionou quanto às cargas positivas e negativas. A indagação resultou na resposta estudante-apresentadora Barbara McClintoch que as cargas seriam diferenciadas, com cada uma ocupando o seu espaço.

Nos turnos de 94 e 95, a estudante-indagadora Rita Levi interpelou como o Grupo 1 percebia as dimensões atômicas. Esta obteve como resposta que as partículas não eram visíveis. Dado que vem referendar a informação anteriormente levantada.

Nos turnos de 96 a 98, com a dúvida apresentada pela estudante-indagadora Marie Curie, foi possível perceber a não existência de equilíbrio entre as cargas elétricas negativas e positivas devido à quantidade de cargas positivas serem menores que a quantidade de cargas negativas.

Observe que a quantidade e a extensão dos diálogos são menores. Isto aparenta ter ocorrido devido ao modelo mostrar a necessidade de poucas correções quando comparado a outros modelos apresentados anteriormente, por isso, os estudantes-indagadores tiveram pouco material para a promoção de questionamentos à estudante-apresentadora do Grupo 6. Além da postura da própria estudante-apresentadora não ter deixado espaços para os demais estudantes a pressionarem. Um possível equívoco do modelo apresentado é a não neutralidade elétrica. Algo explorado por meio de questionamentos dos estudantes-indagadores e, por consequência, mostraram a inadequação do modelo apresentado neste detalhe.

A etapa de socialização do Grupo 6 permitiu a análise da extensão do modelo proposto quanto à completude dos objetivos delineados na Primeira Etapa. A arguição promoveu a possibilidade de explorar a principal falha da ideia de átomo da estudante-apresentadora Barbara McClintoch. O átomo construído não contempla a neutralidade elétrica. Observou-se, nesse momento, a ação de validação do modelo elaborado pelos pares devido o entendimento da limitação, o que permitiu a própria constatação e percepção da extensão dos objetivos alcançados (JUSTI, 2008).

O papel do professor foi adequado à etapa de socialização que envolveu a moderação das discussões e o ordenamento dos questionamentos dos estudantes-indagadores à estudante-apresentadora. Isto foi possível pelo desenvolvimento de um ambiente salutar para a arguição dos estudantes a partir da terceira apresentação.

Na sequência, a última apresentação da aula, ocorreu a exposição do modelo elaborado pelo Grupo 3.

Quadro 16. Sétima Socialização do Modelo de Thomson efetuada pelo Grupo 3

Turno	Sujeito	Transcrição
99	Professor	Pessoal. Agora, esse daqui de quem é? Geiger. Nesse caso, partiu da bola de Pokémon e chegou nisso tá.
100	Estudantes	Risos
101	Geiger	Primeiramente, a gente teve a ideia de que esse seria o nosso projeto né. Aí, a gente analisamo, (), que era neutro. Aqui não tava representando bem isso, sendo que era como se tivesse uma parte só positiva e outra só negativa. Então, a gente teve uma ideia de juntar nessa esfera. Parece a bola do Pokémon aqui. A gente, pra tentar fazer uma igualdade, a gente colocou...não dentro, como a gente tinha colocado, mas fora, positivo e negativo. E é isso daí.
102	Rita Levi	O núcleo dele é vazio? Essa parte da circunferência é vazio?
103	Geiger	É, é como se representasse...aqui é como se tivesse...tava neutro tanto positivo quanto negativo, representando.
104	Rachel Carson	Por que você colocou só fora e não colocou dentro?
105	Geiger	Porque a gente colocou fora, porque a gente tinha colocado dentro. Então era isso. A gente só tava achando que tivesse dentro e não fora, mas aí a gente colocou fora também, como se fosse só em volta.
106	Marsden	Os elétrons já estão dentro do triangulo ou também estão...
107	Geiger	Não, também estão lá. Estão representando tudo, mas como...não vai enxergar, aí a gente representou algo maior como uma esfera.

No Quadro 16, observa-se, no turno 101 a apresentação do modelo do atômico do Grupo 3 pelo estudante-apresentador Geiger expôs a ideia de seu grupo para o átomo, este era esférico e neutro tendo as cargas negativas externas ao corpo esférico e as cargas positivas ocupando a região interna.

O Grupo 3 foi interpelado com questões pertinentes quanto aos elementos constituintes e estruturais de sua ideia de átomo, como pode ser observado nos turnos de 102 a 107. A estudante-indagadora Rita Levi começou com uma dúvida em relação conteúdo da esfera e, por isso, questionou se a esfera era cheia ou vazia. O estudante-apresentador Geiger falou que era neutra. A estudante-indagadora Rachel Carson, então, emendou outro questionamento do porquê do posicionamento interno e não externo das cargas elétricas de natureza elétrica distintas. O estudante-apresentador não devolveu uma refutação capaz de convencer os demais estudantes presentes, mas respondeu vaga e confusamente o questionamento proposto.

Nos turnos de 106 e 107 marcam a observação extremamente pertinente efetuada pelo estudante-indagador Marsden sobre a localização dos elétrons. Se estes estavam nos triângulos ou não, o qual teve como resposta do estudante-apresentador Geiger, que estava em tudo, mas que a esfera permitia a melhor

visualização dos elétrons devido às suas dimensões. Uma resposta que possivelmente deixou os demais estudantes sem compreensão do fato presente no seu modelo atômico.

O Grupo 3 foi o último grupo a se apresentar e, por consequência, os estudantes haviam explorado muitos detalhes nas diversas outras apresentações, o que permitiu formarem uma visão do que possivelmente seria o modelo de Thomson. Isto aparenta ter dado certeza ao estudante-apresentador Geiger que seu modelo tinha erros. Tanto que se mostrou confuso ao explicar sua resposta (turno 105) e uma vã tentativa de correção do modelo exposto durante a própria apresentação com o intuito de tentar validá-lo aos demais estudantes presentes (turno 107).

Outra possibilidade é a ocorrência do nervosismo do estudante-apresentador Geiger exerceu forte atuação como estudante-indagador nas arguições dos modelos anteriormente apresentados pelos diversos grupos, o que pode tê-lo conduzido a certo nervosismo no momento da apresentação do modelo de seu próprio grupo. Além da possível conscientização do estudante-apresentador que seu modelo apresentava problemas devido à observação das apresentações anteriores e, portanto, não havia muito a ser feito em sua defesa.

O mérito da etapa de validação pelos pares, no âmbito do Ensino Fundamentado em Modelagem, é que os estudantes, após algumas apresentações, parecem desenvolver fortemente a noção das virtudes e limitações de suas proposições de modelos. Fato observado com certa clareza na apresentação do último grupo. Tanto que, quando apresentado seu construto, o estudante-apresentador tenta incorporar ideias e elementos (teorias alternativas), que não estavam presentes para tentar validá-lo perante a comunidade da sala de aula.

5.5.2 Análise global da Etapa 4

A intencionalidade no desenvolvimento da Etapa 4 residiu no fato de proporcionar aos estudantes mais uma oportunidade de participação ativa no processo de construção/desconstrução de seus modelos para sua validação pelos seus pares, em semelhança com o que ocorre com a comunidade científica (JUSTI, 2006).

O mérito da validação pelos pares residiu no fato de que os estudantes, após algumas apresentações, passaram a demonstrar indícios da percepção das abrangências e limitações de seus modelos. Fato observado no último grupo durante a apresentação de seu modelo reelaborado, o estudante-apresentador tentou incorporar ideias que não estavam presentes para tentar validá-lo para seus pares, ou seja, para os demais estudantes.

Esse estudante-apresentador mostrou a percepção da limitação de seu modelo quanto às características do Modelo Atômico de Thomson (Quadro 7) e, por consequência, a validação do modelo perante os pares precisaria de alguma forma ser adaptado.

A etapa de socialização permitiu aos diversos grupos de estudantes, em maior ou menor grau, perceberem a extensão de seus próprios modelos quanto às abrangências e limitações. Por isso, pode-se afirmar que a avaliação pelos pares possibilitou aos discentes desenvolverem a visão de possíveis inadequações de seus modelos em relação aos objetivos estabelecidos na Etapa 1. Afinal, os discentes tiveram seus modelos testados em um contexto mais amplo que um simples grupo. Isto permitiu a inserção de novas situações e informações provenientes do todo compreendido pela sala de aula (JUSTI, 2006).

O desenvolvimento da Etapa de Socialização dos modelos é uma etapa muito complexa, a qual indica a mobilização de capacidades argumentativas. A principal capacidade argumentativa exigida do estudante-apresentador no momento de socialização foi a capacidade de refutar. Os grupos de estudantes mostraram variadas capacidades de refutar. Observou-se que, geralmente, o exercício desta capacidade era possivelmente facilitado pela maior adequação do modelo reelaborado às características do Modelo de Atômico de Thomson (JUSTI, 2015).

Os estudantes não são cientistas profissionais, mas, no seu papel de “cientistas escolares”, notou-se o esforço na produção de seus modelos, porém, no momento de socialização e avaliação pelos pares, vários discentes perceberam que as suas ideias estavam em maior ou menor grau equivocadas.

Tal fato caracterizou a relevância do Ensino Fundamentado em Modelagem, a possibilidade de elaboração nem sempre leva ao modelo correto, mas mostrou aos discentes o fazer científico em escala reduzida, mas que é dotado de mais incertezas do que certezas. Algo diferente do que acontece, pois geralmente os estudantes compreendem que o átomo foi “descoberto” empiricamente. Porém, os

discentes, baseados no modelo tradicional, acabam não percebendo que o átomo não foi obra de uma descoberta e sim uma construção teórica historicamente situada (MELO; NETO, 2013)

Quanto ao professor, no começo da atividade, mostrou-se confuso em relação a seu papel. Tanto que, nas primeiras apresentações, acabou assumindo um papel central da arguição e empreendendo a maior parte dos questionamentos. Com isso, direcionou as apresentações para uma típica aula tradicional, na qual o professor monopoliza o processo educativo. Após a terceira apresentação dos grupos, foi possível observar que o docente reconheceu seu papel como moderador do processo de ensino e aprendizagem, cuja função precípua foi tornar o ambiente fecundo para a arguição entre os estudantes. Com isso, os próprios estudantes (pares) iniciaram um importante movimento de validação dos modelos apresentados, ou seja, a análise e extensão em que um modelo havia atingido os objetivos delineados anteriormente em aula e a capacidade de estabelecimento de relações do modelo exposto com seu contexto científico, o que envolveu um conjunto próprio de novas proposições teóricas (JUSTI, 2006; MAIA; JUSTI, 2009).

Para melhor compreensão dos dados dos modelos atômicos elaborados e reelaborados pelos diversos grupos discentes foram construídas as Tabelas 1 e 2 para resumo das principais informações levantadas.

Tabela 1. Principais informações dos modelos elaborados pelos discentes.

Grupos	Quantidade características constituintes e estruturais do modelo de Thomson	Concepções alternativas	Substancialização de propriedades macroscópicas
1	2	características do modelo de Dalton	-
2	3	características do modelo de Dalton	-
3	2		Propriedades luminosas
4	2	-	-
5	3	-	-
6	4	características do modelo de Dalton	-
7	0	-	-
8	5	-	Propriedades luminosas

Tabela 2. Principais informações dos modelos reelaborados pelos discentes

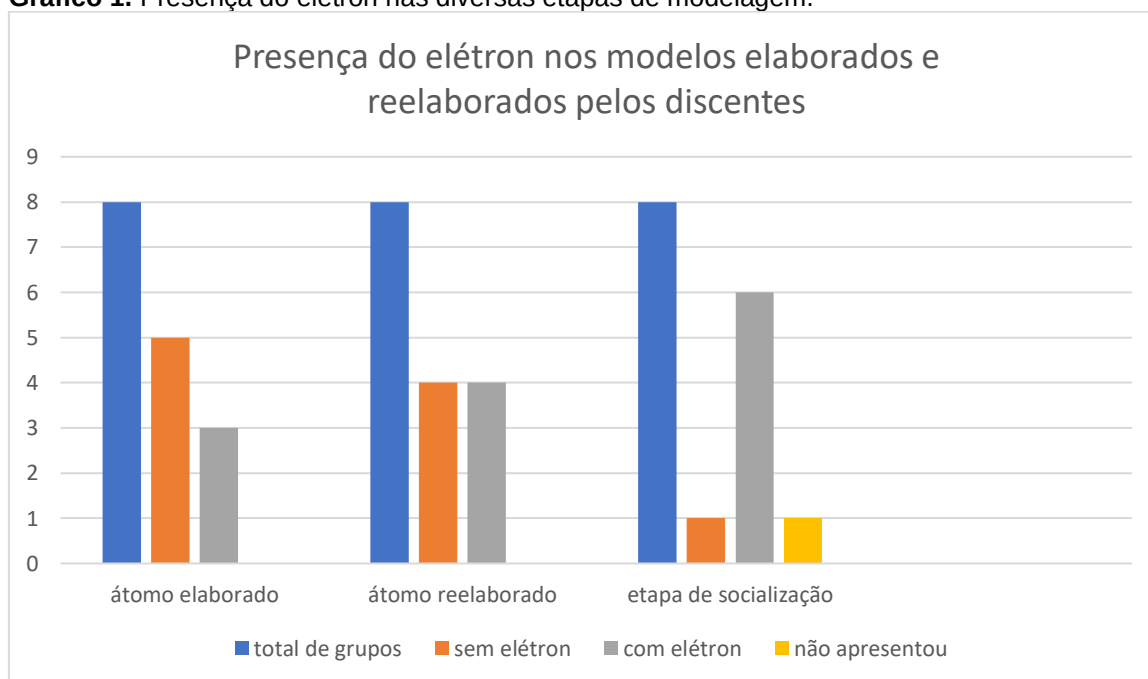
Grupos	Quantidade características constituintes e estruturais do modelo de Thomson	Concepções alternativas	Substancialização de propriedades macroscópicas	Houve reelaboração?
1	2	características do modelo de Dalton	-	Não
2	5	-	-	Sim
3	2	características do modelo de Dalton	-	Sim
4	1	-	-	Sim
5	3	-	-	Sim

6	4	características do modelo de Dalton	-	Não
7	3		-	Sim
8	4	-	-	Sim

Os dados das Tabelas 1 e 2 permitem observar que os grupos participantes do processo de reelaboração do modelo mostraram mudanças entre o modelo elaborado e o reelaborado. Comparando a Tabela 1 e 2, percebeu-se o aumento da quantidade de características do Modelo Atômico de Thomson presentes nos modelos reelaborados e a eliminação da substancialização das propriedades luminosas.

Outra característica relevante se refere à questão do elétron como partícula subatômica de natureza elétrica negativa. O elétron é um elemento constitutivo importante para o Modelo Atômico de Thomson. A sua presença nos diversos momentos da modelagem foi representada por meio do Gráfico 1.

Gráfico 1. Presença do elétron nas diversas etapas de modelagem.



O Gráfico 1 mostra que a evolução das etapas de modelagem promoveu um aumento na citação do elétron no modelo proposto pelos estudantes dos grupos. Uma situação interessante surgiu ao se efetuar a análise do Gráfico 1 em relação à etapa de socialização. É possível perceber o aumento do número de grupos que inseriu o elétron como partícula subatômica.

O comportamento acima observado parece se dar devido aos primeiros grupos a se apresentarem destacarem a presença do elétron em seu modelo atômico. O que induziu mais grupos a introduzirem o elétron na hora de apresentarem seus trabalhos a fim de tornar seu modelo adequado aos pares no momento de socialização.

Isso indicou um possível movimento dos discentes de se conscientizarem das limitações de seu modelo e buscarem elaborar uma teoria alternativa para melhor adequação ao contexto. Os discentes efetuaram tal prática para facilitar o ato de refutar possíveis movimentos de inadequação de seus modelos pelos demais grupos (JUSTI, 2015).

A Etapa 4 mostrou-se importante momento para testar as concepções de cada um dos modelos elaborados pelos diversos grupos discentes. Após o processo de tomada de consciência da interferência excessiva do professor, os estudantes-indagadores mostraram envolvimento na tentativa de exploração de possíveis limitações do modelo apresentado, o que constituiu em uma oportunidade de aprendizagem tanto para o estudante-apresentador como aos estudantes-indagadores.

Uma potencialidade que merece destaque é a oportunidade de falar de ciências ao invés de apenas ouvir sobre ciências. Com isso, os estudantes começam a enxergar que ter posicionamentos científicos é algo possível. Desde que se tenha a fundamentação teórica necessária para participação do processo discursivo de argumentação (JUSTI, 2006).

As atividades de elaboração de modelos resultaram no potencial desenvolvimento de habilidades investigativas e capacidades argumentativas pelos discentes. No desenvolvimento das atividades de Ensino Fundamentado em Modelagem, os discentes pareceram entender que a Química como Ciência foi construída por meio de modelos.

Os estudantes também observaram que a Química ao contrário do que estes pensavam não se trata de uma Ciência estática e sim uma Ciência dinâmica, que muda para aceitação das novas realidades quando surgem. Fato observado e percebido, provavelmente, por alguns grupos de estudantes quando buscaram teorias alternativas que incluíssem novos elementos em teorias alternativas para adequar seu modelo as prováveis expectativas dos demais envolvidos na etapa de socialização.

Para compreensão do contexto que ocorreu o desenvolvimento da UDM-Vamos Modelar! torna-se interessante a análise dos diários de aula, os quais forneceram subsídios para o entendimento da realidade da prática de sala de aula em relação ao fazer docente e discente.

5.6 Imersão nos diários de aula do Modelo Atômico de Thomson

Para melhor delineamento dos fatos ocorridos no Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A é interessante destacar certas ações ocorridas no Segundo Ano do Ensino Médio – Turma B.

As aulas do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma B antecederam as aulas do Segundo Ano do Ensino Médio Turma A. Com isso, os movimentos de modelagem da Turma B refletem em situações de sala de aula que antecipam a ocorridas nas demais salas. Situações que conduziram o docente à reflexão sobre sua prática, que culminaram em alterações de sua forma de ação. Por isso, em alguns trechos de diários alternou-se a análise e a forma de apresentação entre os diários de aula do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A e Turma B.

Uma das características do Ensino Fundamentado em Modelagem é a de conceber o estudante ativo no seu processo de aprendizagem. Fato observado pelo docente.

Trecho 1 do diário de aula:

A presença do professor nunca fora tão solicitada. Na sequência, o professor passou a última folha do material de aprendizagem para iniciar o processo de socialização. Cai em mim que algo inusitado acontecia, os alunos chamando o professor para troca de ideias em relação a elaboração de modelos. Professor trocando ideias com os alunos sobre Química é bom demais (Diário de aula 19/02/2019 – 2ºB).

Observe que o professor ficou surpreso ao perceber que os estudantes estavam participando da aula com questionamentos pertinentes ao estudo de modelos atômicos. Momento de engajamento ativo dos estudantes no exercício dos princípios da Ciência.

A construção de conhecimento de forma ativa pelos discentes gerou algumas dificuldades não experimentadas anteriormente pelo docente em sua prática. Como é possível observar no Trecho 2, retirado do dia de elaboração e reelaboração dos modelos.

Trecho 2 do diário de aula:

No momento da experimentação mental notou-se no professor o conflito entre mediação e explicação. Além do professor concentrar muito tempo num determinado grupo. Isto gerou para um determinado grupo uma sensação de abandono. Neste momento os alunos se sentiram autorizados a perderem o objetivo da prática. Quando terminou o atendimento de um grupo, o professor percebeu a necessidade de orientação destes alunos. O professor pediu para que os alunos do grupo do Geiger explicassem sua concepção. Alertando-os, que gostaria de ouvi-los em relação a sua produção. Os alunos começaram suas explicações e o professor indagou:

- As cargas elétricas negativas vão se atrair ou repelir?

Os alunos titubearam em relação ao questionamento quando o docente recordou da existência de forças de atração quando as cargas elétricas são de sinais contrários e forças de repulsão quando as cargas elétricas são de mesmo sinal. Os alunos responderam que as cargas elétricas próximas eram de natureza negativa e, por isso, se repeliram. O professor inquiriu seus alunos:

- Era para essa estrutura existir?

Momento que os alunos olharam entre si compreendendo a existência de um problema dentro de seu modelo e perguntaram algo como:

- O que faço?

O professor devolveu a resposta:

- Isto é que te pergunto? (Diário de aula dia 20/02/2019 – Turma 2ºA).

O Trecho 2 refere-se à Etapa 3 do Ensino Fundamentado em Modelagem. Momento que condiz com a reelaboração do modelo discente. A análise do trecho expresso dividiu-se em três partes, condizentes com as dificuldades encontradas na prática docente. A primeira parte reflete as dificuldades inerentes ao fazer docente; a segunda parte mostra a questão de possível foco de indisciplina; e a terceira parte mostra a intervenção docente no processo de modelagem e a expectativa discente.

A primeira dificuldade tratou-se de vencer o hábito de explicar. O professor reflete que sua prática docente é habituada a explicar os conteúdos para os discentes. A simples transmissão-recepção de informações. No momento de auxílio aos estudantes para a compreensão do modelo elaborado ou reelaborado, o professor tentava vencer a prática rotineira de fornecer respostas e tornar-se um professor capaz de fornecer boas indagações para os discentes refletirem sobre sua prática.

A segunda parte remete à questão disciplinar. Os discentes com participação mais ativa no processo de aprendizagem demandaram mais tempo do docente para auxílio na construção de seu modelo, o que resultou no atendimento demorado de alguns grupos que, porventura, deixaram alguns grupos necessitados de auxílio e, por isso, buscaram alternativas para ocupar seu tempo, que não correspondiam às reais necessidades da sala de aula.

A terceira parte mostra o docente na busca de superar sua prática tradicional de sala de aula para uma prática mais coerente com o Ensino Fundamentado em modelagem. Com o professor levando os estudantes a refletirem sobre possíveis incoerências de suas ideias. Além de mostrar aos discentes que a proposição de soluções é um caminho que cabia apenas ao seu próprio fazer.

O Ensino Fundamentado em Modelagem propõe ao docente e discente novas formas de interação que ultrapassam a forma da sala de aula tradicional. Os discentes também mostraram dificuldades de inserção dentro da metodologia, pois estavam acostumados com a recepção da informação. Agora, os discentes participavam mais ativamente e tornaram-se responsáveis pela proposição de um novo modelo com características adequadas aos objetivos delineados na Etapa 1

Posteriormente, focou-se na etapa de socialização e revisão pelos pares para análise dos dados dos diários. Os modelos construídos pelos diversos grupos discentes foram submetidos à revisão pelos pares para constatar sua validade e levantamento das abrangências e limitações.

A socialização foi uma etapa do Ensino Fundamentado em Modelagem que mostrou a dificuldade docente em se adaptar à abordagem metodológica. O fato é visualizado mais facilmente pelos trechos extraídos do diário do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma B.

Trecho 3 do diário de aula:

Observo que neste momento, o eu explicativo tomou o corpo do professor. Com as perguntas do professor quase dando as respostas ou querendo respostas. Questionamentos que visavam apenas o teste do conhecimento do educando pelo docente. Tanto que o professor não abriu o espaço para os demais alunos da sala questionarem o aluno Harry em relação ao modelo produzido por seu grupo (Diário de aula dia 26/02/2019 – Turma 2ºB).

O trecho mostra explicitamente que o docente reconhecia que seu papel se encontrava distante do preconizado pela abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem. O docente assumiu que declinou do papel de moderador da prática para tornar-se interventor. Fato apoiado pela ação docente não abrir espaço para a participação dos demais discentes.

Outro relato extraído do diário de classe vem referendar o fato acima destacado. O professor detinha entre seus materiais uma régua de madeira, a qual utilizava para efetuar apontamentos em suas aulas que havia o uso do projetor multimídia. Uma régua que era de seu uso exclusivo. No processo de socialização, o

docente iniciava a apresentação do grupo que iria expor seu modelo reelaborado com a passagem simbólica da régua da mão docente para à discente. Na visão docente, um ato simbólico para mostrar aos demais discentes que aquele estudante, naquele momento era a autoridade a apresentar o conhecimento.

Trecho 4 do diário de aula:

Novamente o professor terminou com a inquisição da aluna. Olhou para ela e permitiu que voltasse ao lugar. Claro, sem espaço para questionamento dos alunos. Isto gera a impressão que o conhecimento dos alunos não é relevante. Quando na verdade é mais importante que o do próprio docente. O professor passava a régua do professor ao aluno, mas não passava a autoridade da palavra (Diário de aula dia 26/02/2019 – Turma 2ºB).

O trecho extraído do diário mostra que o professor reconheceu sua prática interventora como contrária à necessária para o desenvolvimento da abordagem metodológica empregada por meio de duas reflexões importantes sobre a etapa de socialização efetuada: a irrelevância da palavra do discente e não autoridade de sua palavra. Afinal, o professor assumiu o processo de socialização e avaliação pelos pares.

A ação docente negou oportunidade de engajamento ativo dos discentes, os quais tiveram sua participação reduzida a simples exposição do modelo como processo de busca de validação com a constatação das possíveis limitações e abrangências.

Além de o professor desenvolver, ao elaborar o diário, a consciência da necessidade de repensar sua forma de condução da etapa de socialização. O problema residia na superação de uma prática pedagógica fortemente ligada à transmissão e recepção de informações, ou seja, o ensino tradicional.

A questão da autonomia é premente a todos os envolvidos no processo de ensino e aprendizagem. O docente precisa buscar continuamente a construção de sua autonomia por meio da autoria e planejamento de materiais didático-pedagógico. No entanto, o professor precisa buscar o respeito a autonomia dos discentes também.

Trecho 5 do diário de aula:

O docente poderia empregar a parte de apontamento dos erros posteriormente à apresentação dos alunos. Quando apontou os erros juntos à apresentação, o docente tolheu os alunos em relação ao desenvolvimento da autonomia de pensar (Diário de aula dia 26/02/2019 – Turma 2ºB).

O professor efetuou uma observação importante. A sua prática docente impedia o desenvolvimento da autonomia discente na sua forma de pensar. Como pensar na autonomia docente, se o próprio professor não reconhece a necessidade de pensar na autonomia de seus próprios estudantes.

A etapa de socialização do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A ocorreu na manhã seguinte, o que possibilitou um dia de reflexões quanto à forma de interação com os discentes. Um dia para a busca de internalização de um agir pedagógico que fosse diferente ao agir comum de todo dia. Um agir pedagógico que privilegiasse a postura de professor-moderador ao invés de professor-interventor. Para, com isso, guardar coerência com a abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem e, por consequência, às necessidades discentes. O trecho do diário destacado mostra esse esboço de mudança de perfil por parte do docente:

Trecho 6 do diário de aula:

Neste momento, o professor alertou que o papel dele era a promoção de questionamentos e dúvidas e a ele não cabia dar as repostas prontas na construção dos modelos. O docente observou que os alunos evitavam questionarem seus pares, por isso, começou a convocação de alunos para questionamentos (Diário de aula dia 27/02/2019 – Turma 2ºA).

O professor delimitou seu papel e promoveu ação para permitir que os estudantes comesçassem a questionar os seus pares na busca de validação do modelo apresentado.

A postura do docente se mostrou coerente com o Trecho do Diário 6 que se refletiu em novas formas de ação dos discentes. O professor empenhou sua ação para criar um ambiente propício e salutar para a avaliação por pares. Os discentes começaram a questionar seus pares na busca de validarem os modelos e constatarem as abrangências e limitações deles. O fato é destacado pelo trecho do diário citado abaixo.

Trecho 7 do diário de aula:

O aluno Geiger questionou se alteraria algo do modelo. Linus Pauling falou que seria o retorno ao formato esférico com mistura de cargas positivas e negativas. Outros alunos questionaram o Linus Pauling quanto ao seu trabalho, por exemplo, Rita Levi sobre o que seria a esfera do seu átomo. Se seria oca. Segundo Linus Pauling passaria sobre a esfera central. Rita Levi citou que Thomson concordou com Dalton que o átomo seria esférico (Diário de aula dia 27/02/2019 – Turma 2ºA).

Observe que os discentes conduziam o processo de validação com seus questionamentos e determinando as limitações e abrangências do modelo apresentado. Pode-se dizer que, no geral, os estudantes passaram a desempenhar um papel mais próximo de sujeitos ativos de seu processo de aprendizagem. O professor reconheceu seu papel como moderador do aprender discente.

A autonomia docente, segundo Gauche e Tunes (2012), reside na liberdade de decidir e agir. Decisão do quê, quando e como ensinar para os discentes. O agir refere-se à execução das abordagens metodológicas e das estratégias que julgar mais adequadas. Após todo o processo vivenciado, é possível afirmar que a implementação da UDM (planejamento, aplicação e replanejamento) permite ao professor tornar-se pesquisador e autor da própria prática, pois mobiliza diversos saberes docentes para o planejamento didático-pedagógico (BEGO, 2016).

O professor autor e pesquisador da própria prática, conforme os trechos, aparentemente mostrava uma maior preocupação com a transformação da própria prática de sala de aula, que passava pela transformação de sua forma de interação com os discentes. Por isso, os esforços de incorporar a sua prática docente a forma mais adequada possível dos princípios metodológicos pressupostos pelo Ensino Fundamentado em Modelagem.

A autonomia docente, no final, emprega seus esforços para adequar a abordagem metodológica mais adequada a figura precípua de todo o esforço pedagógico: o estudante. Tal preocupação acentua a importância da autonomia docente, pois esta propicia a busca das melhores abordagens de ensino para oferecer a melhor aprendizagem para os estudantes.

5.7 Desafios do Ensino Fundamentado em Modelagem

O trabalho docente nas escolas estaduais do Estado de São Paulo é marcado pela adoção de um caminho para o desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes. De modo geral, o caminho é ditado pelo Caderno do Professor e Caderno do Aluno, os quais constituem um meio para a implementação do Currículo Paulista.

O Caderno do Professor e Caderno do Alunos foram implementados por meio do Programa São Paulo Faz Escola. O material apostilado produzido pelos

especialistas da Coordenadoria de Gestão da Educação Básica (CGEB) visavam unificar o ensino ofertado nas escolas paulistas (SÃO PAULO, 2019a).

Concomitante ao Caderno do Professor, a Secretaria Estadual de Educação elaborou e distribuiu o Caderno do Aluno que propiciou que:

[...] os estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio seguem o mesmo conteúdo de estudos. A ação auxilia na qualidade do ensino, pois propicia o mesmo nível de aprendizado para todos os alunos da rede estadual paulista. Além do material entregue nas escolas, os estudantes podem acessar os cadernos por meio da Secretaria Digital Escolar (SÃO PAULO, 2019b).

O Caderno do Professor e Caderno do Aluno visavam uma qualidade de ensino que permitisse aos estudantes, independente da localidade, o mesmo nível de aprendizagem. Fato observado pelo uso da palavra “todos”.

Segundo Maia e Villani (2016, p. 124), a implementação do Currículo Paulista “provocou reações diferentes: para alguns ela promoveria o avanço e a consolidação do Ensino público no Estado de São Paulo e, para outros, constituiria um recuo por limitar a liberdade e iniciativa do professor”.

O professor tornou-se executor do programa educacional da Secretaria Estadual de Educação do Estado de São Paulo. Com isso, a autonomia docente não esteve presente nas escolas estaduais paulistas. Afinal, o professor tornou-se um consumidor de material pedagógico elaborado por especialistas.

O sistema estadual de ensino paulista aplicou por cerca de dez anos o mesmo material. Por todo esse tempo, os professores devido à imposição de um material tecnicista, foram impedidos de evoluírem como professores em suas práticas por meio do exercício da autonomia docente.

Por consequência, os próprios professores promoveram pequenos atos de insubordinação criativa por meio de alterações da prática adequando os materiais às suas necessidades e a dos discentes. Conforme observado por Maria, Lopes e Tommasiello (2015, p. 346):

[...] este estudo mostrou que a professora tem margem de liberdade e usou-a alterando a sequência de ensino em diversos aspectos: sequência dos conteúdos, alteração de algumas atividades e afastamento relativamente à abordagem de alguns conceitos.

Os professores alteram a proposta para a adequação às necessidades de sala de aula ou às suas próprias facilidades. Nas alterações promovidas pelos professores, o material gerado resultante apresentava sequência de conteúdos com

alteração de atividades que eram responsáveis pela abordagem de conceitos (MARIA; LOPES; TOMMASIELLO, 2015).

Apesar, do Caderno do Aluno e Caderno do Professor, os docentes tentavam, consciente ou inconsciente, exercer a autonomia do seu fazer na sua prática de sala de aula. Na proposição do melhor ensino para os seus estudantes. Porém, torna-se necessário a construção da autonomia dos professores como um projeto maior dentro do sistema educacional, que envolva a aceitação da autonomia como um projeto de formação do professor como autor e pesquisador da própria prática.

A Secretaria Estadual da Educação do Estado de São Paulo possui um vasto quadro de professores e, portanto, um vasto quadro de talentos. Muitos desses talentos ansiosos para o fazer o melhor pedagogicamente. Para tanto, é necessário o fornecimento das ferramentas adequadas.

A Autonomia Docente é o meio para melhoria da Educação. Porém, autonomia sem ferramentas para o desenvolvimento das potencialidades docentes resultariam em mais problemas do que soluções.

Por isso, destacou-se no presente trabalho que um dos caminhos para o desenvolvimento da autonomia docente é o planejamento didático-pedagógico por meio da implementação de uma Unidade Didática Multiestratégica (UDM) (BEGO, 2016).

O percurso de implementação da UDM tornou o professor autor e pesquisador da própria prática docente. Permitiu o encontro de sua autonomia há muito perdida. Tornou-o capaz de fugir das amarras do ensino de modelos atômicos pautado na análise textual para o estudo de modelos atômicos pela proposição de modelos por meio da abordagem metodológica do Ensino Fundamentada em Modelagem.

A UDM permitiu a visualização de diversos caminhos para a prática docente. Caminhos possíveis de serem trilhados. Com o docente a escolher a trilha através da liberdade de planejar e fazer seu planejamento didático-pedagógico no todo e não em parte.

No entanto, o professor para ser autônomo precisa ter a percepção da necessidade de evoluir sua prática. Isto conduziu o docente em sua prática à necessidade de abraçar o caminho do eterno aprender e, portanto, o caminho da evolução, pois é:

[...] a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim as razões para evoluir (BACHELARD, 1996, p.24)

A prática docente autônoma precisou buscar o caminho da evolução. Afinal, estudantes quietos não significa que apresentaram aprendizagem. O conhecimento precisa evoluir do saber estático para o saber dinâmico, que oferece aos estudantes a possibilidade de participação mais ativa em seus aprendizados.

A visão docente, muitas vezes, reflete que se os estudantes não aprendem, é porque não estudam. Frequentemente é necessário a busca de explicações, que repetidamente passa pela prática do professor devido às dificuldades de enxergar seus equívocos pedagógicos. O fato também é destacado por Bachelard (1996, p.24) em um momento de Reflexão:

No decurso de minha longa carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico. O educador não tem o senso do fracasso porque se acha um mestre. Quem ensina manda. Daí a torrente de instintos.

O maior problema docente na busca da autonomia é aprender e entender que os riscos se associam à aprendizagem do novo. Aprender a ensinar envolve esforço. Não apenas para a aprendizagens de novos conteúdos a serem ensinados aos discentes, mas a aprendizagem de abordagens de ensino. O novo envolve esforço e o aprender com a nova prática, a qual leva nas primeiras vezes de seu manuseio a mais erros do que acertos. A mudança está associada a riscos, mas a continuidade do mesmo também está. Às vezes, o risco da imobilidade é igual ou maior que os perigos da mudança.

Com isso, os professores tornaram-se escravos do fazer o mesmo porque está dando certo. Será? O que está dando certo? Matéria na lousa branca para os estudantes copiarem? Prática empregada por muitos. Prática também feita pela impressora em menos de vinte segundos. O ensino bancário sobrevivendo em pleno século XXI ou melhor em pleno terceiro milênio.

O Professor precisa empreender uma busca contra a mesmice das ações. Cada dia docente deve ser encarado como um dia de oportunidades únicas. Dia que maravilha se com os estudantes buscando o conhecimento e nos surpreendo com observações nunca imaginada por nós mesmos.

O professor precisa empreender a busca de superação de suas próprias limitações. Tanto de conteúdo quanto de repertório metodológico. Afinal, o

conhecimento das diversas áreas do conhecimento é imenso e as formas de ensinar e aprender são diversas. Um docente não tem como conter todo do conhecimento de uma área, mas pode ofertar ao discente o melhor do conhecimento para que se torne aprendiz do aprender e, com isso, descubra que saber demais nunca é demais (FREIRE, 2017).

O problema é como o docente pode superar sua prática anacrônica? Como mudar práticas de ensino que se encontram cristalizadas?

O questionamento é provocador e instiga a pensar como a reflexão é importante para gerar a insatisfação em relação ao fazer docente e a necessidade de evoluir imprescindível ao professor autônomo.

Um meio para a evolução docente é autonomia por meio do planejamento didático-pedagógico do próprio material. A proposição da redescoberta da capacidade de ser autor do próprio saber e do próprio fazer.

A percepção da necessidade de produção do próprio material conduziu o docente à produção de seu próprio material de ensino. O fato dirigiu a ação docente na elaboração de um ato de insubordinação criativa contra o aparato estatal. O ato foi empreendido por meio da transformação do professor de mero executor de material em autor e pesquisador da própria prática e, por consequência, produtor de material alternativo ao Caderno do Professor e Caderno do Aluno distribuído nas escolas estaduais paulistas. Note que o movimento de insubordinação criativa visava à aprendizagem e promoção da melhoria do processo de ensino através do planejamento didático-pedagógico (D'AMBRÓSIO; LOPES, 2015; BEGO, 2016).

A UDM constituiu instrumento para a insubordinação criativa por ser instrumento que viabilizaria o planejamento didático, a qual trata-se de um projeto de ensino que organiza e integra de modo sequencial conjunto de estratégias didáticas com ênfase nos objetivos definidos e delimitados (BEGO, 2016).

A implementação de uma UDM caracterizou por si só um ato de insubordinação criativa em relação ao sistema apostilado adotado pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. O planejamento didático autoral proporcionado pela UDM visava superação da dicotomia entre planejamento e aplicação de materiais pedagógicos em atividades de sala de aula. Uma oportunidade na busca na construção da autonomia docente.

Uma indagação se fez importante: Por que associar a autonomia ao ato de elaborar Unidades Didática Multiestratégicas?

Uma possível explicação relaciona-se ao conceito de autonomia proposto por Gauche e Tunes (2012), que passa pela busca da construção da liberdade de decidir e agir. A UDM é uma forma de planejamento didático-pedagógico que considera as experiências docente e proporciona oportunidades de aprofundamento da prática docente. Possibilita, de certa forma, que o professor se torne senhor do seu fazer.

O questionamento quanto à autonomia reside na insatisfação em relação ao engessamento da prática docente. O professor não tem o poder decisório sobre o seu fazer. Com o papel docente se resumindo na aplicação de sequências didáticas planejadas por técnicos educacionais, os quais idealizaram um contexto escolar padrão (DAVID, 2012).

Um padrão de sala de aula que não corresponde ao contexto da grande maioria das unidades escolares do Estado de São Paulo. O fato implica na necessidade de mudanças. Muito necessárias a uma prática que deve se encontrar em constante evolução tanto humana quanto social. A necessidade de mudanças implica na busca e construção de novos caminhos.

Caminhos que fossem marcados pela construção de novos materiais, mas o professor estadual encontra-se preso ao Caderno do Professor e Caderno do Aluno, o que torna o docente mero aplicador de materiais desenvolvidos por especialistas. Porém, os professores não poderiam assumir o risco da produção de materiais. Na ótica da Secretaria de Educação a produção de materiais é para técnicos. Uma realidade que precisa ser superada. Fato possível pela redescoberta da autonomia docente, o que empreende na busca da construção da liberdade de planejar e agir (GAUCHE; TUNES, 2012).

Com o exercício da autonomia surgem novos questionamentos, tais como: como planejar a prática docente para a ação? Um planejamento que considerasse as experiências do docente e proporcionasse oportunidades de aprofundamento da própria prática. Uma forma de planejar que o tornasse AUTOR da própria prática. Neste ponto entra a UDM. Uma ferramenta que possibilitaria a evolução da prática docente e proporcionaria o resgate da autonomia de planejar e agir (BEGO, 2016; GAUCHE; TUNES, 2012).

É importante destacar a crença na capacidade docente do melhor fazer, o seu fazer pedagógico. Afinal, o professor é que está sempre em contato com os

discentes e dentro do contexto histórico-social da comunidade em que exerce o seu ofício (BEGO, 2016).

Note essa interessante contradição. O professor vive e conhece a realidade em que está inserido e outro ator elabora o material para ser aplicado para dentro da realidade de sala de aula.

Os modos para a superação dessa contradição residem na promoção da autonomia docente através da elaboração autoral de materiais de aprendizagem como por exemplo a elaboração da UDM, a qual desempenha papel estruturante do planejamento didático-pedagógico no processo de produção autoral de materiais, pois norteia o caminho do docente no seu fazer pedagógico. Uma trilha formadora do professor-autor e pesquisador da própria prática (BEGO, 2016).

Tal fato proporcionou ao docente a aquisição consciente da autonomia pelo desenvolvimento autoral de material e, por consequência, devolveu ao professor o processo de autoria de seu fazer, ou seja, a liberdade de planejamento e ação em relação a sua prática docente (GAUCHE; TUNES, 2012).

O desenvolvimento das habilidades autorais se deu por meio do planejamento didático-pedagógico de uma UDM cuja abordagem metodológica foi a do Ensino Fundamentado em Modelagem. O conteúdo escolhido para exercício do planejamento didático autoral foram os modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr. Isso gerou a UDM – Vamos Modelar!.

O Ensino Fundamentado em Modelagem é uma estratégia que exige cuidados no seu desenvolvimento. Durante a elaboração da UDM–Vamos Modelar!, cobrou-se um intenso aprofundamento quanto às concepções teóricas e metodológicas em relação às diversas etapas necessárias de serem cumpridas para o desenvolvimento da UDM para posterior aplicação. Afinal, o docente precisa do domínio conceitual de modelos atômicos para intervir adequadamente no Ensino Fundamentado em Modelagem.

O *Contexto didático-pedagógico* forneceu uma importante informação: a escola estadual em que foi implementada a UDM – Vamos Modelar! foi uma conquista dos cidadãos da cidade. A escola surgiu dos movimentos de bairros que lutaram para a implantação da escola. A população atuou ativamente na sua instalação por meio de exigências ao poder público municipal da necessidade de instalação de uma escola. Terminou pela concretização da demanda com auxílio da população que também ajudou por meio de compras de títulos.

O *Contexto histórico escolar* também atualizou o docente sobre os recursos disponíveis na escola. o momento mostrou como a escola estadual é afortunada com diversos recursos capazes de favorecer a prática pedagógica. Tudo esforço de seus professores, equipe de gestão e comunidade escolar para tornar a Festa Junina da escola um evento rentável, que gera recursos para investimentos em recursos pedagógicos e na melhoria da qualidade dos espaços físicos.

Para implementação da UDM, selecionou-se o Segundo Ano do Ensino Médio para o desenvolvimento da UDM – Vamos modelar! devido ao ensino dos Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr acontecerem apenas neste momento dentro do componente curricular de Química.

Outro elemento importante inserido no *Contexto didático-pedagógico* foi a *Caracterização dos estudantes*. Ocasão para ponderação sobre quem são os estudantes que participariam do processo de ensino-aprendizagem.

Quadro 17. Caracterização dos estudantes da sala de aula em que foi implementada a UDM-Vamos Modelar!

CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDANTES	Os estudantes do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A caracterizam por serem organizados em relação ao desenvolvimento de suas atividades de aprendizagem. A maior parte dos alunos tem rotina de estudos. Fato percebido pela maior participação dos alunos nas lições de casa e atividades de aprendizagem, bom desempenho nas avaliações e maior frequência de entrega de trabalhos quando solicitados pelo professor. Na sala de aula, os alunos do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A são disciplinados. Sempre atendem as determinações do professor em relação as questões disciplinares. Os alunos conversam quando permitido e, por consequência, prestam atenção nas explanações e participam dos questionamentos promovidos pelo professor. Além de demonstrarem em muitos momentos, uma participação produtiva quando executadas atividades em grupo.
---	---

Fonte: Apêndice I

Note que o docente raciocinou as características de seus estudantes relacionadas à participação das atividades em sala de aula, rotina de estudos e disciplina no desenvolvimento das aulas.

Terminada a etapa referente ao *Contexto didático-pedagógico*, efetuou-se a análise científico-epistemológica, que tem papel estruturante dos conteúdos a serem desenvolvidos em sala de aula.

Na *Análise científico-epistemológica* delimitou o conteúdo programático da UDM. Observe que ocorreu a definição dos conteúdos, pré-requisitos e orientações curriculares oficiais sobre o tema.

Quadro 18: Análise Científico-epistemológica

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
Conteúdo programático da UDM	o comportamento dos materiais e os modelos dos átomos; as limitações das ideias de Dalton para explicar o comportamento dos materiais: o modelo de Rutherford-Bohr: - Condutividade elétrica e radiatividade natural dos elementos químicos; - O modelo de Rutherford e a natureza elétrica dos materiais; - O Modelo de Bohr e a constituição da matéria.
Pré-requisitos para a UDM	- Modelo Atômico de Dalton - Símbolos dos elementos químicos - Linguagem simbólica da Química
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	Segundo a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) quanto ao Ensino de Ciências e suas tecnologias nos Ensino Médio tem como competência específica 3: Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a público variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) (Ministério da Educação, 2017, p.544). A competência específica 3 permite aos educandos o desenvolvimento de diversas capacidades de compreensão das informações e seu emprego nos mais diversos contextos históricos científicos pelo emprego de diversos processos cognitivos que conduzam os jovens à aprendizagem. Além do desenvolvimento da ética e responsabilidade em todas as esferas de interação social. Tal competência específica é importante devido permitir aos estudantes a apropriação da autonomia e linguagem científica. Fato possível através da socialização dos conhecimentos em contextos variados com uso de diferentes recursos. Para a consecução da competência específica 3 foram estipuladas habilidades a serem desenvolvidas, tais como a habilidade EM13CNT301 que corresponde a “Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.” Além da mesma competência explicitar na habilidade EM13CNT302 a importância da comunicação. Observe que é importante: Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural (Ministério da Educação, 2017, p.545). A abordagem metodológica do ensino fundamentado em modelagem se encaixa dentro da competência específica 3 e auxilia no desenvolvimento de duas das dez habilidades necessárias para a consecução da competência 3. Afinal, o ensino fundamentado em modelagem exige que os alunos participem ativamente do processo de construção do conhecimento por constante processo de elaboração, teste, reelaboração, socialização dos modelos. Esta última etapa favorece o desenvolvimento da habilidade de comunicação em torno de temas científicos para seus pares como especificada pela habilidade EM13CNT302. O ensino fundamentado em modelagem permite a aprendizagem ativa dos estudantes em relação aos diversos modelos atômicos e, por consequência, permite o contato com procedimentos e linguagens próprias das ciências da natureza. Fato especificado pela habilidade EM13CNT301.

Fonte: Apêndice I

O Quadro 18 mostrou que a UDM – Vamos Modelar! foi planejada a partir das propostas curriculares oficiais. Tanto a definição do conteúdo programático, pré-requisitos e orientações curriculares oficiais sobre o tema. Este apontamento é necessário para mostrar o comprometimento da UDM com os currículos e orientações oficiais. Note que a UDM não veio destruir o que existe, mas apresentar novas formas de se fazer o ensino de Química de determinado conteúdo e contexto.

Aqui é possível constatar como o Modelo Atômico de Thomson é Injustiçado. O modelo não se encontra inserido no conteúdo programático de modelos atômicos. O Currículo Paulista, no conteúdo programático, alterna do modelo atômico de Dalton direto para o modelo de Rutherford. Um ato infundado, afinal, o próprio modelo de Bohr buscou inspiração no modelo de Thomson por meio de uma das linhas de pesquisa apontada por ele (HON; GOLDSTEIN, 2013).

Na sequência, o professor autor da própria prática aprofundou seus estudos em relação aos conteúdos conceituais com ênfase na identificação dos fatos e fenômenos de interesse no nível fenomenológico, nível teórico e nível simbólico.

Na identificação dos fatos ou fenômenos se destacou os Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr. Com os estudos dos dados empíricos que auxiliaram a proposição de cada um dos modelos atômicos. Assim como a compreensão das suas limitações e abrangências.

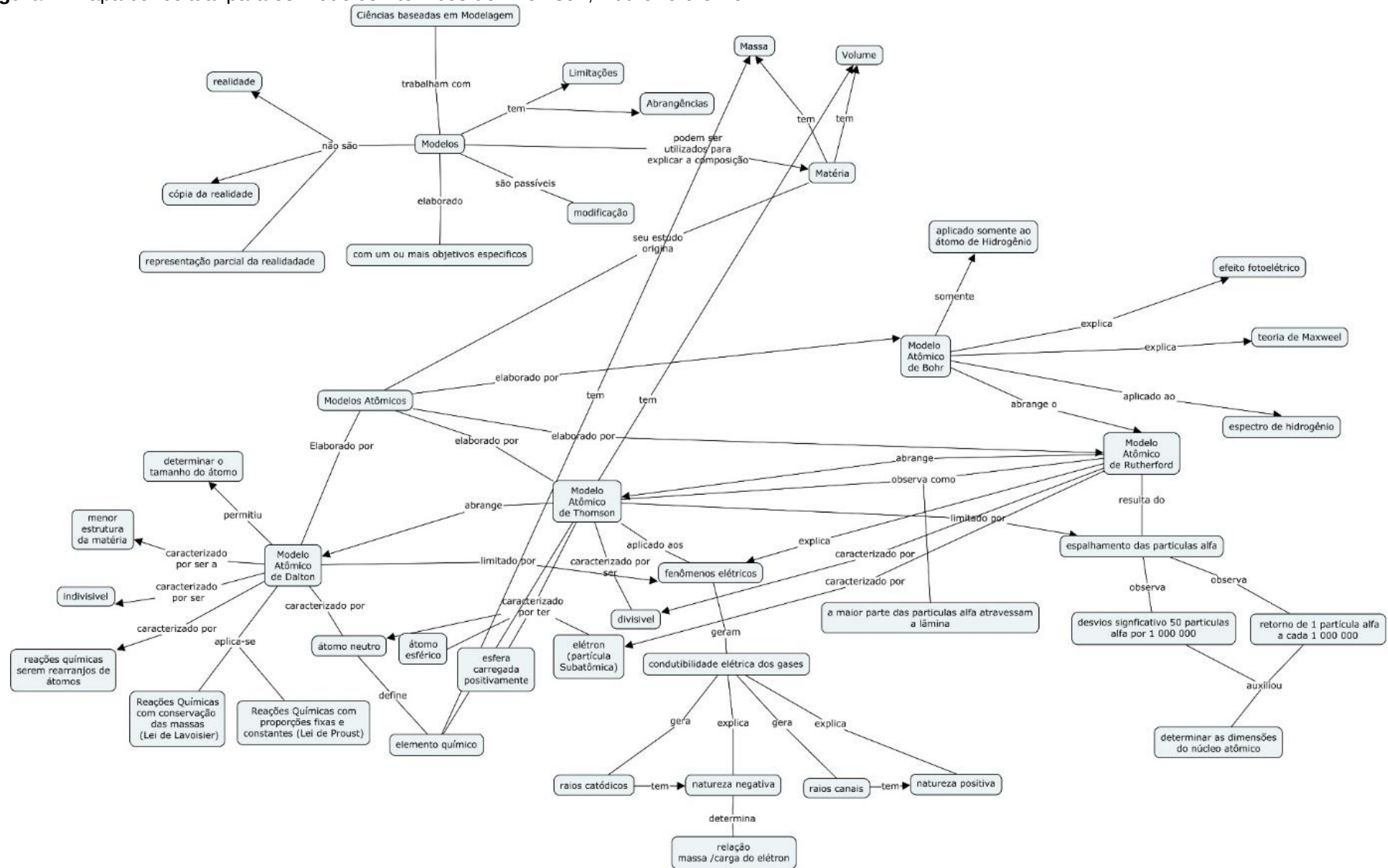
Para a interpretação dos fatos ou fenômenos a nível teórico foi efetuada uma pesquisa quanto as principais características de cada um dos modelos atômicos que seriam estudados pela UDM – Vamos Modelar! e suas limitações como modelo explicativo. Além do aprofundamento quanto às formas simbólicas de representação de cada um dos modelos atômicos.

A etapa da *Análise científico-epistemológica* estendeu-se na pesquisa de informações quanto ao perfil conceitual dos estudantes quando envolvidos na aprendizagem de modelos atômicos. Determinou-se quatro perfis conceituais relacionados à aprendizagem de modelos atômicos. Os estudantes podem se encontrar nos perfis: zona sensorialista, zona substancialista, zona clássica e zona quântica (MORTIMER, 2000 apud LOPES, 2017).

Para finalizar a etapa, o professor autor elaborou um mapa conceitual, o qual permitiu ao docente a interligação dos conceitos em investigação com o intuito de evitar o ensino fragmentado dos conteúdos de modelos atômicos (BEGO, 2016)

O mapa conceitual representado abaixo, mostrou a elevada complexidade de estabelecer as interrelações entre os diversos modelos atômicos, dados empíricos e características. Note também, que o docente se esforçou por relacionar o estudo de modelos atômicos as ações de modelagem. Na tentativa de construir um todo teórico condizente com a abordagem metodológica utilizada.

Figura 2. Mapa conceitual para os Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr



Fonte: Elaboração própria.

A etapa de *Análise científico-epistemológica* mostrou-se desafiante no processo de elaboração, pela complexidade da pesquisa acerca do conhecimento estruturante para o desenvolvimento das atividades em sala de aula, porém permitiu ao docente a reflexão em relação ao próprio conhecimento conceitual. Além da tomada de contato com alguns termos nunca trabalhados anteriormente como perfil conceitual.

O perfil conceitual permitiu ao docente compreender que cada estudante tem uma forma de interiorizar as informações e, por consequência, de expressá-las. Com isso, os discentes podem se encontrar em vários momentos de aprendizagem distintos. Por exemplo, o conhecimento do perfil conceitual substancialista permitiu ao docente reconhecer nos modelos elaborados por alguns estudantes a substancialização da propriedade macroscópica correspondente à geração de luz. Fato atribuído pelos discentes à determinada parte da estrutura atômica.

A etapa de *Análise científico-epistemológica* permitiu a reflexão quanto ao eu docente, as ferramentas conceituais para a compreensão/reflexão quanto ao conteúdo e onde se encontravam os discentes em termos de concepções atômicas. Uma etapa estruturante do conteúdo permitiu enxergar que conhecimento científico nunca é demais. Mesmo quando se trata de matéria de consagrada no currículo, pois descobre-se que sempre se tem algo a mais para se aprender.

A etapa subsequente foi a da *Análise didático-pedagógica*. Esta promoveu a reflexão a propósito dos conhecimentos discentes. Tanto que levantou as concepções alternativas dos estudantes, os obstáculos epistemológicos relacionados à aprendizagem da UDM e suas implicações para o ensino (BEGO, 2016).

As concepções alternativas foram difíceis de serem levantadas. A pesquisa foi um processo demorado, mas levantou as possíveis dificuldades presentes no esforço de aprendizagem dos estudantes. Nas pesquisas, descobriu-se uma concepção alternativa que merece menção: a concepção que estudantes demonstraram ter quanto às dimensões atômicas. Para muitos discentes, a célula é menor que o átomo (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009). Não se imaginava que tal ideia seria possível. Observe que as impossibilidades estudantis começaram como possibilidades e necessárias de atenção para o melhor fazer na prática de ensino.

O levantamento das concepções alternativas mostrou concepções que o professor nunca imaginou e que estavam associadas à aprendizagem de modelos atômicos. A diversidade de concepções alternativas parece surgir devido às diferentes formas de mediação que o indivíduo estabelece com as informações. Com isso, cada indivíduo cria sua própria forma de tornar explícito o que se encontra implícito na sua mente (VOSNADIOU, 2002). Isso evidenciou como é importante o papel docente na moderação do conhecimento de modelos atômicos. Não para dar as respostas, mas provocar as dúvidas para a construção e reconstrução das ideias no processo de construção de modelos.

Dentro da análise didático-pedagógica, ainda se efetuou a análise dos obstáculos epistemológicos relacionados ao conteúdo da UDM. Os principais obstáculos envolvidos foram o obstáculo realista e o obstáculo verbal (REIS; KIOURANI; SILVEIRA, 2010).

O obstáculo realista envolvia o estudante tomar como real ou concreto um modelo abstrato. Uma particularidade necessária de considerar-se quando efetua o estudo de modelos via Ensino Fundamentado em Modelagem (REIS; KIOURANI; SILVEIRA, 2010). O obstáculo verbal é mostrado pelo uso de analogias como forma preponderante de explicar um conceito em lugar das explicações teóricas e racionais (REIS; KIOURANI; SILVEIRA, 2010).

O levantamento das concepções alternativas e obstáculos epistemológicos ofertou ao professor autor e pesquisador da própria prática os subsídios para reflexão, que é explicitado em *Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM*.

Nas *implicações para o ensino dos conteúdos previstos pela UDM-Vamos modelar!*, o docente tomou como principal prerrogativa evitar ao máximo o uso de analogias para identificação dos modelos atômicos, pois o professor julgou que tolheria o desenvolvimento discente em sua autonomia que permitiria desenvolver diferentes formas de pensar (MELO; NETO, 2013). Além do professor reconhecer seu papel como elaborador de ricos contextos para o desenvolvimento das atividades de modelagem (JUSTI, 2008).

Na sequência do planejamento didático-pedagógico da UDM-Vamos modelar! efetuou-se o estudo da *Abordagem metodológica empregada na implementação da UDM*. A abordagem metodológica escolhida para o estudo dos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr foi o Ensino Fundamentado em Modelagem, o qual é

uma atividade processual que envolve a elaboração, expressão e testes dos modelos por meio da reelaboração dos modelos percebidas suas limitações (JUSTI, 2010).

Observe que, a análise do *Contexto Didático-Pedagógico, Análise Científico-Epistemológica, Análise didático-pedagógica e Abordagem metodológica* prepararam o professor em termos de conhecimentos científicos e pedagógicos que o auxiliariam na *Seleção de objetivos de estratégias de avaliação*.

A delimitação do objetivo geral e objetivos específicos visou a concretização das orientações curriculares oficiais. O conhecimento curricular e as orientações curriculares oficiais não eram suficientes para a proposição de objetivos de ensino adequados. As etapas anteriores da UDM-Vamos Modelar! auxiliou no fornecimento de subsídios complementares, que permitiram ao docente possibilidades de elaborar mais adequadamente os objetivos.

Os objetivos assumiriam papel primordial para o planejamento didático-pedagógico devido delinearem o norte para o desenvolvimento das atividades em sala de aula.

Outra consequência, é que os objetivos geral e específicos foram os responsáveis por determinarem os instrumentos de avaliação a serem empregados no processo de ensino. No Quadro 19 são apresentadas as seções de Seleção de Objetivos e Estratégias de Avaliação.

Quadro 19. Seleção de objetivos e estratégias de avaliação

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM	Vamos modelar!		
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	• classificação e estabelecimento de critérios; • controle de variáveis; • Elaboração de modelo explicativo; • Ideias de Thomson, Rutherford e Bohr para o átomo.		
Objetivo da UDM	Aplicar técnicas de Modelagem no estudo de Modelos Atômicos, implementando atividades de modelagem para melhor compreensão dos limites, abrangências e aplicações de cada um dos modelos atômicos.		
Sequência Didática	Objetivo da SD	Conteúdo Programático	Tempo Aproximado (em aulas)
Oh Dalton! Foste longe demais!	Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos.	• Modelos e Modelagem • Modelo Atômico de Dalton	2
Thomson:	Analisar o Modelo Atômico de	• Fenômenos elétricos da	2

Foste injustiçado pelos livros!	Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	matéria • Modelo Atômico de Thomson	
Rutherford: Foste habilidoso!	Analisar o Modelo Atômico de Rutherford, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Emissões de partículas alfa • Experimento de espalhamento das partículas alfa • Modelo atômico de Thomson	2
Bohr: Não é o fim de tudo!	Analisar o Modelo Atômico de Bohr, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Espectroscopia para identificação de materiais • Experimento do teste de chama • Modelo Atômico de Bohr	2
Tempestade de modelos	Analisar os diversos modelos atômicos como construções humanas; organizando as informações características de cada um dos modelos e diferenciado a abrangência de cada um dos modelos.	• Modelo Atômico de Dalton • Modelo Atômico de Thomson • Modelo Atômico de Rutherford • Modelo Atômico de Bohr	1

Fonte: Apêndice I

Os diversos momentos de pesquisa no exercício do planejamento-didático pedagógico conduziram o professor autor e pesquisador a refletir sobre a etapa *Seleção de estratégias didáticas e instrumentos de avaliação*, para a construção da forma de implementação da UDM-Vamos Modelar!, que permitiria o estudo de modelos atômicos pela abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem.

A etapa de *Seleção das estratégias didáticas e instrumentos de avaliação* envolveu o docente na busca das estratégias adequadas para a prática do ensino conciliando com as atividades. Além do pensar nos recursos didáticos e materiais de aprendizagem necessários ao desenvolvimento da aula e, principalmente, nos instrumentos de avaliação pertinentes ao processo de aprendizagem (BLANCO; PÉREZ, 1993).

O Quadro 20, mostrou uma seção da *Seleção das estratégias didáticas e estratégias de avaliação* que seriam empregadas pelos docentes na sua aula. Note que o professor utilizou a estratégia de aula expositivo dialogada. Para avaliar os estudantes efetuou a avaliação da aprendizagem os estudantes através de meios discursivos caracterizado pelas repostas no material de aprendizagem e análise das argumentações dos estudantes.

Quadro 20. Seleção de das estratégias didáticas e das estratégias de avaliação

Quadro 29. Seleção de das estratégias didáticas e das estratégias de avaliação

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Oh Dalton! Foste longe demais!				
Objetivo da SD	Lembrar do modelo atômico de Dalton, reconhecendo suas características e abrangências.				
Estratégias de Avaliação	Observação dos alunos na aula expositivo dialogada; análise das respostas dos alunos aos diversos questionamentos presentes no material de aprendizagem.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1ªAula	Aula expositivo dialogada	Modelos e modelagem; Modelo Atômico de Dalton	1 aula: tempo real de quarenta minutos	Projektor multimídia	• Análise das respostas dos alunos no material de aprendizagem. • Análise da argumentação dos alunos durante os questionamentos.
			Aula multimídia desenvolvida para o modelo atômico de Dalton	Material de aprendizagem para desenvolvimento das atividades	
			Carteiras dispostas em fileiras		

Fonte: Apêndice I

Observe que a estratégia de avaliação consistiu na “Observação dos alunos na aula expositivo dialogada; análise das respostas dos alunos aos diversos questionamentos presentes no material de aprendizagem”. Uma forma de contemplar o que foi especificado como estratégia de avaliação era análise o texto discursivo e a argumentação dos estudantes durante o questionamento. O docente compreendeu que o avaliar não era apenas por meio de textos, mas também análise da expressão oral de seus estudantes sobre os conteúdos em discussão.

O fato acima destacado mostrou que o professor precisava considerar outros meios de avaliação que não considerassem apenas a tradicional produção textual para a avaliação dos discentes. O docente precisava também considerar o desenvolvimento de outras habilidades como as habilidades investigativas e a capacidade argumentativa dos estudantes (MAIA; JUSTI, 2009; JUSTI, 2015).

Na etapa de *Seleção de objetivos e estratégias de avaliação das disciplinas*, o professor considerou na sua prática avaliativa os diversos materiais produzidos pelos discentes no desenvolvimento das sequências didáticas. Outra forma de avaliação considerada foram as participações dos discentes nas diversas discussões e momentos de avaliação pelos pares. O olhar para tal etapa era direcionado para o

levantamento dos conhecimentos prévios e posteriores para subsidiar futuras ações em sala de aula.

O desenvolvimento do planejamento didático-pedagógicos da UDM-Vamos Modelar! possibilitou ao docente o aprofundamento e reflexão em relação ao seu conhecimento científico e pedagógico, o que o conduziu a tornar-se cômico de sua potencialidade como docente pesquisador e autor de sua prática pedagógica. Prática que resultou na produção de um novo material para ser implementado no ensino de modelos atômicos.

A UDM-Vamos modelar! desenvolvida com o emprego da abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem permitiu a consciência da necessidade de mudança de sua prática de ensino por meio da busca da liberdade para planejar e agir em prol dos melhores instrumentos para a aprendizagem dos estudantes, ou seja, a redescoberta da autonomia docente.

Autonomia docente como instrumento de transformação do planejamento didático-pedagógico pela proposição de um novo caminho para o ensino e a aprendizagem de modelos atômicos. Porém, a trilha apresentada é apenas mais uma das muitas existentes.

O Ensino Fundamentado em Modelagem demandou muito da capacidade de planejamento didático-pedagógico porque constituiu algo diferente da prática de sala de aula ao qual o professor estava habituado. Afinal, a implementação de uma nova abordagem metodológica imprime a necessidade de incorporação de novos referenciais e abandono de antigas concepções.

O Ensino Fundamentado em Modelagem refletiu na transformação da prática docente. Uma prática altamente cristalizada na transmissão de conhecimento para uma prática que envolvia a necessidade de um professor capaz de ouvir as ideias de seus estudantes e incentivando a expressão do contraditórias pelo grupo sempre com incentivo as discussões, pois estas permitem ao discente seu engajamento ativo na produção do conhecimento na produção de modelos (HALLOUN, 2004 apud JUSTI, 2006).

Uma abordagem metodológica que mostrou ao docente a necessidade de mudanças na sua forma de ensinar. Fato intuído pelo entendimento da necessidade dos diálogos nos trabalhos em grupo para o aprender dos estudantes como forma de proporcionar o sujeito ativo no processo de aprendizagem; a compreensão que uma sala de aula organizada é aquela foi organizada adequadamente para a

ocorrência da aprendizagem e, principalmente, a necessidade de aprender com a própria prática.

Mudar práticas cristalizadas pelo exercício do tempo é um processo que envolveu intensos esforços de transformação da prática pedagógica docente para uma nova forma de agir condizente com a abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem, a qual auxiliou no processo conquista da autonomia devido a exigências de aquisição tanto de conhecimentos científicos quanto pedagógicos.

Afinal, a autonomia docente é mais que o gerenciamento da sala de aula pelo desenvolvimento de material apostilado da Secretaria Estadual de Educação do Estado de São Paulo. A autonomia envolveu o professor na construção de novos conhecimentos. Saberes que não seriam fornecidos por cursos de orientação técnica. Conhecimentos que passaram pela aquisição de conhecimentos pelo docente devido a sua escolha em aprender para ensinar.

A autonomia docente constituiu-se na liberdade de planejamento didático-pedagógico por meio de produção autoral de materiais de ensino. A UDM e o Ensino Fundamentado em Modelagem constituíram em ferramentas importantes para a concretização do professor não apenas como autor, mas também pesquisador da própria prática.

6 Considerações Finais

A pesquisa realizada teve como objetivo investigar os impactos da implementação de uma Unidade didática Multiestratégica, baseada na metodologia do Ensino Fundamentado em Modelagem, no desenvolvimento conceitual dos discentes sobre modelos atômicos.

Para possibilitar o desenvolvimento da pesquisa para concretude do fim proposto foi efetuada uma pesquisa-ação por meio da elaboração de UDM-Vamos Modelar!, a qual foi aplicada nas salas de ensino médio de uma escola estadual paulista. Tal prática possibilitou o levantamento de diversos dados acerca da aprendizagem discente e evolução da prática docente.

O professor constituiu fonte da coleta de dados devido ao exercício da reflexão da prática e diários de aula. Os estudantes por meio do preenchimento do material de aprendizagem geraram parte das informações acerca dos modelos elaborados e reelaborados, as quais foram complementadas com informações sobre a participação discente oriundas do processo de documentação por vídeo da aula ministrada.

Conforme os dados observados, o Ensino Fundamentado em Modelagem proporcionou a evolução conceitual dos discentes no estudo do Modelo Atômico de Thomson. O processo parece ocorrer devido às diversas etapas de modelagem a que um modelo é submetido, o que permite ao estudante elaborando modelos que se aproximem mais da realidade do fenômeno modelado.

Notou-se a maior evolução conceitual dos modelos elaborados para os modelos reelaborados. O fato parece possível devido às maiores possibilidades de reflexão em relação aos objetivos delimitados na Etapa 1, o que permite maiores oportunidades de análise e compreensão da situação-problema e conduz à formulação de novos questionamentos (JUSTI, 2009) e, por consequência, permite um movimento de reelaboração de modelo que reconheça as inadequações das ideias anteriormente manifestadas.

A etapa de socialização e avaliação pelos pares se constituiu em uma oportunidade singular para os discentes desenvolverem suas capacidades argumentativas na tentativa de validação de seus modelos perante os demais estudantes.

Os dados evidenciaram que, no momento de socialização, os estudantes de alguns grupos propuseram hipóteses alternativas para tornar seus modelos adequados perante o processo de avaliação pelos pares. Isso mostra que alguns estudantes-apresentadores, durante a apresentação, tomaram consciência de características que tornavam o modelo reelaborado inadequado.

A etapa de socialização mostrou estratégias empreendidas pelos discentes para mostrar as abrangências ou limitações do modelo apresentado por outros grupos. Os estudantes em alguns momentos ao perceberem a falha conceitual ou falta de preparo de seu colega acabavam por dirigir considerável número de questionamentos para mostrar a inadequação do modelo proposto; questionamentos sutis para fazer o próprio estudante aceitar a inadequação de seu modelo; e indagação para auxiliar o estudante-apresentador a compreender e validar o modelo apresentado. Observe a sala de aula com os estudantes exercendo papéis presentes no mundo científico.

Uma característica relevante do Ensino Fundamentado em Modelagem é que favoreceu o engajamento ativo dos estudantes na prática de sala de aula por meio da construção de modelos (FERREIRA; JUSTI, 2005; JUSTI, 2010).

Também se observou o maior engajamento dos estudantes nas atividades de sala de aula por meio dos diálogos construídos entre os estudantes na busca de soluções para a situação-problema proposta nas diversas etapas da modelagem.

A aparente desvantagem do Ensino Fundamentado em modelagem residiu no tempo. Pode se constatar que a aplicação das diversas etapas de modelagem exige tempo para o seu adequado desenvolvimento pelos discentes.

A implementação da UDM-Vamos modelar! concretizou-se como uma oportunidade singular para o desenvolvimento profissional por meio de produção autoral de novos materiais.

Como se constatou, o processo de elaboração do material envolveu profunda pesquisa para o atendimento das diversas etapas da UDM. Pesquisas que abarcaram o desenvolvimento conceitual químico e pedagógico do professor envolvido no processo.

Os movimentos de pesquisa executados mostraram ao docente a importância de trilhar o caminho da evolução conceitual para tornar-se a cada dia um professor aberto a novas práticas de ensino. Afinal, o professor sempre tem um pouco mais a aprender para tornar-se mais apto a ensinar.

A implementação da UDM se constituiu em um meio para o melhor emprego do Ensino Fundamentado em Modelagem devido à preparação do professor para o emprego da metodologia através da pesquisa acerca da natureza da ciência envolvida no processo a ser modelado, modelos e modelagem. Ações que permitiram ao docente a reflexão crítica sobre o processo a ser implementado com seus estudantes (FERREIRA; JUSTI, 2005).

Toda a pesquisa empreendida pelo docente autor e pesquisador da própria prática buscou seu preparo para o desenvolvimento da abordagem metodológica do Ensino Fundamentado em Modelagem por meio da aquisição dos fundamentos teóricos do tema abordado e referencial da abordagem metodológica adotada.

Fato observado O movimento de pesquisa proporcionado pelo Análise científico-epistemológica (conteúdo programático da UDM, pré-requisitos da UDM, orientações curriculares oficiais sobre o tema, conteúdos conceituais, perfil conceitual, mapa conceitual), análise didático-pedagógica (concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UDM, obstáculos epistemológicos relacionados ao conteúdo da UDM, implicações para o ensino de conteúdos de ensino da UDM) e abordagem metodológica (princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida) permitiram ao docente a aquisição de um arcabouço teórico que deu suporte para o desenvolvimento do Ensino Fundamentado em Modelagem.

A autonomia docente encontrou seu espaço na formação de um professor autor e pesquisador da própria prática. Docente que empregou a liberdade de agir e planejar na produção de novos materiais por meio de planejamento didático-pedagógico proporcionado pela UDM.

Autonomia que residiu no anseio pela liberdade de planejar e agir sempre na busca do melhor para a aprendizagem discente. Note que o anseio é elemento fundamental para o exercício da autonomia docente. Afinal, liberdade sem o desejo intenso de planejar e agir é aceitação do que se encontra. É aceitar o que está apostilado.

Portanto, o elemento motivador da busca da construção da autonomia é o anseio pela liberdade de planejamento didático-pedagógico. Anseio construtor possível de ser colocado em prática por meio da UDM, que permitiu ao docente a estruturação de seus conhecimentos e habilidades para a implementação de sua prática pedagógica e torna-se pesquisador e autor da própria prática.

Com base nos dados apontados na pesquisa é possível visualizar perspectivas para novas investigações sobre Ensino Fundamentado em Modelagem e planejamento didático-pedagógico por meio da UDM, tais como: a) investigar a autonomia docente como caminho para o desenvolvimento da formação continuada docente; b) analisar o Ensino Fundamentado em Modelagem e sua importância na construção de modelos em todas as esferas de ensino; c) estudar a autonomia docente fundamentada na pedagogia histórica crítica associada a modernidade líquida como instrumento importante para o docente se adequar a sala de aula em constante evolução.

Torna-se imperativo considerar o envolvimento docente em todas as etapas da produção da UDM-Vamos Modelar!, que envolveu seu trabalho em aprender a aprender para superar os obstáculos ao seu ensinar. Necessidades que não nasceram da imposição de um material, mas da necessidade de tentar fazer algo novo e melhor, que levou o docente a redescoberta de sua autonomia a muito perdida.

Referências

ALVES, D.P. **Formação continuada para professores de Ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos**. 2012. 225 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 1.ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. p.17-28

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**: Edição revista e ampliada. 1. ed. ver. São Paulo: Edições 70, 2016.

BEGO, A. M. Trabalho escolar e Trabalho docente. In: **Padronização e controle do trabalho docente**: Um caso sobre o avanço das Parcerias Público- Privadas na Educação Básica. 1. ed. [S.I.]: Editora Novas Edições Acadêmicas, 2013. cap. 4, p.115-165.

BEGO, A. M. A implementação de Unidades Didáticas Multiestratégicas na formação inicial de professores de Química. **Textos FCC**, São Paulo, v. 50, p. 55 -72, nov. 2016. Disponível em: <http://publicacoes.fcc.org.br/ojs/index.php/textosfcc/article/view/4316>. Acesso: em 12 nov. 2017.

BEGO, A. M.; SGARBOSA, E. C. Transitando entre o planejamento teórico e a realidade do cotidiano escolar: vivências, desafios e aprendizados. In: Colvara, L.D; Oliveira, J.B.B de (orgs). **Metodologias de Ensino e Apropriação de Conhecimento Pelos Alunos**. São Paulo: Cultura Acadêmica–Universidade Estadual Paulista, 2016. v.2. cap.1, p.8-32.

BEGO, T. M. **Conhecimentos implícitos e explícitos dos professores em química em formação inicial**: a implementação de unidades didáticas Multiestratégicas como percurso formativo. 2017. 225f. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 2017.

BLANCO, G. S.; PÉREZ, M. V. V. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n. 1, p. 33-44, 1993.

BLANCO, G. S.; PÉREZ, M. V. V. La utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la educación secundaria. **Enseñanza de las ciencias**, v.15, n.1, p.35-50, 1997.

BRASIL. Constituição (1934). **Constituição do Estados Unidos do Brasil**. Diário Oficial da União - Seção 1 - Suplemento - 16/7/1934, Página 1 (Publicação Original). Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1930-1939/constituicao-1934-16-julho-1934-365196-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 16 jan. 2018.

BRASIL. Constituição (1946). **Constituição dos Estados Unidos do Brasil**. Rio de Janeiro, RJ: Assembleia Constituinte, [1946]. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1940-1949/constituicao-1946-18-julho-1946-365199-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 16 jan 2018.

BRASIL. Constituição (1946). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/consti/1940-1949/constituicao-1946-18-julho-1946-365199-publicacaooriginal-1-pl.html>. Acesso em: 16 jan. 2018.

BRASIL. Constituição (1967). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília: Casa Civil, 1967. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao67.htm. Acesso em: 16 jan. 2018.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 12 fev. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a Base**, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 02. jul.2019

BRASIL. CONGRESSO NACIONAL. Lei nº9.394/1996. **LDB: Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN)**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm. Acesso em: 21 jan. 2018.

CARMO, M. P. Do; MARCONDES, M. E. R. Abordando as soluções em sala de aula – uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. **Química Nova na Escola**. v. 28, p.37-41, mai. 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbg.org.br/online/qnesc28/09-AF-1806.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2017.

CONTRERAS, C. **Autonomia dos professores**. 2. Ed. São Paulo: Editora Cortez, 2012. cap. 1. p. 35-59.

D'AMBROSIO, B.S; LOPES, C.E. Insubordinação Criativa: Um convite à reinvenção do educador matemático. **Bolema**, Rio Claro, v. 29, n. 51, p.1-17, abr. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bolema/v29n51/1980-4415-bolema-29-51-0001.pdf>. Acesso: em 12 nov. 2017.

DAVID, C. M. Implantação da proposta curricular do estado de São Paulo/2008; o caderno do professor. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, [S.l.], v. 7, n. 3, p. 184-195, dez. 2012. Disponível em: <http://seer.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/5731>. Acesso em: 26 nov. 2017.

FERREIRA, P. F. M; JUSTI, R. S. Atividades de construção de modelos e ações envolvidas. Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5., 2005, Bauru-SP. **Atas...**Bauru: UNESP, 2005, p. 1-12. Disponível em: http://abrapecnet.org.br/atas_enpec/venpec/conteudo/artigos/1/pdf/p376.pdf. Acesso em: 10 dez. 2019.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 55. ed. São Paulo/Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra, 2017.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos Íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. **Química Nova na Escola**, v. 31, n. 4, p. 275 – 282, 2009.

GAUCHE, R; TUNES, E. Ética e autonomia: A visão de um professor do ensino médio. **Química Nova na Escola**. v.15, n.15, p. 35-38, mai.2002. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc15/v15a07.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2017.

GAUCHE, R; TUNES, E. Pesquisa e autonomia do Professor de Química. In: ROSA, M. I. P; ROSSI, A. V. (orgs). **Educação Química no Brasil: Memórias, políticas e tendências**. 2. ed. Campinas: Editora Átomo, 2012. cap.8, p. 161-182.

GILBERT, J.K; BOULTER, C.J; ELMER, R. Positioning Models in Science Education and in Design in Tecnology Education. In: GILBERT, J.K; BOULTER, C.J. eds, **Developing model in Science Education**. 1ªed. New York: Springer Science+Business Media, 2000. Cap1. p. 03-17.

GILBERT, J. K; JUSTI, R. S. Modelling teacher's views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. **International Journal of Science Education**. V. 24, n. 4, p. 369-387, 2002.

GUERRERO, J.A.C. Los modelos en la enseñanza de Ciencias. In: CHAMIZO, J.A; FRANCO, A.G. (Coords.). **Modelos y modelaje en la enseñanza de las Ciencias Naturales**. 1ª. ed. Ciudad Universitaria México: Universidad Nacional Autónoma México, 2010. Cap1.p13-18.

HON, G; GOLDSTEIN, B. R. J. J. Thomson's plum-pudding atomic model: The making of a scientific myth. **Annalen der Physik**, Berlin, v.525. n. 8-9, p. A129-A133, 2013.

JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 2, n. 24, p. 173-184, 2006.

JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). **Ensino de Química em foco**. Unijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230.

JHONSTONE, A.H. "The development of chemistry teaching". **Journal of Chemical Education**, v. 70, n. 9. p. 701-705, set. 1993.

JUSTI, R. Relações entre argumentação e modelagem no contexto da ciência e do ensino de ciências. **Revista Ensaio, Belo Horizonte**, v.17. n. especial, p. 31-48, nov. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/epec/v17nspe/1983-2117-epec-17-0s-00031.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

LOPES, A.R.C. Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da Ciência Química. **Química Nova**, v. 15, n.3, p. 254-261, 1992.

LOPES, R.O. **A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas**. 2017. 153 f. Dissertação (Pós-Graduação de Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2017.

LUIZI, P.M; THOMAS, R. The pictographic molecular paradigm. Pictorial communication in the chemical and biological sciences. *Die Naturwissenschaften*. Zurich, v.77, n.2, 67-68, fev. 1990. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01131776>. Acesso em: 17 jul.2019.

MAIA, P. F; JUSTI, R. Contribuições de atividades de modelagem para o desenvolvimento de habilidades de investigação. In: **ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS**, 7., 2009 Florianópolis. p.1-12.

MAIA, J. O; VILLANI, A. A relação de professores de Química com o livro didático e o caderno do professor. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias** Vol. 15, n. 1, p.121-146, 2016. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen15/REEC_15_1_7_ex969.pdf. Acesso em: 20 dez. 2019.

MARIA, C. J; LOPES, J. B; TOMMASIELLO, M. G. C. Influências do “Caderno de Química” em práticas de ensino em sala de aula. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 21, n. 2, p. 329-349, 2015. Disponível em: www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n2/1516-7313-ciedu-21-02-0329.pdf. Acesso em: 20 dez. 2019.

MARCONDES, M. E. R. et al. **Material de Apoio ao Currículo do Estado de São Paulo: Caderno do aluno – Química**. 2ªSérie, v.1, São Paulo, 2017.

MARTINS, A. M. Autonomia e Educação: A trajetória de um conceito. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, n.115, p.207-232, mar. 2002. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cp/n115/a09n115.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2018.

MELLO, M.R. **Estrutura atômica e ligações químicas: uma abordagem para o Ensino Médio**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química, Universidade de Campinas, Campinas, 2002. Disponível em: http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CAMP_064653a702e13833f7d5411ef7d5e906. Acesso em: 17 nov. 2018.

MELO, M. R; NETO, E. G.L. Dificuldades de ensino aprendizagem dos modelos atômicos em Química. **Química Nova na escola**. v.35. n. 2, p.112-122, mai. 2013. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc35_2/08-PE-81-10.pdf. Acesso em: 01 dez. 2019.

MENDONÇA, P.C.C; JUSTI, R. Favorecendo o aprendizado do modelo eletroestático: análise de um processo de ensino de ligação iônica fundamentado em modelagem – Parte II. **Educación Química**, Cidade do México, v. 20, n. 3, p. 373-382, 2009.

MINIDICIONÁRIO Aurélio da Língua Portuguesa: Nova Edição. 3.ed. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1993. p.577.

MORAES, A. de. **Direito Constitucional**. 31. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2015. p.958.

MOREIRA, A.M; ROSA, P.R.S. **Pesquisa em ensino:** Métodos qualitativos e quantitativos. 1. ed. Porto Alegre: Instituto de Física – UFRGS, 2009. p.16-18

MORTIMER, F.M. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências (IENCI)**, Belo Horizonte, V1, n1, p.20-39, 1996. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645/436>. Acesso em: 15 jul.2019.

NERSESSIAN, J.N. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In: MAGNANI, L; NERSESSIAN, J. L; THAGARD, P. (eds). **Model-based Reasoning in Scientific Discovery**. New York: Kluwer and Plenum Publishers, 1999, p.5-22.

ONU. Resolução 217 A III, 10 de dezembro de 1948. **Declaração Universal dos Direitos Humanos**. Disponível em: https://www.unicef.org/brazil/pt/resources_10133.htm. Acesso em: 16 jan. 2018.

OSBORNE, J. Beyond Constructivism; In: The proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies. In: **Science and Mathematics**. 1993, New York, 1993. Anais...Ithaca, NY, Misconceptions Trust, 1993. p.01-23. Disponível em: http://www.mlrg.org/proc3pdfs/Osborne_BeyondConstructivism.pdf. Acesso em: 15 jul. 2019

REIS, J.M.C. dos; KIOURANIS, N.M.M; SILVEIRA, M.P. Conceito de átomo: obstáculos epistemológicos e o processo de ensino e aprendizagem. In: **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 10., 2015, Águas de Lindóia, p. 1-8.

RODRIGUES, H. W; MAROCCO, A. de A. L. Liberdade de cátedra e a Constituição Federal de 1988: alcance e limites da autonomia docentes. In: CAÚLA, B. Q. et al. **Diálogo ambiental, constitucional e internacional**. Fortaleza: Premium, 2014. v. 2. p. 213-238. Disponível em: https://abmes.org.br/arquivos/documentos/hwr_artigo2014liberdadecatedra_unifor.pdf. Acesso em: 16 jan. 2018.

ROZENBERG, I. M. **Química Geral**. São Paulo: Edgard Blucher: Instituto Mauá de Tecnologia. 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. 1. ed. atual. São Paulo: SEE, 2011. 152p. Disponível em: < <http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2018.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. **Caderno do Professor**. Os professores contam com material direcionado para o preparo de aulas e atividades com alunos. Disponível em: <https://www.educacao.sp.gov.br/caderno-professor>. Disponível em: 20 dez. 2019a.

SÃO PAULO. Secretaria da Educação do Estado de São Paulo. **Caderno do Aluno**. Material pedagógico auxilia alunos da rede estadual no desenvolvimento de competências do Currículo Oficial. Disponível em: <https://www.educacao.sp.gov.br/caderno-aluno>. Disponível em: 20 dez. 2019b.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. 18. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2011.

THOMSON, J. J. **The corpuscular theory of matter**. Cambridge: Archibald Constable & CO. LTD, 1907.

VOSNIADOU, S. Mental Models in Conceptual Development. *In*: MANGANI, L; NERSESSIAN, N. J. (Eds.). **Model Based Reasoning: Science, Technology, Values**. New York: Kluwer/Plenum, 2002. p. 3-18. Disponível em: <http://gral.ip.rm.cnr.it/borghini/vosniadou.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2019.

YIN, R. K. **Pesquisa qualitativa do início ao fim**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Penso, 2016.

ZABALZA, M.A. **Diários de Aula: um instrumento de pesquisa e desenvolvimento profissional**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Artmed, 2004.

APÊNDICE I

UDM - VAMOS MODELAR!

VERSÃO USADA NO PRIMEIRO CICLO

INSTRUMENTO PARA PLANEJAMENTO DE UNIDADE DIDÁTICA MULTISTRATÉGICA (UDM)

(Vrs08 - Amadeu Bego - 16.nov.2017)

IDENTIFICAÇÃO DO TRABALHO	
CURSO	Mestrado ProfQui
INSTITUIÇÃO	Instituto de Química – Campus Araraquara
DISCIPLINA	Mestrado Profissional em Química
PROFESSOR	Professor Doutor Amadeu Moura Bego
AUTOR DA UDM	Carlos Rodrigo Aravéchia de Sá
DATA E VERSÃO DA UDM	

CONTEXTO DA INTERVENÇÃO DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
NOME DA UNIDADE ESCOLAR	Escola Estadual Paulista
ENDEREÇO COMPLETO	Rua Quintino do Valle, nº 600
TELEFONE E E-MAIL	16 – 3385 1920 / e022100a@educacao.sp.gov.br
CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE ESCOLAR	A Escola Estadual Paulista, situada à Rua QV, nº 600, centro, em uma cidade do estado de São Paulo. O Ginásio Estadual de Tabatinga, atualmente em funcionamento com o nome de EE Abdalla Miguel, muitos sacrifícios e muitos anos e anos de espera custou a seus habitantes. Há muito tempo sentia-se a necessidade sua instalação, pois várias famílias procuravam outras cidades a fim de melhor educar seus filhos. A primeira tentativa de criação do ginásio foi em 1947, quando o senhor Miguel José da Silva, então vereador da cidade do Estado de São Paulo, lança a campanha para a criação do ginásio Municipal, conseguindo seu registro e a autorização para inspecionar, com esperança de que o mesmo tivesse o destino de muitos outros, que logo eram encampados pelo Estado. Vivia-se a época após o Estado Novo, e o fim do autoritarismo, movimentos de bairros se organizavam em várias regiões da cidade de São Paulo reivindicando melhores condições de vida, incluindo ginásios públicos, mas não obteve êxito, pois não contou com o apoio dos dirigentes da municipalidade. Para a construção de um ginásio na cidade do Estado de São Paulo, Lavoisier Nogueira Garcez, Governador do Estado de São Paulo, usando de suas atribuições que lhe são conferidas por lei condiciona a instalação do estabelecimento de ensino à doação de um terreno na cidade, cujas dimensões satisfizessem as exigências legais vigentes como a construção. Muitas opiniões foram ouvidas a respeito da construção do prédio, este parecia difícil em virtude de a prefeitura não contar com rendas suficientes. A câmara municipal aprova o projeto do vereador Miguel Jose da Silva, autorizando o prefeito municipal, senhor Santo Marquesi, a emitir apólices públicas no valor de quinhentos cruzeiros cada uma, para que as mesmas, fossem resgatadas pela prefeitura no prazo de 10 anos, com juros para seus portadores. Ao primeiro impacto o povo titubeou, mas a seguir todos atenderam ao projeto adquirindo as ações, o que possibilitou a reforma e ampliação no antigo prédio onde funcionava o Jardim de Infância da Dona Djanira. Satisfeitas as exigências das leis federais e estaduais o senhor Governador do Estado Dr. Jânio da Silva Quadros, autorizou sua imediata instalação para agosto de 1955. E por um ato 30 da senhora secretária da Educação, professora Carolina Ribeiro, publicado em 31 de julho de 1955, foi designado o professor Mario Rosário Lapenta, para dirigir o novo estabelecimento, portanto, em 20 de agosto de 1955 às 15 horas, foi oficialmente inaugurado o prédio – Ginásio Estadual de Tabatinga à rua Quintino do Vale, nº 278, pelo então prefeito municipal Sr. Santo Marquesi, onde funciona hoje a prefeitura municipal. Depois de alguns anos, surgiu um novo curso além do ginasial, em 09 de janeiro de 1963 criou-se a Escola Normal e

Ginásio da cidade do estado de São Paulo pela lei nº 7670 a qual foi instalada no dia 23 de março de 1963. Devido ao aumento de número de alunos, o governo do estado, Dr. Roberto Costa de Abreu Sodré, construiu o prédio escolar à Rua QV, nº. 600 (Escola Estadual Paulista) e inaugurado em 20 de agosto de 1967 denominando Escola Normal e Ginásio Estadual Paulista em 10 de abril de 1967, patrono desta unidade escolar.

O prédio onde hoje está instalada a Unidade Escolar foi inaugurada em 20 de agosto de 1967, e contém:

- 13 salas de aulas todas mobiliadas;
- 1 sala de recurso pedagógico
- 02 salas que compõem a sala de leitura com um excelente acervo;
- 01 laboratório (com multimídia), que é também utilizado como sala de aula;
- 06 salas de multimídia que estão sendo utilizadas como sala de aula;
- 01 lousa interativa, instalada em sala de aula;
- 01 sala para professores;
- 01 sala para diretoria;
- 01 sala para secretaria;
- 01 sala de mediação;
- 01 sala para coordenação pedagógica;
- 01 pequeno depósito de materiais pedagógicos;
- 01 sala de apoio pedagógico – SAPE
- 01 sala de materiais de Educação Física;
- 01 sala para xérox;
- 01 arquivo;
- 2 instalações sanitárias para alunos (masculino/feminino);
- 02 instalações sanitárias para docentes e funcionários (masculino/feminino);
- 01 quadra de esporte descoberta;
- 01 quadra de esporte coberta;
- 01 cozinha interna (professores/funcionários);
- 01 cozinha externa onde são servidas as merendas
- 01 pátio coberto;
- 01 cantina;
- 02 vestiários (feminino/masculino);
- 01 zeladoria;
- 01 laboratório de Informática - ACESSA;

	• 02 almoxarifados.
DISCIPLINA	Química
ANO/TURMA	Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A (2019)
PROFESSOR RESPONSÁVEL	Carlos Rodrigo Aravéchia de Sá
NÚMERO DE ESTUDANTES	42 estudantes
CARACTERIZAÇÃO DOS ESTUDANTES	Os estudantes do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A caracterizam por serem organizados em relação ao desenvolvimento de suas atividades de aprendizagem. A maior parte dos alunos tem rotina de estudos. Fato percebido pela maior participação dos alunos nas lições de casa e atividades de aprendizagem, bom desempenho nas avaliações e maior frequência de entrega de trabalhos quando solicitados pelo professor. Na sala de aula, os alunos do Segundo Ano do Ensino Médio – Turma A são disciplinados. Sempre atendem as determinações do professor em relação as questões disciplinares. Os alunos conversam quando permitido e, por consequência, prestam atenção nas explanações e participam dos questionamentos promovidos pelo professor. Além de demonstrarem em muitos momentos, uma participação produtiva quando executadas atividades em grupo. Espera-se, inseri-la dentro da prática com os demais alunos, porém a expectativa de aprendizagem será diferente. Durante o desenvolvimento da UDM – Vamos Modelar!!! será constatado a necessidade do desenvolvimento de material complementar ao processo de aprendizagem da aluna.

ANÁLISE CIENTÍFICO-EPISTEMOLÓGICA	
Conteúdo programático da UDM	• o comportamento dos materiais e os modelos dos átomos; • as limitações das ideias de Dalton para explicar o comportamento dos materiais: o modelo de Rutherford-Bohr: - condutividade elétrica e radiatividade natural dos elementos químicos; - o modelo de Rutherford e a natureza elétrica dos materiais; - o Modelo de Bohr e a constituição da matéria.
Pré-requisitos para a UDM	- Modelo Atômico de Dalton - Símbolos dos elementos químicos - Linguagem simbólica da Química
Orientações curriculares oficiais sobre o tema	A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), no que tange ao Ensino Médio, afirma no artigo 35 a necessidade de consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental para possibilitar o prosseguimento dos estudos. Além da preparação para o mundo do trabalho e cidadania. Fato que será possível por meio de educação que permita o aluno a aprender a aprender para ser flexível frente as novas condições tecnológicas e sociais. Uma educação que permita a formação de um ser humano ético e autônomo capaz de pensar criticamente. Além da compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos correlacionando teoria e prática no ensino de cada disciplina Segundo Brasil (2007), a aprendizagem de Ciências da Natureza precisa propiciar aos estudantes condições de apropriação e construção de sistemas de pensamento com maiores níveis de abstração e ressignificação. A aprendizagem de concepções científicas através de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas Segundo Brasil (2007), as orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais propõem que a aprendizagem de Ciências da Natureza deve permitir aos estudantes condições de apropriação e construção de sistemas de pensamento com maiores níveis de abstração e ressignificação. A aprendizagem de concepções científicas através de estratégias de trabalho centradas na solução de problemas. Fato que aproxima o estudante do trabalho de investigação científica e tecnológicas (BRASIL, 1999, p.20) Segundo Brasil (2007), o Ensino de Química deve buscar a superação do processo consagrado de memorização de informações e induzindo o aluno ao conhecimento fragmentário desvinculado de sua realidade. Por isso, o ensino de Química precisa reconhecer e compreender o conhecimento químico integrado aos processos naturais e tecnológicos. A Química é uma ciência que nasceu do empirismo aplicado as observações das transformações da natureza, que conduziram aos primeiros modelos, os quais se tornaram extremamente elaborado se, por isso, destaca que a “Química deve ser apresentada estruturada sobre o tripé: transformações químicas, materiais e suas propriedades e modelos explicativos. Um ensino baseado harmonicamente nesses três pilares poderá dar uma estrutura de sustentação ao conhecimento de química do estudante”. Segundo BRASIL (2007) para facilitar o ensino de Química é necessário agregar uma trilogia da adequação pedagógica

	fundamentada na contextualização (dar significados aos conteúdos para facilitar a conexão com outros campos do conhecimento); respeito ao desenvolvimento cognitivo e afetivo e desenvolvimento de competências e habilidades de acordo com os temas dos conteúdos de ensino. Afinal, o Ensino de Química nesta perspectiva “facilita o desenvolvimento de competências e habilidades e enfatiza situações problemáticas reais de forma crítica, permitindo ao aluno desenvolver capacidades como interpretar e analisar dados, argumentar, tirar conclusões, avaliar e tomar decisões. (BRASIL, 2007, p.88)” As competências gerais do Ensino de Química são domínios da representação e comunicação, investigação e compreensão e contextualização sociocultural. Para tanto no Ensino de Química, a escolha dos conteúdos e atividades a serem desenvolvidas visa a promoção das habilidades nos três domínios anteriormente citados (BRASIL, 2007, p.88). Segundo Brasil (2007, p.91), quanto à competência de investigação e compreensão, uma das estratégias é “Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos para situações-problema, fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos”. A prática de Ensino Baseada em Modelagem é uma estratégia de aprendizagem que permite o reconhecimento dos modelos explicativos de diferentes épocas acerca da natureza dos materiais e suas transformações; permite também a elaboração de modelos e utilização de modelos macroscópicos para interpretação de transformações químicas. Além de possibilitar o reconhecimento das limitações de determinado modelo explicativo e consequente necessidade de alterá-lo. Vai além, afinal, elaboração e utilização de modelos científicos auxilia na modificação das explicações alicerçadas no senso comum.
Conteúdos conceituais - Identificação dos fatos e/ou fenômenos de interesse (nível fenomenológico) - Interpretação dos fatos ou fenômenos de interesse (nível teórico e simbólico)	Nível fenomenológico Modelo Atômico de Thomson • Ampola de Crookes: fenômeno de fluorescência, propagação retilínea, energia cinética, carga elétrica negativa • Neutralidade elétrica da matéria Modelo Atômico de Rutherford • Maior parte das partículas alfa atravessa diretamente a lâmina; • 50 partículas alfa a cada 1 000 000 sofrem desvios consideráveis; • 1 partícula alfa a cada 1 000 000 voltam para trás Modelo Atômico de Bohr • Diferentes cores dos fogos de artifício; • Observação dos Espectros de luz gerados por diferentes elementos químicos. • Espectro contínuo de luz • Espectro descontínuo do hidrogênio Nível teórico Willian Prout acreditava que os átomos eram agregados de corpúsculos de átomos de Hidrogênio. Para ser mais exato, um agregado de átomos de hidrogênio. Para tanto, as massas dos demais elementos químicos deveriam serem expressas por números

inteiros. Thomson também compartilhava dessa visão, a qual se mostrou errada por meio de métodos de determinação de massas atômicas mais sensíveis. Estes mostraram que as massas dos diferentes elementos químicos nem sempre eram números inteiros (ROZENBERG, 2002).

Dessa concepção, a única sobrevivente foi a crença da indivisibilidade do átomo. Fato aceito pelo Modelo Atômico de Dalton, o qual se mostrava suficiente para explicar a realidade atômica. Porém, o mundo não parava, novos elementos químicos eram descobertos e surgiu a necessidade de organização destes numa tabela periódica. Fato que mostrou que o átomo era mais complexo. A Lei Periódica evidenciou a variação gradativa das propriedades dos elementos nos períodos e relacionou com o fato de serem divisíveis e terem estrutura discreta e variável (ROZENBERG, 2002).

A descoberta de cargas elétricas em gases, a descoberta dos raios catódicos, Canais e X. além da interpretação desses fenômenos ajudou a enxergar essa nova realidade sobre a estrutura da matéria (ROZENBERG, 2002).

Condutibilidade elétrica de Gases

O ar é conhecido por ser mau condutor de eletricidade, mas torna-se bom condutor em condições especiais como, por exemplo, por meio da combustão, fragmentos de substâncias radioativas, emissão de raios X ou ultravioleta (ROZENBERG, 2002).

Thomson explicou via postulado que a condutibilidade elétrica seria devido a existência de partículas elétricas denominadas íons gasosos. As radiações portariam como agentes ionizantes e quebrariam as moléculas em íons positivos e negativos (ROZENBERG, 2002).

J.J.Thomson e outros cientistas através de inúmeros experimentos chegaram à conclusão que as descargas são iniciadas pela presença íons no gás, os quais seriam gerados pela ação de agentes ionizantes (ROZENBERG, 2002).

Os experimentos de condutibilidade elétrica de gases forneceram a certeza que as cargas elétricas existiam e, provavelmente, estavam associadas a matéria, ou seja, os átomos e moléculas também são portadores de cargas elétricas (ROZENBERG, 2002).

Descargas elétricas através de gases rarefeitos.

Plucker e Hitorf estudaram inicialmente os fenômenos relacionados à descargas elétricas em gases rarefeitos. Porém, Crookes e Thomson foram os que mais se destacaram. Nos seus experimentos usaram um vidro cilíndrico de 40 cm de comprimento por 5 cm de diâmetro. Neste era inserido um gás, o qual era rarefeito por ação de uma bomba de vácuo (ROZENBERG, 2002). Os fenômenos observados foram:

- Pressão menor que 1 atm, percebe-se a formação de um longo traço azulado responsável por unir os dois eletrodos. Ao atingir 1 cmHg, o traço fica estável e retilíneo.
- Pressão menor que 1 mmHg, surge coluna de luz positiva que une os dois eletrodos. A cor varia de acordo com o gás (rosa para o ar atmosférico e N₂ e vermelha para o H₂).
- Pressão inferior a 0,1mmHg, tem a estratificação em camadas côncavas voltadas para o anodo. O cátodo aparece com uma auréola de luz prolongada até o catodo e denominada coluna negativa. As colunas positivas e negativas são separadas por uma região escura denominada espaço escuro de Faraday.

- Pressão de 0,01mmHg, a luz negativa se separa do catodo e o espaço escuro de Faraday se aproxima do anodo. O catodo surge como uma bainha catódica delgada e luminosa. Esta é separada da luz negativa por uma nova região escura denominada espaço escuro de Crookes.
- Pressão de milésimos de milímetros de mercúrio, o espaço escuro de Crookes toma o tubo e surge na parede do tubo voltada para o catodo uma fluorescência azulada ou esverdeada, que depende da composição do vidro. Algo invisível que vem do catodo, propaga-se pelo tubo e atinge a parede da ampola e excitasse a fluorescência. Trata-se de uma rajada de corpúsculos negativos chamados de raios catódicos.

Os Raios Catódicos.

Segundo Rozenberg (2002), no estudo dos raios catódicos usa-se a ampola de Crookes, que apresenta o anodo instalado lateralmente ao catodo permitindo a livre passagem dos raios catódicos. As investigações dos raios catódicos mostraram que os raios catódicos apresentam:

- Fenômenos de fluorescência: a parede da ampola situada a frente do catodo exhibe fluorescência verde ou azulada dependendo do material constituinte do vidro (ROZENBERG, 2002);
- Propagação retilínea: os raios catódicos se propagam em linha reta à superfície do catodo (ROZENBERG, 2002);
- Os raios catódicos possuem energia cinética (ROZENBERG, 2002);
- Os corpúsculos constituintes dos raios catódicos transportam cargas elétricas negativas;
- A mesma composição independente da natureza do material que compõe os eletrodos ou da espécie de gás residual do interior do tubo (BRADY; HUMINSTON, 2002);
- Trajetória curvas devido a ação de um campo magnético, numa direção que permite deduzirem que as partículas elétricas são dotadas de carga elétrica negativa (BRADY; HUMINSTON, 2002).

O comportamento dos raios catódicos sugere que sejam estruturas extremamente pequenas dotadas de carga elétrica negativa, que se movimentam rapidamente provenientes do eletrodo negativo (ROZENBERG, 2002).

Thomson explicou como eram formados os raios catódicos. Estes se originavam do intenso campo elétrico entre os eletrodos através da fragmentação dos átomos de gás rarefeito presentes na ampola e átomos do metal do próprio cátodo. Tais partículas aceleradas originam os raios catódicos (ROZENBERG, 2002).

As partículas de natureza negativa receberam o nome de elétrons. Thomson percebeu que as características do elétron eram independentes do gás presente no tubo e do metal do catodo, ou seja, o elétron deveria ser um constituinte presente em todos os átomos (ROZENBERG, 2002).

A razão massa carga do elétron

Para determinação da razão massa carga do elétron Thomson usou um tubo de raios catódicos, ao qual aplicou um campo magnético de intensidade conhecida. Isto permitiu verificar a deflexão do feixe de elétrons. Fato que permitiu a Thomson a

determinação da razão carga-massa do elétron cujo valor determinado foi de $-1,76 \cdot 10^8$ coulombs/grama. Este valor é relativamente grande, o que indica que o elétron possui carga elétrica grande ou uma massa muito pequena ([BRADY; HUMINSTON, 2002](#)).

Medida da carga do elétron

Quanto a determinação da carga elétrica do elétron foi determinada muitos anos depois. A proposta mais interessante veio de Millikan com base na observação do campo elétrico com partículas líquidas eletrizadas. Este experimento permitiu constatar que o elétron era a menor carga elétrica existente, o que se verifica é que toda carga é pequena suficiente para ser comparada com a do elétron ou é múltiplo desta, ou seja, pressupõe-se que o elétron é a unidade natural de carga negativa (ROZENBERG, 2002).

Millikan determinou que as cargas elétricas presentes nas gotas de óleo sempre eram múltiplos de $-1,60 \cdot 10^{-19}$ coulombs, que deduziu serem a carga do elétron isolado, ou seja, a carga do elétron é de $-1,60 \cdot 10^{-19}$ coulombs. Por meio da razão carga massa e do valor da carga determinada por Milikan foi possível determinar a massa do elétron, a qual correspondeu a $9,11 \cdot 10^{-28}$ g. Fato que demonstra o diminuto tamanho dos elétrons quando comparado as demais estruturas atômicas ([BRADY; HUMINSTON, 2002](#)).

Os raios positivos

Partindo do pressuposto que os átomos presentes no tubo de Crookes sejam eletricamente neutros. Então, ao gerar partículas elétricas negativas, provavelmente, existem partículas elétricas positivas resultantes da quebra de átomo ou moléculas. O deslocamento de tais corpúsculos deveria ser oposto ao dos raios catódicos (ROZENBERG, 2002).

Goldstein comprovou a existência de tais partículas ao proceder descargas elétricas num tubo de Crookes cujo catodo era perfurado, os quais formavam canais. Estes eram atravessados por feixes de raios de fraca luminosidade, que resultava em leve fluorescência ao atingir a parte anterior da ampola. Tais raios foram denominados raios canais ou raios positivos.

Observou que, os raios canais experimentam deflexões de menor intensidade em campos elétricos e magnéticos e de sentidos opostos (ROZENBERG, 2002).

De forma semelhante ao elétron, determinou-se a relação carga massa dos corpúsculos positivos cuja carga específica depende da natureza do gás, porém menor que a do elétron. Acredita que os raios positivos sejam oriundos do gás, pois o seu surgimento se dá quando rarefeitos e quando a pressão assume valores menores que milésimos de milímetro de mercúrio não se observa a presença de raios canais, ou seja, os raios positivos surgem do próprio gás e não do ânodo devido a perda de elétrons dos átomos do gás, ou seja, a formação de íons positivos devido aceleração pelo campo elétrico existente entre os eletrodos que constituem os raios positivos (ROZENBERG, 2002).

O modelo atômico de Thomson

Os fatos experimentais sugeriram a existência de elétrons e constituintes positivos presentes no átomo. Com base nas diversas informações experimentais, Thomson propôs em 1898, seu modelo atômico com base nas informações experimentais disponíveis. Segundo seu modelo, a carga positiva estaria uniformemente distribuída numa esfera com os elétrons incrustados na superfície desta esfera. Os elétrons estariam em quantidade suficiente para manter o átomo eletricamente neutro e em repouso em relação a

esfera positiva (ROZENBERG, 2002).

O modelo atômico de Thomson ficou conhecido como pudim de passas (ROZENBERG, 2002).

Limitações do Modelo Atômico de Thomson

Segundo Rozenberg (2002), o modelo atômico de Thomson não consegue explicar:

- A emissão de luz por corpos aquecidos;
- Espectros óticos descontínuos de sólidos incandescentes;
- Espalhamento das partículas alfa pelas lâminas metálicas.

O espalhamento das partículas alfa e o núcleo atômico

Com o modelo atômico de Thomson era imaginado que tivesse densidade uniforme com os elétrons embebidos numa esfera dotada de carga positiva. Um conjunto parecido com um pudim de passas. No experimento com espalhamento das partículas alfa, Rutherford espera que as partículas alfa ao atravessarem a folha sem perturbações na trajetória. Fato coerente com a distribuição uniforme das partículas positivas e negativas do átomo ([BRADY; HUMINSTON, 2002](#)). Afinal, os elétrons com massa muito pequena quando comparada a partícula alfa, não seria capaz de produzir grandes deflexões nas partículas alfa. Além da carga positivas estar uniformemente distribuída por toda a extensão do átomo de Thomson, o que tornaria as repulsões coulumbianas de baixa intensidade para produção de grandes deflexões das partículas alfa (EISBERG; RESNICK, .

Rutherford teve auxílio de Geiger e Marsden na execução dos experimentos de espalhamento das partículas alfa. Este consistia no direcionamento de um feixe estreito de partículas alfa sobre uma lâmina metálica de poucos micrometros e na observação se tais lâminas eram atravessadas. O fato era possível devido o uso de lâmina de sulfeto de zinco disposta atrás e lateralmente a lâmina metálica. O sulfeto de zinco agia como chapa fotográfica, pois quando uma partícula alfa incidia produzia um brilho observável pela lupa (ROZENBERG, 2002).

Segundo Rozenberg (2002), Rutherford observou que:

- a maior parte das partículas alfa lançadas contra a lamina não alteraram sua trajetória;
- apenas 50 partículas alfa para cada 1 000 000 sofriam desvios apreciáveis;
- apenas 1 partícula alfa par cada 1 000 000 eram enviadas para trás da lâmina metálica.

Note que, o número de partículas alfa que sofriam deflexões era muito superior ao que se poderia esperar considerando que o desvio ocorre em átomos com a carga positiva uniformemente distribuída pela esfera atômica.

Rutherford concluiu que os átomos não eram maciços e tinham espaços vazios, ou seja, constituídos de grandes espaços com os constituintes do átomo ocupando regiões muito reduzidas (ROZENBERG, 2002).

Para explicar os desvios de trajetória Rutherford imaginou que o átomo teria um corpúsculo maciço e positivo responsável por toda a massa do átomo e responsável pelo exercício das forças repulsoras em relação as partículas alfa quando próximas. Essa região atômica passou a ser denominada de Núcleo Atômico (ROZENBERG, 2002).

Modelo Atômico de Rutherford

Fundamentado nas suas observações experimentais, Rutherford propôs que o átomo teria elétrons com orbitas circulares ao redor do núcleo positivo com velocidades adequadas. O modelo Atômico de Rutherford é comparado por analogia ao Sistema Solar (ROZENBERG, 2002).

Limitações do Modelo Atômico de Rutherford

Segundo Rozenberg (2002), o átomo de Rutherford:

- apresenta contradições com a teoria de Maxwell relativa a origem das radiações eletromagnéticas. Afinal, segundo Maxwell uma partícula elétrica submetida a aceleração num movimento circular era para emitir energia, ou seja, o elétron em órbita emitiria constantemente energia de natureza eletromagnética;
- redução gradativa do raio e da orbita, a energia irradiada deveria ser manifestada por uma serie continua de radiações de diferentes comprimentos de onda. Por exemplo, o espectro atômico do hidrogênio deveria ser contínuo.

A teoria dos Quanta

A teoria do Quanta foi resposta a necessidade de explicar a distribuição de energia das diferentes radiações emitidas por um corpo negro, o qual não tem preferência na emissão ou absorção de luz de qualquer frequência. Os cientistas falharam na explicação das leis da radiação do corpo negro devido ao uso do modelo da radiação eletromagnética derivado da Física Clássica. Inclusive previam a catástrofe ultravioleta, a qual predizia que qualquer corpo em temperatura superior a zero emitiria intensa radiação ultravioleta, raios X e raios gama, ou seja, teria a destruição da área em que o corpo negro se situasse (ATKINS; JONES, 2007). Segundo Atkins e Jones (2007), Max Planck encontrou a solução para o problema admitindo que a troca de energia entre matéria e radiação ocorre em pacotes de energia, ou seja, quanta. Os átomos do corpo negro oscilavam rapidamente com frequência ν e só trocariam com a vizinhança em pacotes correspondentes à

$$E = h \nu$$

Planck mostra que a radiação de frequência ν é gerada apenas por um oscilador se tiver a energia mínima para começar a oscilar. A temperaturas baixas não tem energia suficiente para começar a oscilação e a temperaturas altas não gera radiação ultravioleta de alta frequência. Com isso, a catástrofe ultravioleta foi evitada (ATKINS; JONES, 2007).

Planck precisou descartar as concepções da Física Clássica, que a energia poderia ser transferida em qualquer quantidade de um corpo para o outro e propôs que a transferência de energia ocorria em pacotes discretos de energia (ATKINS; JONES, 2007).

O efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico ocorre quando uma placa metálica tem a incidência de luz, o que provoca a emissão de elétrons da superfície metálica.

As experiências com células fotoelétricas mostraram a ejeção de elétrons da superfície quando a frequência da luz é alta o bastante. Caso a frequência seja acima de um mínimo com o consequente aumento da intensidade da luz ocasiona o aumento da intensidade

da corrente elétrica devido a maior ejeção de elétrons. Einstein explicou tais observações experimentais combinação a equação de Planck ($E=h\nu$) com o comportamento ondulatório da luz (ATKINS; JONES, 2007).

Einstein supôs que as partículas denominadas de fótons são pacotes de energia onde cada fóton é proporcional à frequência da radiação. Tal proposta permite a compreensão do efeito fotoelétrico. Afinal, é lógico que uma partícula de alta energia é capaz de remover um elétron pela transferência de energia cinética para o elétron da superfície metálica. Além de ser possível a remoção de um elétron pelo uso de uma quantidade mínima de energia. Admitindo que a radiação eletromagnética são fótons. Estes aos milhões poderiam bombardear uma superfície metálica sem a remoção de elétrons. Para a remoção de elétrons da superfície metálica é necessário que o fóton possua energia suficiente para remoção do elétron do átomo. Tendo tal energia mínima para remoção do elétron do átomo do metal. Quanto maior o número de fótons com energia suficiente para remoção dos elétrons do metal, maior será a emissão de elétrons (ATKINS; JONES, 2007).

O espectro de hidrogênio

Sabe-se que quando a luz incide em um prisma, o feixe emergente quando incide num anteparo branco tem o surgimento do espectro visível da luz usada. Quando a fonte de luz é derivada de material incandescente sólido ou líquido gera um espectro contínuo de luz. Ao passo que, quando a fonte de luz é derivada de vapor aquecido a alta temperatura ou gases ou a descarga elétrica em gases tem a geração de raias espectrais. Com cada uma destas correspondendo a uma determinada frequência e comprimento de onda. Fato interessante, pois cada elemento químico origina raias espectrais diferentes (ROZENBERG, 2002).

Com o espectro atômico do hidrogênio também foi observada a descontinuidade, ou seja, um conjunto de raias de comprimentos de onda bem determinado, ou seja, o espectro não é contínuo. Este é de elevada relevância devido a quantidade de informações obtidas através determinação de elevado número de raias de frequências bem determinadas e próprias dos átomos que as emitiram. Fato que não pode ser explicado pelo Modelo Atômico de Rutherford (ROZENBERG, 2002).

Modelo Atômico de Bohr e seus postulados

Bohr buscou conciliar a ideia de Rutherford com as teorias das radiações. Começou a explicar o átomo de hidrogênio e o aparecimento das raias do espectro de hidrogênio e dos demais átomos. Para Bohr, os elétrons poderiam girar ao redor do núcleo sem emissão de energia. Para tal, era necessário que os átomos permanecessem em orbitas determinadas e correspondentes a certos conteúdos energéticos (ROZENBERG, 2002).

Os elétrons também poderiam mudar de orbita com emissão de radiação, desde que, recebessem um quantum de energia para passarem para uma camada mais energética e liberassem o mesmo quantum de energia quando passassem para a camada menos energética (ROZENBERG, 2002).

Segundo Rozenberg (2002), Bohr pode resumir suas concepções nos seguintes postulados

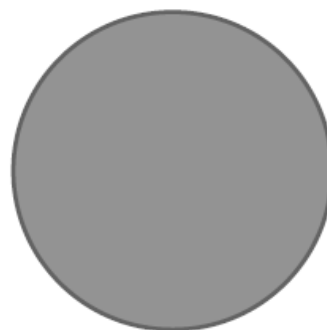
- as orbitas permitidas ao movimento de um elétron são aquelas para as quais seu movimento angular é um múltiplo inteiro de $h/2\pi$
- ao movimento de um elétron ao redor do núcleo, somente são permitidas aquelas órbitas para quais o produto do seu comprimento ($2\pi R$) pela quantidade de movimento de um elétron (mv) seja igual a um múltiplo inteiro da constante de Planck.

- quando um elétron se encontra numa órbita estacionária de energia E_1 e é excitado e, por consequência, passar para outra órbita estacionária, onde a energia $E_2 > E_1$ e na sequência retornar à camada de origem teremos a emissão de um quantum de energia radiante (ou fóton) de frequência ν .

Nível Simbólico

Modelo Atômico de Dalton

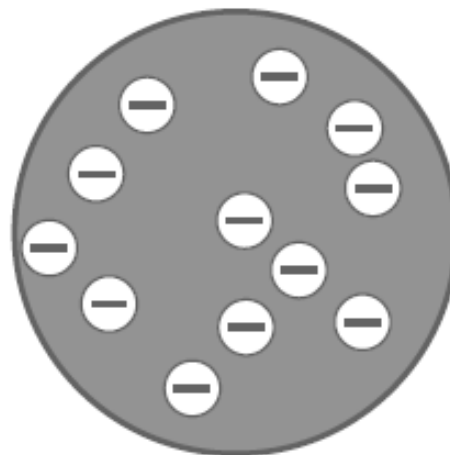
Figura 1: Átomo de Dalton



Fonte: Oliveira; Fernandes (2006, p.04)

Modelo atômico de Thomson

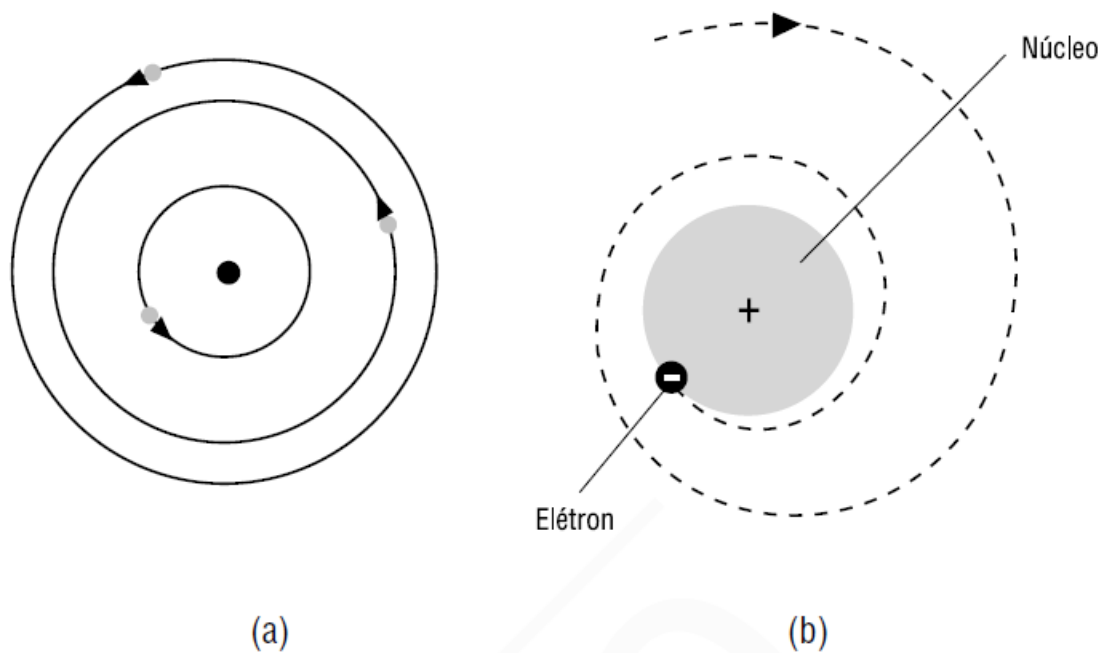
Figura 2: Átomo de Thomson



Fonte: Oliveira; Fernandes (2006, p.14)

Modelo Atômico de Rutherford

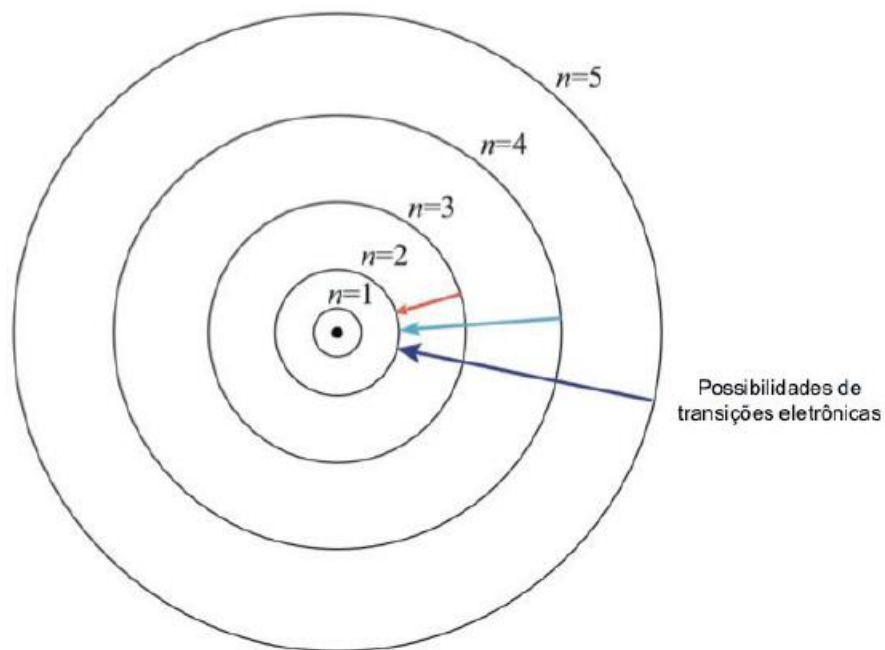
Figura 3:a) Modelo proposto por Rutherford b)O elétron seria atraído pelo núcleo entrando numa trajetória espiral com perda de energia e posterior queda no núcleo



Fonte: Oliveira; Fernandes (2006, p.16)

Modelo Atômico de Bohr

Figura 4: Átomo de Bohr cada número n representa a energia da camada



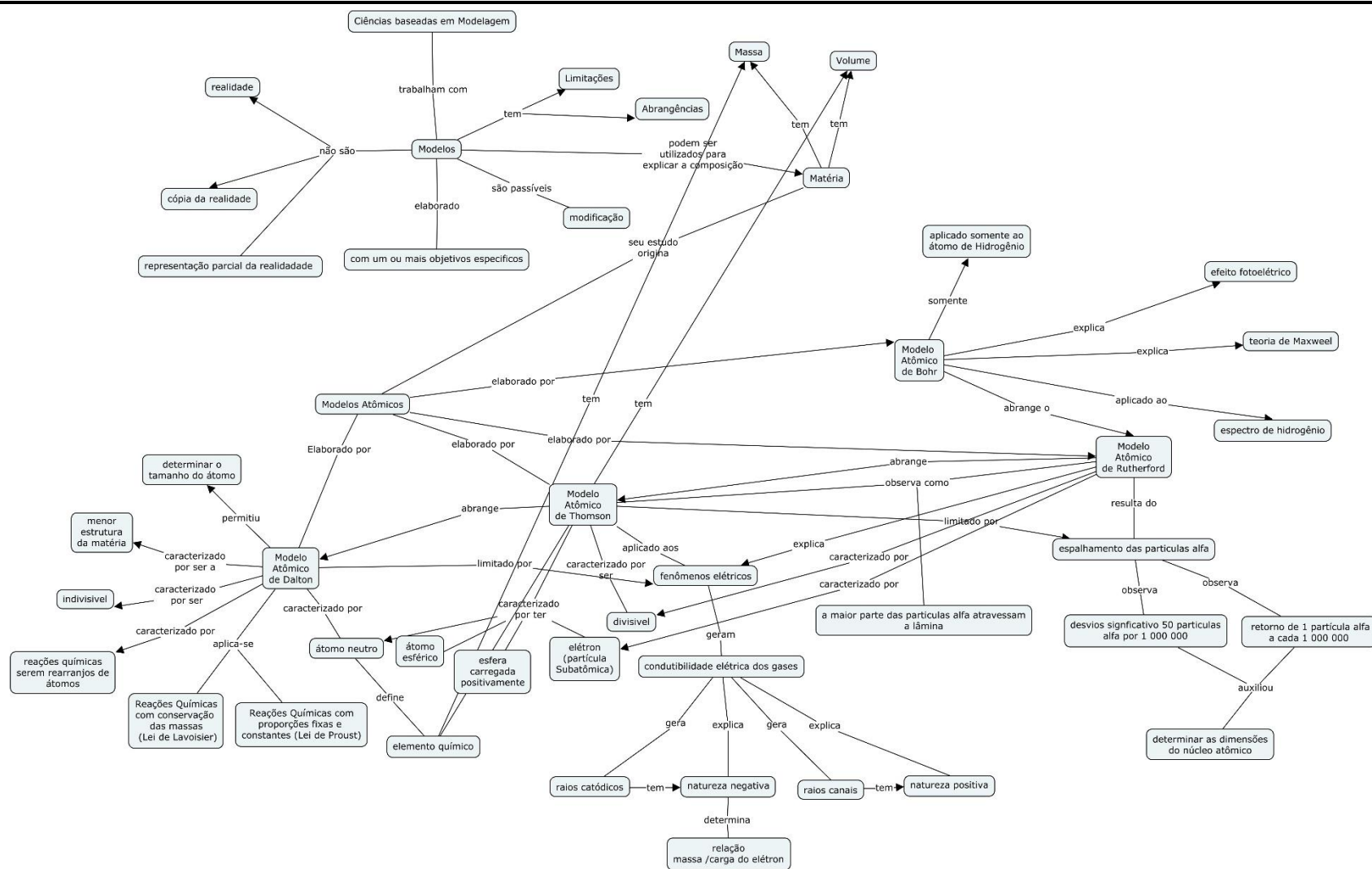
Fonte: Bego (2016, p.81)

Partículas Subatômicas

$\oplus$	Próton (carga positiva)
$\ominus$	Elétron (carga negativa, aproximadamente 1840 vezes menor que o próton)
0	Nêutron (carga neutra)

Perfil conceitual (conceito principal da UDM)	Para avaliar a evolução conceitual dos estudantes será usado como base o perfil conceitual proposto por Mortimer (2000 apud, LOPES, 2017). Tal perfil será adotado devido a elaboração de um perfil conceitual demandar tempo e estudo para sua elaboração. Além do perfil proposto por Mortimer ser amplamente aceito (LOPES, 2017). Zona Sensorialista caracterizado pela negação do conceito de átomo. Tem como principal obstáculo para a evolução conceitual a negação da existência de espaços vazios na matéria; obstáculo de natureza ontológica devido sua superação envolver a aceitação da ideia de vácuo. Zona substancialista caracterizada por atribuir características macroscópicas as propriedades das partículas. Zona Clássica caracterizada pela eleição do átomo como unidade básica constituinte da matéria com ênfase na conservação das massas após as transformações químicas. Zona Quântica aplica noções de mecânica quântica na descrição do comportamento atômico. Noções como orbitas estacionárias, transições eletrônicas e dualidade do elétron. Esta zona pertence a uma categoria ontológica diferente.
--	---

Esquema conceitual científico sobre o objeto de estudos da UDM (mapa conceitual)



Referências

- ATKINS, J; JONES, L. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio-ambiente**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007, p.116-118.
- Bego. A. M. (Org.). **Ciências da Natureza: Química**. 2.ed., São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.
- BLANCO, G. S.; PÉREZ, M. V. V. Diseño de unidades didácticas en el área de ciencias experimentales. **Enseñanza de las ciencias**, v. 11, n.

1, p. 33-44, 1993.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio. 2000. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 18 out. 2018

BRADY, J.E; HUMINSTON, G.E. **Química Geral**: Volume 1. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 2002. p. 65-73. (BRADY; HUMINSTON, 2002)

BRASIL. Ministério da Educação. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **PCN + Ensino Médio – Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. 2007. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2018.

KOTZ, J.C; TREICHEL JR, P.M.T. Química Geral 1 e Reações Químicas. 1.ed. São Paulo: Cengage Learning. 2005. P.

LOPES, R.O. **A evolução do perfil conceitual de átomo por meio de atividades experimentais espectroscópicas**. 2017. 153 f. Dissertação (Pós-Graduação de Educação em Ciências) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.

MORTIMER, Eduardo Fleury; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais**. 1994.Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

NEVES, L.S das; FARIAS, R.B. de. **História da Química**: Um Livro Texto para a Graduação. 2. ed. Campinas: Ed. Átomo, 2011, p. 70-72.

OLIVEIRA, O.A. de; FERNANDES, J. D. G. **Evolução dos modelos atômicos de Leucipo a Rutherford**. 1.ed. Natal: EDUFRN – Editora da UFRN.2006.

ROZENBERG, I. M. **Química Geral**. São Paulo: Edgard Blucher: Instituto Mauá de Tecnologia. 2002.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. 1. ed. atual. São Paulo: SEE, 2011. 152p. Disponível em: < <http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf>>. Acesso em: 16 out. 2018.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação: **Currículo do Estado de São Paulo: Química**. São Paulo: SEE, 2008. 56p. Disponível em: < http://www.rededosaber.sp.gov.br/portais/Portais/18/arquivos/Prop_QUI_COMP_red_md_20_03.pdf>. Acesso em: 16 out. 2018.

ANÁLISE DIDÁTICO-PEDAGÓGICA	
Concepções alternativas dos alunos sobre os conteúdos da UDM	✓ Crença que o modelo atômico é descoberto (MELO, 2002; MELO; NETO, 2013); ✓ Prevalência do modelo atômico de Dalton em relação aos demais modelos atômicos (MELO; NETO, 2013); ✓ Acredita que a cor de fogos de artifício é resultante dos corantes presentes no material combustível (MELO; NETO, 2013); ✓ Crença que o átomo é uma entidade concreta, ou seja, real e palpável e não um modelo construído por meio do processo científico com limitações impostas pelo fenômeno estudado (MELO; NETO, 2013); ✓ Não aceitação do modelo particulado que compromete a aprendizagem de conceitos como solubilidade, mudanças de estado físico da matéria entre outros conceitos e suas entidades constituintes (MELO, 2002); ✓ existe uma limitação objetiva na capacidade dos alunos ao iniciarem o estudo da química em reconhecerem, em nível microscópico (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009); ✓ manutenção da ideia de indivisibilidade do átomo (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009); ✓ crença que os elétrons não podem serem separados do átomo (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009); ✓ o átomo muitas vezes é tido como a menor parte constituinte da matéria, mas às vezes, julgam que poderia ser a célula (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009); ✓ dificuldades em desenhar as estruturas atômicas com suas respectivas partes (FRANÇA; MARCONDES; CARMO, 2009).
Obstáculos epistemológicos relacionados ao conteúdo da UDM	Os obstáculos epistemológicos presentes no ensino de conteúdos de Modelos Atômicos são frequentemente os de o Obstáculo Realista e o Obstáculo Verbal (REIS; KIOURANI; SILVEIRA, 2010). O Obstáculo Realista assume como real ou concreto um modelo abstrato. Por isso, tal obstáculo tenha maior importância ao estudar os modelos atômicos, os quais são atividades abstratas obtidas por modelagem. Por isso, é

comum concepções de átomo como pequeno e indivisível percebida pelo uso das seguintes palavras: pequeno, partícula. Esfera, maciço e indivisível. Muitas representações caracterizavam o átomo como uma bolinha (REIS; KIOURANI; SILVEIRA, 2010).

Segundo Reis, Kiouranis e Silveira (2010), o obstáculo verbal é evidenciado pelo uso de uma analogia como forma de explicação a um conceito em detrimento a explicações teóricas e racionais. Por isso, é recomendável que o professor-autor evite o uso de analogias no Ensino de Modelos Atômicos no Ensino Fundamental em Modelagem, pois o uso de analogias indiscriminadamente serve para concretização de ideias errôneas, que uma vez cristalizados na mente os educandos é de difícil modificação. Note que, as analogias criam uma imagem mais forte que conceito ensinado. Distorções que afastam o aluno do conceito original, pois as imagens pintadas analogicamente não são tão passageiras quanto deveriam e formam imagens mentais duradouras. Além das analogias tirarem a autonomia discente da elaboração de formas de pensar o objeto de estudo (MELO, 2002; REIS; KIOURANI; SILVEIRA, 2010).

Ainda segundo Melo e Neto (2013), destaca que “O perigo da utilização de analogias para a assimilação de um modelo abstrato é que o aluno tende a raciocinar em termos macroscópicos podendo levar essa analogia longe demais”. Esse problema é oriundo da incapacidade dos discentes em efetuarem a transição do macroscópico para o micro com consequentes incorreções nas relações analógicas quando os limites da analogia não são bem definidos devido à dificuldade de migração entre o mundo macroscópico e microscópico. Fato que podem ocasionar novas concepções alternativas.

Muitas vezes o uso de analogias permite que o aluno levasse a abstração do nível submicroscópico para o nível macroscópico com o estabelecimento de relações conceituais errôneas. Por isso, é preferível não usar analogias como estratégia de ensino e priorizar sempre o conceito através de estratégias que tornem o abstrato visível. Por isso, é interessante o emprego de técnicas de ensino baseada em modelagem para o estudo de modelos atômicos

	(MELO, 2002; REIS; KIOURANI; SILVEIRA, 2010).
Implicações para o ensino dos conteúdos de ensino da UDM	Primeira implicação é a orientação dos alunos em relação à abordagem metodológica fundamentada em modelagem. Por isso, é interessante uma aula introdutória ao estudo de modelagem, que envolva uma prática experimental de ensino fundamentado em modelagem. Isto permitirá aos alunos uma primeira vivência das práticas de modelagem. As implicações para o Ensino de Conteúdos da UDM -Vamos Modelar é que o Ensino de Modelos Atômicos tem como principal problema a tentação docente de simplificação do assunto em discussão. É notório o uso de analogias com tal intuito, segundo Bachelard tal prática gera imagens mentais fortes e difíceis de serem abandonadas, o que também diminui a autonomia discente na criação de seus modelos mentais (MELO; NETO, 2013). Autonomia na forma de pensar é importante no desenvolvimento de atividades baseadas em modelagem, pois permite ao educando a elaboração de modelos mentais diversos que permitem a diversidade de ideias e uma aprendizagem dialética mais rica em contextos. O uso de palavras como “descoberta” ao referir a modelos atômicos também dever ser evitada, afinal, reforça que o modelo não é uma criação, mas algo que preexistia esperando alguém descobri-lo (MELO; NETO, 2013). Destaca-se a necessidade da proposição de práticas experimentais associadas a estratégias de Modelagem que possibilite a discussão do Modelo Atômico de Bohr em relação à coloração as substâncias e as diferentes cores apresentadas pelos fogos de artifícios. Com intuito de evitar correlação errônea entre coloração da substância e cor da chama, mas sim relaciona as transições eletrônicas do metal estudado (MELO; NETO, 2013). Isto permite ao aluno acesso ao primeiro modelo de átomo quantizado. Segundo Justi (2008), o professor deve estar ciente que seu papel está relacionado a criação de ricos contextos de aplicação do estudo de Modelos Atômicos e promoção de testes e questionamentos dos modelos, ou seja, o professor precisa desenvolver na sala de aula um ambiente que busque a constante dialética dos estudantes em relação aos objetos modelados. Uma tarefa hercúlea.

Referências	BARROS, M.A.S. Obstáculos epistemológicos: O conceito de quantização de energia nos livros didáticos de química do ensino médio. In: Encontro Nacional de Ensino de Química, 15., 2010, Brasília. CARMO, M. P. Do; MARCONDES, M. E. R. Abordando as soluções em sala de aula – uma experiência de ensino a partir das ideias dos alunos. Química Nova na Escola. v. 28, p.37-41, mai. 2008. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/09-AF-1806.pdf>. Acesso em: 15 out. 2018. FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. Estrutura Atômica e Formação dos íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. Química Nova na Escola, v. 31, n. 4, p. 275 – 282, 2009. FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. Química Nova na Escola. nº28, p.32-36, mai 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf. Acesso em: 14out. 2018. MELLO, M.R. Estrutura atômica e ligações químicas: uma abordagem para o Ensino Médio. 2002. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química, Universidade de Campinas, Campinas, 2002. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/CAMP_064653a702e13833f7d5411ef7d5e906>. Acesso em: 17 nov. 2018. REIS, J.M.C. dos; KIOURANIS, N.M.M; SILVEIRA, M.P. Conceito de átomo: obstáculos epistemológicos e o processo de ensino e aprendizagem. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 10., 2015, Águas de Lindóia, p.1-8. VILLANI, Alberto; BAROLLI, Elisabeth. Os discursos do professor e o ensino de Ciências. Pro-Posições, [S.l.], v. 17, n. 1, p. 155-175, fev. 2016. ISSN 1982-6248. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/proposic/article/view/8643662>. Acesso em: 03 fev. 2019.

ABORDAGEM METODOLÓGICA	
Princípios teórico-metodológicos da abordagem escolhida (teoria psicológica, teoria pedagógica, visão de ciência, função do sistema educacional e forma de condução do ensino - funções que professor e aluno desempenham no processo de ensino e aprendizagem)	A abordagem metodológica empregada é o Ensino a ser empregada é o Ensino baseado em Modelagem. Quando se aborda o conhecimento químico percebe-se seu caráter abstrato, o que torna necessário o emprego de modelos. Estes são compreendidos como representação parcial de uma entidade, que é elaborada com fins específicos e sujeitos a alterações. Os modelos são representações parciais, por isso, não são cópias fiéis da realidade ou a mesma e, principalmente tem limitações (JUSTI, 2010). Os modelos são classificados em: modelo mental quando elaborado individualmente no campo cognitivo; modelo expresso quanto o modelo mental toma forma simbólica para sua expressão; modelo consensual quando um grupo mostra concordância com o modelo expresso; modelo científico quando o modelo científico mostra relevância científica e passa por maior nível de aceitação. Segundo Justi (2010), os modelos têm como objetivos facilitar o pensar sobre as entidades complexas, sua expressão e comunicação; criar bases conceituais para proposição e interpretação de experimentos. Além de mediação da realidade modelada e as teorias. Outra característica interessante dos modelos é não serem imutáveis. Estes são passíveis de alterações mediante a alteração do conhecimento do mundo real, percepção de limitações do modelo e surgimento de novas formas de representação (JUSTI, 2010). Na Química, os modelos são importantes, pois fornecem explicações sobre uma realidade altamente abstrata, por isso, o trabalho com Modelagem impera. Fato destacado por Nersessian (1999), que pensar por modelos capacita o Químico a visualizar entidades ou processos racionais e construtivos do conhecimento. A modelagem é uma atividade processual que envolve a elaboração, expressão e testes dos modelos por meio da reelaboração dos modelos percebidas suas limitações. Segundo Justi (2010), a atividade de modelagem é “um processo unidirecional, pois ao modelar algo o indivíduo interpreta, conceitua e integra elementos que permitem o estudo de uma determinada entidade (objeto, processo, ideia) e teste de representações para tais elementos” O trabalho com Modelagem é importante forma de engajamento ativo dos estudantes no seu processo de aprendizagem através da vivência de todas as etapas envolvidas na elaboração de modelos (JUSTI, 2010). Isto ocorre por elaboração de seus próprios modelos, autoavaliação e avaliação dos modelos empregados no Ensino de Ciências. Segundo Justi e Gilbert (2002), a modelagem leva os alunos a compreender o processo de modelar e seu papel na construção do conhecimento científico. Justi (2006, p.178) ressalta que à modelagem se concebe quando os alunos aprendem a dar sentido aos fatos que observam construindo modelos.

O ensino baseado em Modelagem beneficia os alunos aprendizagem significativa de conteúdos envolvidos com ausência das concepções alternativas ou dificuldades específicas relatadas na aprendizagem dos temas estudados; desenvolvimento das habilidades investigativas relacionadas ao processo de modelagem e percepção das limitações que os modelos possuem (MAIA; JUSTI; 2009); desenvolvimento de habilidades de visualização e resolução de novos problemas por meio da abordagem baseada em modelos (Gilbert; Justi, 2009, apud Queiroz, 2009), (GILBERT, 2008).

O trabalho com diversas atividades de modelagem tende a promover o progresso do desempenho dos alunos em relação às habilidades envolvidas em modelagem, em especial quando eles refletem sobre suas ações (estruturando e/ou sistematizando um plano de ações para integrar ideias e produzir um modelo); tentando adequar os conhecimentos e experiências prévias a novas situações) e/ou sobre a natureza dos modelos (reconhecendo que esses possuem limitações). O envolvimento dos estudantes em atividades de modelagem contribui, ainda, para que esses elaborem seus próprios modelos sobre o processo de modelagem, promovendo uma sistematização do mesmo ao longo de suas ações, o que pode ser útil em situações inéditas

Segundo Ferreira e Justi (2008), ao “Professor cabe o papel de atuar como guia para a criação de ricos contextos de aplicação e testes destes por meio de questionamentos e informações sobre eles e os sistemas modelados”. Para tal Justi (2006), propõe as seguintes etapas para a elaboração de modelos pelos alunos:

- Primeira Etapa é a elaboração do modelo mental, que passa pela definição e a delimitação dos objetivos para a construção do modelo pelos discentes. É necessário propiciar aos estudantes informações por meios diversos para a construção do modelo mental, o qual ocorre por definir os objetivos para a elaboração do modelo, obtenção e organização das informações, definição de uma analogia ou modelo matemático e integração de todas essas informações e, por último, criatividade e raciocínio do educando.
- Segunda etapa é caracterizada por representar e socializar o modelo mental elaborado pelo discente. A expressão da forma de representação ocorre por meio de quaisquer modos de representação. Na sequência, efetua-se a socialização do modelo perante o grupo ou classe.
- Terceira etapa é dividida em duas fases. Uma fase em grupo e outra com os demais estudantes da aula. A primeira fase, consiste em testar e reformular o modelo no grupo testado por meio experimentos mentais ou empíricos. Caso observada incoerências no modelo busca-se a reformulação do modelo expresso. Isto é possível por meio de retomadas das etapas anteriores ou por rejeição completa do modelo proposto inicialmente e, portanto, busca-se a proposição de um novo modelo. Com a reelaboração, é importante que tenha um novo momento de socialização. A ação é empreendida na busca de validação parcial ou total do modelo elaborado. É interessante, que ao final da etapa existam poucos modelos reelaborados.

	Quarta etapa caracteriza-se pela socialização do modelo reelaborado e, consequente, revisão pelos pares. Caso o modelo tenha sido aceito na fase de testes por meio da realização dos propósitos estabelecidos na primeira etapa, o modelo elaborado pelos estudantes é submetido à socialização e revisão pelos pares, a qual é realizada para a verificação ou não de sua validade pelos pares e, por consequência, efetua-se o levantamento das suas abrangências e limitações. Observe que o desenvolvimento de atividades de modelagem com o aluno propicia o fazer científico em todas as suas etapas. Desde a etapa de elaboração do modelo até a socialização e revisão pelos pares. O Fazer Científico em prática na Escola possibilita o desenvolvimento de habilidades e competências típicas do meio científico. Afinal, os alunos aprendem sobre o significado de modelos, como ocorre seu desenvolvimento e passam por etapas de construção de modelos mentais para melhor compreensão dos modelos conceituais ensinados nas escolas (JUSTI, 2006). Tudo embalado no mais puro fazer científico caracterizado pela observação, experimentação, oposição de hipóteses, socialização dos modelos elaborados e validação pelos pares através de validação argumentativa dos estudantes. (JUSTI, 2006)
Referências	JUSTI, R. La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. Enseñanza de las Ciencias, v. 2, n. 24, p. 173-184, 2006. JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). Ensino de Química em foco. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230. FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. Química Nova na Escola. nº28, p.32-36, mai 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf. Acesso em: 14out. 2018. GILBERT, J.K., JUSTI, R., QUIEROZ, A.S. The use a Modelo f Modelling to develop visualization during the learnig of ionic bonding. In: International Conference of The European Science Education Research Association, Istanbul, Turkey, 2009. Apud MAIA, P.F; JUSTI, R. Contribuições de atividades de modelagem para o desenvolvimento de habilidades de investigação. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 7., Florianópolis, 2009. Direta MAIA, P.F.; JUSTI, R. Learning of Chemical Equilibrium through Modelling-Based Teachinh. <i>International Journal of Chemical Education</i>, Londo, 31, 5, 603-630, 2009b. apud NERSESSIAN, N.J. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In: MAGNANI, L; NERSESSIAN, N.J., THAGARD, P. (Eds.). <i>Model-Based Reasoning in Scientific Discovery</i>. New York: Kluwer and Plenun Publishsers. P.5-22, 1999. Direta TRUJILLO, C.H.Z. O conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) do Professor de Química e seu desenvolvimento

	a partir da reflexão sobre os modelos de ligação química e sua Modelagem. 2016. 288 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru.
--	---

TÍTULO, OBJETIVOS DE APRENDIZAGEM E SEQUÊNCIAS DIDÁTICAS			
Título da UDM	Vamos modelar!		
Objetivos previstos em Orientações Curriculares Oficiais	• classificação e estabelecimento de critérios; • controle de variáveis; • Elaboração de modelo explicativo; • Ideias de Thomson, Rutherford e Bohr para o átomo.		
Objetivo da UDM	Aplicar técnicas de Modelagem no estudo de Modelos Atômicos, implementando atividades de modelagem para melhor compreensão dos limites, abrangências e aplicações de cada um dos modelos atômicos.		
Sequência Didática	Objetivo da SD	Conteúdo Programático	Tempo Aproximado (em aulas)
Oh Dalton! Foste longe demais!	Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos.	• Modelos e Modelagem • Modelo Atômico de Dalton	2
Thomson: Foste injustiçado pelos livros!	Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Fenômenos elétricos da matéria • Modelo Atômico de Thomson	2
Rutherford: Foste habilidoso!	Analisar o Modelo Atômico de Rutherford, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Emissões de partículas alfa • Experimento de espalhamento das partículas alfa • Modelo atômico de Thomson	2
Bohr: Não é o fim de tudo!	Analisar o Modelo Atômico de Bohr, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.	• Espectroscopia para identificação de materiais • Experimento do teste de chama • Modelo Atômico de Bohr	2
Tempestade de modelos	Analisar os diversos modelos atômicos como construções humanas; organizando as informações características de cada um dos modelos e diferenciado a abrangência de cada um dos modelos.	• Modelo Atômico de Dalton • Modelo Atômico de Thomson • Modelo Atômico de Rutherford • Modelo Atômico de Bohr	1

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Oh Dalton! Foste longe demais!				
Objetivo da SD	Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos.				
Estratégias de Avaliação	- Envolvimento do aluno na atividade de modelagem da “Caixa misteriosa”. Além da justificativa dos materiais presentes nas caixas via escrita e socialização de argumentos.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1ª Aula	Aula expositivo dialogada	Modelo Atômico de Dalton	- Aula expositiva dialogado. - Aula multimídia.	- Projeto multimídia - Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
2ª Aula	Aula prática	Modelos e modelagem constroem a Química.	Atividade da “Caixa misteriosa”	- Apostila desenvolvida para aplicação das atividades 8 caixas misteriosas.	Exposição da hipótese do material que se encontra na caixa.
Referências	ALVES, D.P. Formação continuada para professores de Ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos. 2012. 225 f. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília. FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. Química Nova na Escola. nº28, p.32-36, mai 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf. Acesso em: 14out. 2018. JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). Ensino de Química em foco. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Thomson: Foste injustiçado pelos livros!				
Objetivo da SD	Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.				
Estratégias de Avaliação	Análise das proposições propostas em relação aos modelos dos alunos relatadas por escrito, observação dos modelos apresentados pelos alunos no momento da socialização e participação dos alunos na atividade de modelagem como um todo.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1ª	- Prática experimental demonstrativa - Aula expositivo dialogada	- Fenômenos elétricos da matéria - Ampola de Crookes - Raios Catódicos - Elétrons - Relação massa/carga elétron - Raio Canais ou raios positivos - Neutralidade da matéria	Primeira aula: 50 minutos	Lousa e projetor multimídia	Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
			Carteiras enfileiradas no início da aula e na sequência das atividades agrupadas em cinco sempre uma de frente para a outra.	Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	
			Experimento de magnetismo	Materiais e reagentes para a realização dos experimentos	Experimentação mental do modelo.
			Vídeo editado (10 minutos)		
			Ensino fundamentado em modelagem	Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel, lápis de cor, massa de modelar, esferas de isopor de tamanhos variados, tinta).	Avaliação do envolvimento dos alunos na atividade em grupo
Montagem dos grupos com 5 componentes no máximo/ elaboração de modelos					
2ª	Aula expositivo dialogada		Segunda aula:50 minutos	Lousa e projetor multimídia.	Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
			Manutenção dos grupos formado nas aulas anteriores	Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	
			Grupos com as carteiras formando grupos	Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel, lápis de cor, massa de modelar, esferas de isopor de tamanhos variados, tinta).	Solicitar que cada grupo produza um texto justificando seu modelo
			Elaboração de modelos pelos alunos /Experimentação mental dos modelos		
		Apresentação dos modelos de cada grupo para toda classe.	Apresentação dos modelos de cada grupo para toda classe.		

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Thomson: Foste injustiçado pelos livros!				
Objetivo da SD	Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.				
Estratégias de Avaliação	Análise das proposições propostas em relação aos modelos dos alunos relatadas por escrito, observação dos modelos apresentados pelos alunos no momento da socialização e participação dos alunos na atividade de modelagem como um todo.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
Referências	FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. Química Nova na Escola. nº28, p.32-36, mai 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf. Acesso em: 14out. 2018. JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). Ensino de Química em foco. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Rutherford: Foste Habilidoso!				
Objetivo da SD	Analisar o Modelo Atômico de Rutherford, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.				
Estratégias de Avaliação	Análise das proposições propostas em relação aos modelos dos alunos relatadas por escrito, observação dos modelos apresentados pelos alunos no momento da socialização e participação dos alunos na atividade de modelagem como um todo.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1ª	• Aula expositivo dialogada	• Emissão de partículas alfa • Espalhamento das partículas alfa • Modelo Atômico de Rutherford	• Primeira aula: 50 minutos	• Lousa e Projetor Multimídia	• Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
			• Vídeo editado com observações macroscópicas	• Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	• Experimento mental do modelo elaborado pelos alunos • Prévia para toda sala dos modelos idealizados pelos grupos.
			• Carteiras enfileiradas no início da aula e na sequência das atividades agrupadas em cinco sempre uma de frente para a outra.	• Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel, lápis de cor, massa de modelar, esferas de isopor de tamanhos variados, tinta).	
			• Elaboração dos modelos mentais e expressos pelos grupos		
2ª	• Aula expositivo dialogada		• Segunda aula: 50 minutos.	• Lousa e projetor multimídia	• Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
			• Manutenção dos grupos elaborados pelos grupos para continuidade do processo de elaboração, expressão, teste e reelaboração de modelos	• Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	• Experimentação mental/ Apresentação dos modelos elaborados pelos grupos para toda sala de aula

			• Apresentação dos modelos consensuais dos alunos para toda a sala de aula.	• Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel, lápis de cor, massa de modelar, esferas de isopor de tamanhos variados, tinta).	• Síntese manuscrita das ideias.
Referências	FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. Química Nova na Escola. nº28, p.32-36, mai 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf. Acesso em: 14out. 2018. JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). Ensino de Química em foco. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Bohr: Não é o fim de tudo!				
Objetivo da SD	Analisar o Modelo Atômico de Bohr, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.				
Estratégias de Avaliação	Análise das proposições propostas em relação aos modelos dos alunos relatadas por escrito, observação dos modelos apresentados pelos alunos no momento da socialização e participação dos alunos na atividade de modelagem como um todo.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1ª	• Prática experimental demonstrativa • Aula expositivo dialogada	• Espectroscopia para identificação de elementos químicos • Experimento do teste de chama • Modelo Atômico de Bohr	• Primeira Aula: 50 minutos	• Lousa e projetor multimídia	• Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM
			• Primeira aula: 50 minutos	• Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	
			• Carteiras enfileiradas no início da aula e na sequência das atividades agrupadas em cinco sempre uma de frente para a outra.		
			• Experimento do uso do espectroscópio e teste da chama	• Materiais e reagentes para a realização dos experimentos	• Análise da experimentação mental do modelo dos alunos por meio da oralidade
			• Abordagem de Ensino fundamentado em modelagem: elaboração de modelos mentais e consensuais.		
			• Segunda aula: 50 minutos	• Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel e lápis de cor)	• Avaliação do envolvimento dos alunos na atividade em grupo
			• Manutenção dos grupos das aulas anteriores.		
2ª	• Aula expositivo dialogada		• Elaboração de modelos mentais e expressos pelos alunos. Com submissão destes à experimentos mentais.	• Lousa e projetor multimídia.	• Análise das respostas dos alunos presentes na apostila elaborada para o desenvolvimento da UDM

			• Manutenção dos grupos formado nas aulas anteriores • Grupos com as carteiras uma de frente com a outra. • Elaboração de modelos pelos alunos /Experimentação mental dos modelos • Apresentação dos modelos de cada grupo para toda classe.	• Apostila desenvolvida para aplicação das atividades • Material para elaboração dos modelos pelos alunos (papel, lápis de cor, massa de modelar, esferas de isopor de tamanhos variados, tinta).	• Solicitar que cada grupo produza um texto justificando seu modelo • Socialização do modelo consensual elaborado pelo grupo
Referências	FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. Química Nova na Escola. nº28, p.32-36, mai 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf. Acesso em: 14out. 2018. JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). Ensino de Química em foco. Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230.				

SELEÇÃO DAS ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS E DAS ESTRATÉGIAS DE AVALIAÇÃO					
Título da SD	Tempestade de modelos atômicos				
Objetivo da SD	Analisar os diversos modelos atômicos como construções humanas; organizando as informações características de cada um dos modelos e diferenciado a abrangência de cada um dos modelos.				
Estratégias de Avaliação	Análise da participação dos alunos do brainstorming, desempenho dos grupos no Quiz e avaliação escrita individual.				
Dia/Aula	Estratégia Didática	Conteúdos de ensino	Descrição das Atividades / Tempo / Organização da Sala de Aula	Recursos Didáticos	Materiais de Aprendizagem/ Instrumento de avaliação
1ª	• Tempestade de Ideias	• Modelo Atômico de Dalton • Modelo Atômico de Thomson • Modelo Atômico de Rutherford • Modelo Atômico de Bohr	• Aula única: 50 minutos	• Projetor multimídia	• Análise da apostila preenchida durante o desenvolvimento da UDM.
			• Atividade voltada para a coleta de informações	• Apostila desenvolvida para aplicação das atividades	• Envolvimento na atividade/ respostas corretas aos questionamentos propostos
				• Lousa	
			• Toda a sala participa por meio de sugestões de informações acerca dos diversos modelos atômicos estudados.	• Sala do acesa ou celulares (solicite com antecedência para que os alunos instalem o Kahoot nos celulares).	• Avaliação da aprendizagem em grupo por meio da plataforma de avaliação Kahoot
			• Teste dos conhecimentos por meio de Quiz em duplas ou quarteto (depende da disponibilidade de celulares)	• Prova impressa	• Avaliação de modelos atômicos
			• Avaliação com questões de múltipla escolha e questão dissertativa.		
Referências	FERREIRA, P.F.M; JUSTI, R. S. Modelagem e o “Fazer Ciência”. Química Nova na Escola . nº28, p.32-36, mai 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc28/08-RSA-3506.pdf . Acesso em: 14out. 2018.				
	JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). Ensino de Química em foco . Ijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230.				

Material de Aprendizagem

Sequência Didática - Dalton, foste longe demais!

Objetivo: Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos.

Episódio 1

O que você sabe sobre modelos?

1 – O que é modelo?

Atividade adaptada de ALVES, D.P. Formação continuada para professores de Ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos. 2012. 224 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) —Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

Vamos experimentar!

Caixa fechada

Objetivos

- Vivenciar por meio de uma atividade prática o processo de modelagem como processo de construção de modelos na Ciência através da construção de modelos mentais;
- Favorecer a compreensão de alguns aspectos dos modelos tais como: limitações, abrangências e existência de mais de um modelo.

Procedimento

1. Monte seu grupo com 5 (cinco) componentes no máximo. Observe que, o grupo deverá ser o mesmo nas demais sequências didáticas da Unidade Didática Multiestratégica.
2. Retire sua caixa enumerada com o professor. Esta contém um objeto a ser identificado.
3. Aguarde os comandos do professor para o manuseio da caixa.
4. O questionamento é: O que há no interior da caixa?
5. Comando do professor.
6. Comando do professor.
7. Comando do professor.
8. Passado 20 (vinte) minutos, o grupo socializará suas conclusões sobre o conteúdo de cada uma das caixas. As caixas não deverão serem abertas nem no final da atividade.

Experimento adaptado de ALVES, D.P. Formação continuada para professores de Ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos. 2012. 224 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) —Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

Evidências	Hipóteses

--	--

Sequência Didática - Dalton, foste longe demais!

Objetivo: Avaliar o modelo atômico de Dalton, criticando suas limitações e abrangências para compreensão de novos fenômenos.

Episódio 2

Dalton e a “redescoberta” da Teoria Atômica

A concepção atomista da matéria foi retomada no século XVII por Robert Boyle e Lémery que se utilizaram, especialmente dos escritos de Gassendi (1592-1655) em seus estudos. Contudo, seria John Dalton (1766-1844) o responsável pela aplicação, bem-sucedida, das ideias atomistas aos sistemas químicos, conseguindo personalizar grande parte dos conhecimentos então existentes.

Para a elaboração de seu modelo atômico Dalton partiu das Leis Ponderais. Por Lei, em Ciências, entende-se como afirmações gerais consequência da coleção de observações experimentais.

As leis ponderais e a teoria atômica de Dalton

Lei da Conservação das massas ou Lei de Lavoisier

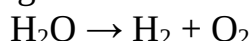
“Na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma”

Uma afirmação que deixa explícito que numa transformação química a massa de reagentes e produtos é sempre igual.

Lei das proporções definidas ou Lei de Proust

“Uma determinada substância, qualquer que seja a sua origem, é sempre formada pelos mesmos elementos químicos, combinados na mesma proporção em massa.”

Reagentes → Produtos



Vamos verificar as leis:

	Massa inicial da água (g)	Massa do hidrogênio (g)	Massa do oxigênio (g)
1ª Experiência	90	10	80
2ª Experiência	36	4	32
3ª Experiência	2,7	0,3	2,4
4ª Experiência	450	50	400

Lei das Proporções Múltiplas ou Lei de Dalton

“Quando dois elementos químicos formam vários compostos, fixando-se a massa de um dos elementos, as massas dos outros elementos variam numa proporção de números inteiros e, em geral, pequenos.”

a) 1,00 g de C combina-se com 1,33 g de O formando 2,33 g de produto.

b) 1,00 g de C combina-se com 2,66 g de O formando 3,66 g de produto.

Mais do que simplesmente “reeditar” as ideias atomistas dos filósofos gregos, Dalton fez novas proposições, as quais quando aplicadas aos sistemas químicos, permitiam entender o que então se sabia sobre a estequiometria das reações químicas (Lei das Proporções Definidas e Lei das Proporções Múltiplas).

Com base nessas três leis, Dalton propôs sua teoria atômica que pode ser resumida nos três enunciados:

- I. Todas as substâncias são constituídas de minúsculas partículas individuais, denominadas átomos.
- II. As substâncias simples, ou elementos, são formadas por átomos, que são maciços e indivisíveis.
- III. As substâncias compostas são formadas de moléculas, capazes de se decompor em átomos durante as reações químicas; a massa de uma molécula é igual a soma das massas de todos os átomos.
- IV. Todos os átomos de uma mesma substância simples são idênticos na forma, no tamanho, nas massas e nas demais propriedades.
- V. Átomos de substâncias diferentes possuem forma, tamanho, massa e propriedades diferentes.
- VI. Átomos combinam-se de acordo com a regra da máxima simplicidade, ou seja, em proporções fixas e definidas, normalmente em números pequenos, por exemplo: 1:1; 2:1; 3:2, etc.
- VII. Em reações químicas, os átomos não podem ser criados nem destruídos, são apenas combinados, separados e rearranjados.

Texto adaptado de NEVES, S. das N; FARIAS, R.B. de. **História da Química: um livro texto para a graduação**. 2ª.ed. revisada. Campinas: Editora Átomo, 2011. p.60-64; Bego. A. M. (Org.). **Ciências da Natureza: Química**. 2.ed., São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

Questões:

1 – Quais combinações das proposições do modelo atômico de Dalton explicam a Lei da Conservação das Massas ou Lei de Lavoisier? Justifique.

Sequência Didática – Thomson, foste injustiçado pelos livros!

Objetivo: Analisar o Modelo Atômico de Thomson, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.

Episódio 3

Thomson, não é nota de rodapé!

Thomson na maior parte dos livros aparece como nota de rodapé. Algo sem sentido devido à complexidade do trabalho desenvolvido por ele. Não vamos perder tempo. Vamos viajar por suas ideias.

Desconstruindo

Levantamento das informações experimentais que o modelo atômico de Dalton não é capaz de explicar.

Vamos pensar!

Descreva como seria o átomo de Thomson com base no levantamento das informações experimentais. Justifique.

Vamos expressar!

Com base nas informações experimentais levantadas construa um primeiro Modelo para o Átomo de Thomson. Para auxiliá-lo na construção do modelo, vocês terão à sua disposição: lápis de cor e papel.

Episódio 4

Vamos reelaborar!

Agora com o Modelo construído vamos testar o Modelo. Com as informações iniciais levantadas efetue testes mentais para confirmação. Reflita com seu grupo. Os resultados são coerentes com os resultados experimentais levantados por Thomson? O que precisaria ser mudado?

Vamos socializar!

Compartilhe os modelos com os demais alunos da sala de aula. Em relação aos modelos apresentados pelos demais grupos, você alteraria o seu modelo? Por quê?

Vamos reelaborar!

Com a socialização das mais diversas concepções de modelos atômicos proporcionadas pelos mais diversos grupos reflitam: O Modelo Atômico proposto por seu grupo para o Átomo de Thomson é coerente com as informações experimentais? Justifique.

Rutherford, foste habilidoso.

Objetivo: Analisar o Modelo Atômico de Rutherford, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.

Episódio 5

O modelo atômico de Rutherford: rompendo com paradigmas

O Modelo Atômico de Thomson viveu pouco tempo. Afinal, Rutherford através de novas informações experimentais colocou o conhecimento vigente acerca da estrutura do átomo em xeque.

Levantamento de informações experimentais que Modelo Atômico de Thomson não é capaz de explicar.

As informações levantadas são ponto de partida para uma nova hipótese atômica.

Vamos expressar!

Como você acha que seria o átomo de **Rutherford**?

É consensual?

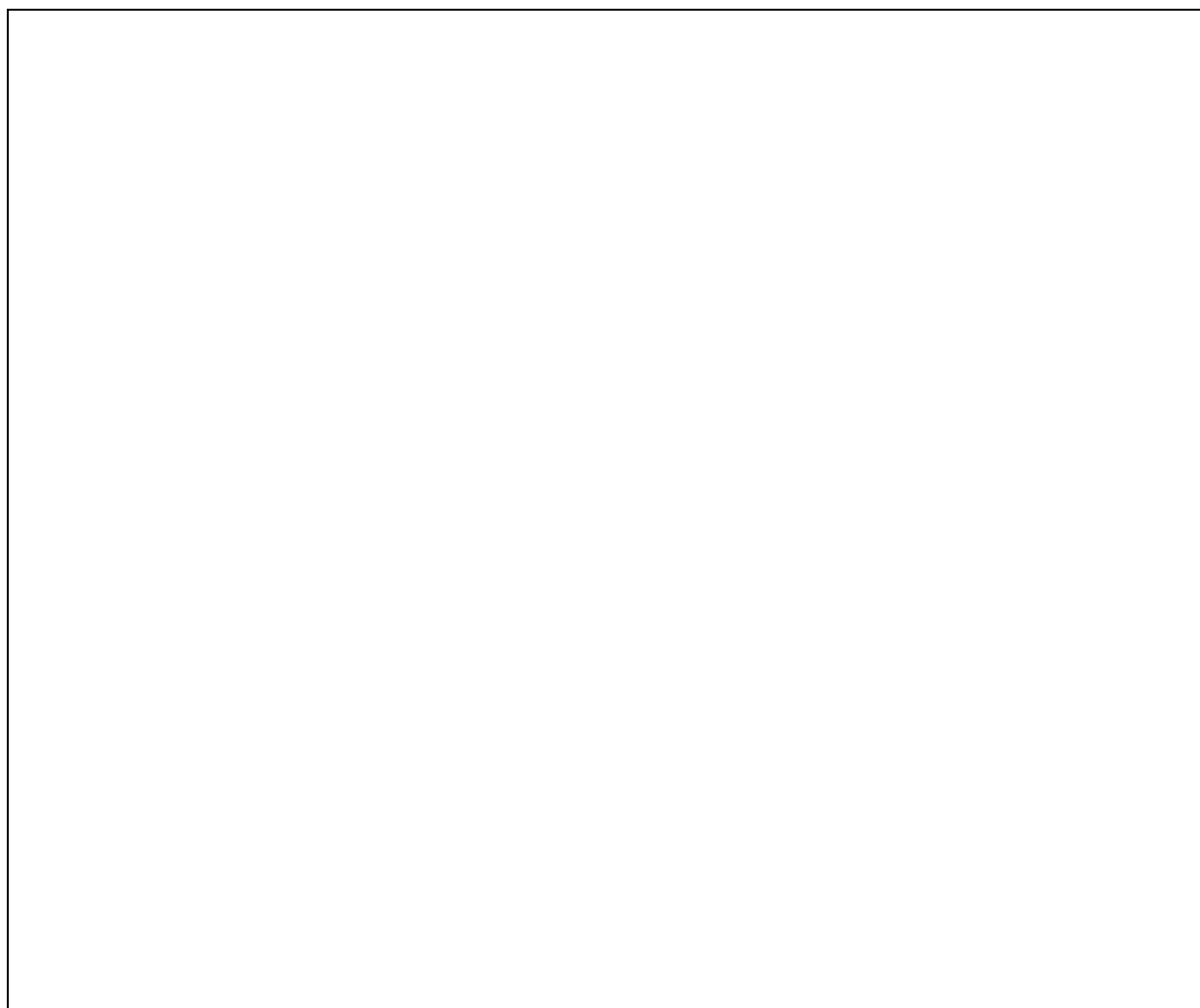
Com base nas diferentes ideias de modelo levantadas por você e os demais integrantes do seu grupo conclua: Qual seria a melhor ideia de modelo para o átomo de Rutherford? A sua ou a dos outros integrantes de seu grupo? Ou seria melhor uma mistura de ideias? Você e seu grupo proponham uma ideia consensual para o átomo de Rutherford.

Episódio 6

Vamos reelaborar!

Agora com o Modelo construído vamos testar o Modelo. Com as informações iniciais levantadas efetue testes mentais para confirmação. Reflita com seu grupo. Os resultados são coerentes com os resultados experimentais levantados por Rutherford? O que precisaria ser mudado?

Desenhe o modelo de seu grupo com as alterações destacadas.



Vamos socializar!

Compartilhe os modelos com os demais alunos da sala de aula. Em relação aos modelos apresentados pelos demais grupos, você alteraria o seu modelo? Por quê?

Vamos reelaborar!

Com a socialização das mais diversas concepções de modelos atômicos proporcionadas pelos mais diversos grupos reflitam: O Modelo Atômico proposto por seu grupo é coerente com o modelo proposto por Rutherford? Justifique.

Sequência didática: Bohr: Não é o fim de tudo!

Objetivo: Analisar o Modelo Atômico de Bohr, concluindo sobre as abrangências e limitações de seu modelo.

Episódio 7

Bohr, o postulante!

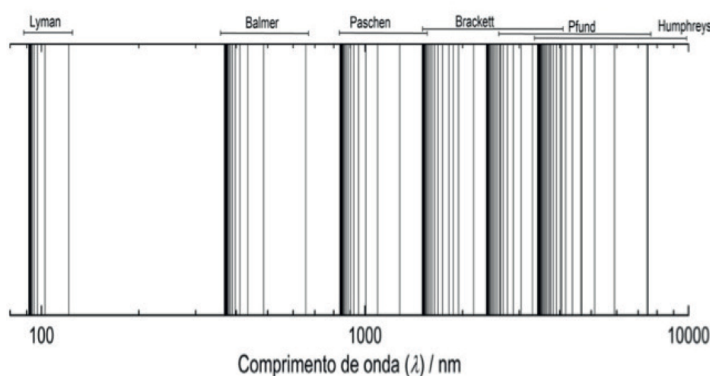
O modelo atômico de Bohr foi uma resposta aos problemas do modelo de Rutherford em relação à Física Clássica e as novas informações experimentais.

Vamos por partes. Primeiro abordaremos a falha do Modelo Atômico de Rutherford em relação a Física Clássica. Segundo da teoria de Maxwell uma carga elétrica em trajetória circular emitiria energia continuamente até o elétron se chocar com o núcleo. Afinal, elétrons e núcleo, dotados de cargas negativas e positivas, ou seja, cargas de sinais contrários se atraíram mutuamente. O elétron ao girar ao redor do núcleo teria uma trajetória espiralada descendente se aproximando cada vez mais do núcleo positivo e, por consequência, cairia neste, o que provocaria o colapso do átomo.

Para entender melhor tal fato, é necessária a compreensão que a energia de um elétron é dada por sua distância em relação ao núcleo. Quanto mais afastado do núcleo maior é a energia do elétron. Então, quanto o elétron é atraído pelo núcleo devidos as forças de interação eletrostática, a sua distância diminui e, por consequência, a sua energia diminui, o que gera a liberação de energia na forma de radiação eletromagnética, ou seja, luz.

Outro problema seria o espectro de emissão do átomo de hidrogênio, era esperado que o espectro de emissão de radiação eletromagnética fosse contínuo. Porém, ao efetuar o estudo do átomo de hidrogênio se observou que o espectro de emissão de radiação era descontínuo. Segundo Rutherford, era esperado a continuidade do espectro e não sua descontinuidade. Não apenas para o hidrogênio, mas para os demais elementos químicos. Mais uma falha do modelo atômico de Rutherford.

Figura 5: Espectro de raios do átomo de Hidrogênio



Fonte: Bego (2016, p.78)

Outra falha do modelo atômico de Rutherford era não conseguir explicar o efeito fotoelétrico. A emissão de elétrons por uma superfície metálica quando existe a incidência de luz. A característica mais fascinante é que nem toda frequência de radiação eletromagnética era capaz de promover a ejeção de elétrons. Dependendo do comprimento de onda da luz era possível a ejeção dos elétrons.

A única explicação possível era a admissão que a energia luminosa (fóton) se subdividia em pequenas porções energéticas, as quais foram denominadas de quanta, ou seja, a incidência de uma energia específica provocaria a ejeção do elétron.

Com base nestas informações experimentais e teóricas, Bohr propôs um modelo teórico para o átomo de hidrogênio, que explica via postulados os diferentes comportamentos dos espectros do átomo de Hidrogênio e resolve o colapso do átomo de Hidrogênio. Os postulados afirmam que:

- Os elétrons descrevem órbitas circulares ao redor do núcleo atômico, há uma quantidade limitada de órbitas permitidas, que são denominadas camadas eletrônicas ou níveis de energia. Lembre-se, quanto mais afastada do núcleo estiver a camada eletrônica ou o nível de energia, maior será a energia do elétron (CISCATO et al., 2016);
- O elétron não perde energia espontaneamente quando se encontram em uma órbita permitida. A órbita estável em que o elétron se encontra é denominado de estado estacionário (CISCATO et al., 2016);
- Um elétron pode saltar de uma camada eletrônica para outra desde que receba energia suficiente do meio externo. Caso ocorra de o elétron receber energia suficiente do meio externo, ele se desloca para uma camada eletrônica mais distante do núcleo e, por consequência, a camada é mais energética que sua camada eletrônica de origem. O elétron ao perder o excesso de energia, retorna a sua camada eletrônica original dissipando a energia excedente na forma de energia térmica ou luminosa (CISCATO et al., 2016).

Experimento

Teste de chama

Materiais

- 1 vidro de relógio
- sulfato de cobre pentaidratado
- espátula de aço

Coloca os postulados e ver como explicaria os dados experimentais para explicar os dados experimentais. Refazer a conexão. Ai os alunos

construiriam o modelo de BOHR a partir dos postulados. Sem você dar os desenhos.

Procedimento

1. No vidro de relógio, adicione aproximadamente 2,0g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Antes de prosseguir responda: Qual a cor do sulfato de cobre pentaidratado? _____
2. Na sequência, adicione 5mL de álcool etílico ao conteúdo do vidro de relógio.
3. Acenda e observe a chama. Anote possíveis alterações.

A cor do sulfato de cobre influi na coloração da chama? Explique.

Por que a chama muda de cor?

Como os postulados proposto por BOHR explicam os diversos dados experimentais apontados e observados? Justifique.

Vamos pensar!

Descreva como seria o átomo de Bohr com base no levantamento das informações experimentais. Justifique.

Vamos expressar!

Com base nas informações experimentais levantadas construa um primeiro Modelo para o Átomo de Bohr. Para auxiliá-lo na construção do você terá a sua disposição: lápis de cor e papel para a confecção do modelo.

--

Episódio 8

Vamos reelaborar!

Agora com o Modelo construído vamos testar o Modelo. Com as informações iniciais levantadas efetue testes mentais para confirmação. Reflita com seu grupo. Os resultados são coerentes com os resultados experimentais levantados por Bohr? Algo precisaria ser mudado? O que?

Vamos socializar!

Compartilhe os modelos com os demais alunos da sala de aula. Em relação aos modelos apresentados pelos demais grupos, você alteraria o seu modelo? Por quê?

Vamos reelaborar!

Com a socialização das mais diversas concepções de modelos atômicos proporcionadas pelos mais diversos grupos reflitam: O Modelo Atômico

proposto por seu grupo para o Átomo de Bohr é coerente com as informações experimentais? Justifique.

Episódio 9

Objetivo: Analisar os diversos modelos atômicos como construções humanas; organizando as informações características de cada um dos modelos e diferenciando a abrangência de cada um dos modelos.

Tempestade de ideias de modelos atômicos

Vamos levantar ideias!

[illegible]

Agora vamos nos reagrupar. Durante a Tempestade de Modelos, todos os alunos sugeriram as mais diversas características para cada modelo atômico.

Agora vocês decidirão com seus grupos se as características atribuídas para o Modelo Atômico de Dalton, Modelo Atômico de Thomson, Modelo Atômico de Rutherford e Modelos Atômico de Bohr correspondem à realidade para cada um destes modelos atômicos estudados

[illegible]

Colocando os conhecimentos à PROVA!!!

[Desafio Kahoot](#)



Modelos atômicos

[aravechia](#)

Created 14 minutes ago • 1 plays

 [Visible to everyone](#)

[Play](#) [Challenge](#)

Cenas pós-créditos

Vamos nos testar!!!

Nome completo: _____ nº ____ 2ºEM –

Turma ____

1 - (VUNESP 2012) - A Lei da Conservação da Massa, enunciada por Lavoisier em 1774, é uma das leis mais importantes das transformações químicas. Ela estabelece que, durante uma transformação química, a soma das massas dos reagentes é igual à soma das massas dos produtos. Esta teoria pôde ser explicada, alguns anos mais tarde, pelo modelo atômico de Dalton. Entre as ideias de Dalton, a que oferece a explicação mais apropriada para a Lei da Conservação da Massa de Lavoisier é a de que:

(A) Os átomos não são criados, destruídos ou convertidos em outros átomos durante uma transformação química.

(B) Os átomos são constituídos por 3 partículas fundamentais: prótons, nêutrons e elétrons.

(C) Todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos em todos os aspectos de caracterização.

(D) Um elétron em um átomo pode ter somente certas quantidades específicas de energia.

2– (UFMG) – Os diversos modelos para o átomo diferem quanto as duas potencialidades para explicar os fenômenos e resultados experimentais. Em todas as alternativas, o modelo atômico está corretamente associado a um resultado experimental que ele pode explicar, exceto em:

a) O modelo de Rutherford explica porque algumas partículas alfa não conseguem atravessar uma lâmina metálica fina e sofrem fortes desvios.

b) O modelo de Thomson explica porque a dissolução de cloreto de sódio em água produz uma solução condutora de eletricidade.

c) O modelo de Dalton explica porque um gás, submetido a uma grande diferença de potencial elétrico, se torna condutor de eletricidade.

d) O modelo de Dalton explica porque a proporção em massa dos elementos de um composto é definida.

Leia o texto abaixo para responder antes de responder à questão 3.

No interior do tubo da lâmpada fluorescente existem átomos de argônio e átomos de mercúrio. Quando a lâmpada está em funcionamento, os átomos de Ar ionizados chocam-se com os átomos de Hg. A cada choque, o átomo de Hg recebe determinada quantidade de energia que faz com que seus elétrons passem de um nível de energia para outro, afastando-se do núcleo. Ao retornar ao seu nível de origem, os elétrons do átomo de Hg emitem grande quantidade de energia na forma de radiação ultravioleta. Esses raios não são visíveis, porém eles excitam os elétrons do átomo de P presente na lateral do tubo, que absorvem energia e emitem luz visível para o ambiente.

3 - (G1 – IFSUL – 2016) – O modelo atômico capaz de explicar o funcionamento da lâmpada fluorescente é

a) Modelo de Dalton.

b) Modelo de Thomson.

c) Modelo de Rutherford.

d) Modelo de Böhr.

4 - (UFIF – PISM - 2016) – Desde a Grécia antiga, filósofos e cientistas vêm levantando hipóteses sobre a constituição da matéria. Demócrito foi uns dos primeiros filósofos a propor que a matéria era constituída por partículas muito pequenas e indivisíveis, as quais chamaram de átomos. A partir de então, vários modelos atômicos foram formulados, à medida que novos e melhores métodos de investigação foram sendo desenvolvidos. A seguir, são apresentadas

as representações gráficas de alguns modelos atômicos:



Assinale a alternativa que correlaciona o modelo atômico com a sua respectiva representação gráfica.

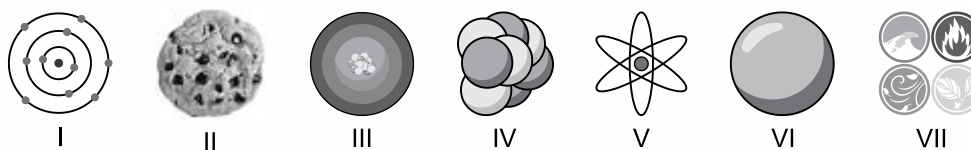
- a) I - Thomson, II - Dalton, III - Rutherford-Bohr.
 b) I - Rutherford-Bohr, II - Thomson, III - Dalton.
 c) I - Dalton, II - Rutherford-Bohr, III - Thomson.
 d) I - Dalton, II - Thomson, III - Rutherford-Bohr.
 e) I - Thomson, II - Rutherford-Bohr, III - Dalton.

5 - (UNICID – MEDICINA – 2016) – Ao tratar da evolução das ideias sobre a natureza dos átomos, um professor, apresentou as seguintes informações e figuras:

Desenvolvimento histórico das principais ideias sobre a estrutura atômica

400 a.C.	Demócrito	A matéria é indivisível e feita de átomos.
350 a.C.	Aristóteles	A matéria é constituída por 4 elementos: água, ar, terra, fogo.
1800	Dalton	Todo e qualquer tipo de matéria é formada por partículas indivisíveis, chamadas átomos.
1900	Thomson	Os átomos dos elementos consistem em um número de corpúsculos eletricamente negativos englobados em uma esfera uniformemente positiva.
1910	Rutherford	O átomo é composto por um núcleo de carga elétrica positiva, equilibrado por elétrons (partículas negativas), que giram ao redor do núcleo, numa região denominada eletrosfera.
1913	Böhr	A eletrosfera é dividida em órbitas circulares definidas; os elétrons só podem orbitar o núcleo em certas distâncias denominadas níveis.
1932	Chadwick	O núcleo atômico é também integrado por partículas sem carga elétrica, chamadas nêutrons.

Modelos atômicos



(www.projectsharetxas.org. Adaptado.)

a) Complete o quadro abaixo indicando o número do modelo que mais se aproxima das ideias de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr.

Dalton	Thomson	Rutherford	Böhr

b) Considere a situação: uma solução aquosa de cloreto de bário e outra de cloreto de estrôncio são borrifadas em direção a uma chama, uma por vez, produzindo uma chama de coloração verde e outra de coloração vermelha, respectivamente. Como e a partir de que

momento histórico as ideias sobre estrutura atômica explicam o resultado da situação descrita?

Referências

ALVES, D. P. **Formação continuada para professores de Ciências nas séries iniciais: uso de modelos e modelagem para introdução de conceitos químicos.** 2012. 224 f., il. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

Antunes, C. **Professores e professaurus: Reflexões sobre a aula e práticas pedagógicas diversas.** 1ªed. Petrópolis: Editora Vozes, 2007. p.75-76.

Bego, A. M. (Org.). **Ciências da Natureza: Química.** 2.ed., São Paulo: Cultura Acadêmica, 2016.

CISCATO, C. A. M. et al. **Química 1.** 1. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2016. p. 285.

FARIAS, R. F. de; **Para gostar de ler a História da Química.** 1ªed. Campinas: Editora Átomo, 2007. p. 17-21.

JUSTI, R. Modelos e modelagem no Ensino de Química: um olhar sobre os aspectos essenciais poucos discutidos. In: Santos, W.L.P; Maldaner, O.A de (orgs). **Ensino de Química em foco.** Unijuí: Ed. Unijuí, 2010. Volume único. cap.8, p.209-230.

NERSESSIAN, N.J. Model-Based Reasoning in Conceptual Change. In: MAGNANI, L; NERSESSIAN, N.J., THAGARD, P. (Eds.). Model-Based Reasoning in Scientific Discovery. New York: Kluwer and Plenum Publishers. P.5-22, 1999.

NEVES, S. das N; FARIAS, R.B. de. **História da Química: um livro texto para a graduação.** 2ª.ed. revisada. Campinas: Editora Átomo, 2011. p.60-64.

APÊNDICE II

Termo de consentimento

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, RG _____,

Declaro estar ciente da participação de meu filho (a)

_____, RG _____, regularmente matriculado no Segundo Ano do Ensino Médio da Escola Estadual Abdalla Miguel, na aplicação da Unidade Didática Multiestratégica – Vamos Modelar!!! A implicação da unidade será realizada pelo Professor Carlos Rodrigo Aravéchia de Sá e coordenada pelo Professor Doutor Amadeu Moura Bego da Unesp de Araraquara entre 11 de fevereiro e 29 de março de 2019 nos horários das duas aulas semanais de Química.

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver práticas, métodos e técnicas de ensino de Química inovadores. Para tal propósito, as aulas serão filmadas para a coleta de dados de pesquisa. Espera-se obter um aprimoramento do Ensino e da Aprendizagem de Química na Escola pública.

Os responsáveis pela Unidade Didática Multiestratégica garantem o sigilo de modo que os dados coletados serão utilizados apenas para fins de pesquisa, assegurados pelo Conselho de Ética da Unesp. Declaro também estar ciência de que as informações obtidas podem ser utilizadas para fins pedagógicos e que esta participação não comporta qualquer remuneração.

Data, local
Responsável

Assinatura do

TERMO DE AUTORIZAÇÃO

Eu, _____, RG _____,

Declaro estar ciente da participação de meu filho (a)

_____, RG _____, regularmente matriculado no Segundo Ano do Ensino Médio da Escola Estadual Abdalla Miguel, na aplicação da Unidade Didática Multiestratégica – Vamos Modelar!!! A implicação da unidade será realizada pelo Professor Carlos Rodrigo Aravéchia de Sá e coordenada pelo Professor Doutor Amadeu Moura Bego da Unesp de Araraquara entre 11 de fevereiro e 29 de março de 2019 nos horários das duas aulas semanais de Química.

O presente trabalho tem por objetivo desenvolver práticas, métodos e técnicas de ensino de Química inovadores. Para tal propósito, as aulas serão filmadas para a coleta de dados de pesquisa. Espera-se obter um aprimoramento do Ensino e da Aprendizagem de Química na Escola pública.

Os responsáveis pela Unidade Didática Multiestratégica garantem o sigilo de modo que os dados coletados serão utilizados apenas para fins de pesquisa, assegurados pelo Conselho de Ética da Unesp. Declaro também estar ciência de que as informações obtidas podem ser utilizadas para fins pedagógicos e que esta participação não comporta qualquer remuneração.

Data, local
Responsável
Cópia dos responsáveis.

Assinatura do