

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS**  
**CÂMPUS JATAÍ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**ELISMAR GONÇALVES DA SILVA**

**UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE A EVOLUÇÃO DOS**  
**MODELOS ATÔMICOS:**  
**A BUSCA PELA ARGUMENTAÇÃO EM AULAS DE FÍSICA**

JATAÍ  
2017

**ELISMAR GONÇALVES DA SILVA**

**UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE A EVOLUÇÃO  
DOS MODELOS ATÔMICOS:  
A BUSCA PELA ARGUMENTAÇÃO EM AULAS DE FÍSICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestra em Educação para Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Linha de pesquisa: Fundamentos, metodologias e recursos para a Educação para Ciências e Matemática

Sublinha: Ensino de Física

Orientadora: Ma. Marta João Francisco Silva Souza

JATAÍ

2017

Autorizo, para fins de estudo e de pesquisa, a reprodução e a divulgação total ou parcial desta dissertação, em meio convencional ou eletrônico, desde que a fonte seja citada.

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)**

SIL/seq	Silva, Elismar Gonçalves da. Sequência de Ensino Investigativa: a evolução dos modelos atômicos [manuscrito] / Elismar Gonçalves da Silva. -- 2017. 60 f.; il.  Orientadora: Prof <sup>a</sup> . Ma. Marta João Francisco Silva Souza. Produto Educacional (Mestrado) – IFG – Câmpus Jataí, Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, 2017. Bibliografias.  1. Ensino de Física. 2. Sequência de Ensino Investigativa. 3. Modelos atômicos. 4. Produto Educacional. I. Souza, Marta João Francisco Silva. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.  CDD 530.7
---------	--

ELISMAR GONÇALVES DA SILVA

**UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE A EVOLUÇÃO DOS  
MODELOS ATÔMICOS: A BUSCA PELA ARGUMENTAÇÃO EM AULAS DE  
FÍSICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação para Ciências e Matemática.

Esta dissertação foi defendida e aprovada, em 08 de dezembro de 2017, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

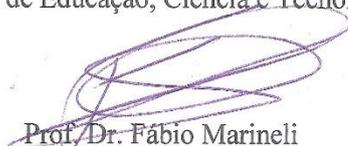
**BANCA EXAMINADORA**



Profa. Ma. Marta João Francisco Silva Souza  
Presidente da banca / Orientadora  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Paulo Henrique de Souza  
Membro interno  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás



Prof. Dr. Fábio Marineli  
Membro externo  
Universidade Estadual de Goiás

Às minhas filhas, Laís e Laíne, que são a minha maior riqueza.  
Aos meus pais, João e Irma, que sempre me deram apoio incondicional nesta batalha.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pela vitória alcançada. Foram muitos os momentos de desânimo enfrentados, mas apesar das provações vivenciadas nestes dois anos e meio de curso, Ele sempre me iluminou e renovou minhas forças para continuar lutando.

A todos os professores e funcionários do programa de pós-graduação do IFG – Câmpus Jataí, em especial à minha orientadora, Marta João, que pacientemente sempre me atendeu e contribuiu com esmero para que esse trabalho fosse realizado, desde a sua idealização até a escrita dessa dissertação.

Às minhas filhas, Laís e Láine, que sempre estiveram presentes, dando-me total apoio em meus estudos sem nunca reclamar de minhas ausências. São meu orgulho. Aos meus genros Geovane e Samuel pelo incentivo.

A toda minha família, meus pais, João e Irma, minhas irmãs, Maria José e Gisélia, meu irmão Hélio, que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão desse trabalho com êxito.

À FAPEG um agradecimento especial pelo incentivo financeiro, permitindo que eu me dedicasse aos estudos aqui demonstrados e apresentasse minhas ideias para diferentes pessoas, em diferentes ocasiões.

A cada um dos alunos da 3ª série do ensino médio do Colégio Analícia Cecília, turma de 2016, por não se importarem com nossa presença (e das câmeras) e por participarem voluntariamente e com dedicação dessa pesquisa. Em especial à aluna Priscila (*in memoriam*) que aprovou a Deus tirá-la de nosso convívio tão cedo (18 anos), antes mesmo da defesa dessa dissertação.

À minha igreja evangélica, Assembleia de Deus em Amarinópolis-Go, na pessoa do meu pastor, Francisco Alves da Costa, que tanto me incentivou e compreendeu minhas ausências nos trabalhos eclesiais, nos quais sempre fui atuante. Sou eternamente grata pelas orações que fizeram por mim nesse longo período de formação.

À minha amiga e colega de mestrado Suenir e sua amada família, em cuja casa fiquei hospedada durante todo esse tempo. Só Jesus para recompensar tudo que fizeram por mim. Minha gratidão se estende à avó Aneli e ao avô Agostinho. Obrigada pelo carinho e pelas refeições deliciosas que prepararam para mim.

Aos demais colegas de mestrado da quarta turma (2015) pelo companheirismo, em especial à Patrícia que não mediu esforços para se deslocar até Amarinópolis e ajudar na coleta

dos dados, na preparação das aulas experimentais, na organização de alguns encontros e por ser tão companheira.

À minha eterna amiga Rosimar, agora Mestre em Ensino de Física, conhecedora das dificuldades que um curso de mestrado nos impõe. Só tenho a agradecer pelo apoio em todos os momentos.

À SEDUCE e Secretaria Municipal de Educação de Amarinópolis por permitirem que eu me dedicasse em tempo integral aos estudos, concedendo-me as licenças para aprimoramento profissional. Dedicarei, como sempre fiz, ao meu trabalho e colocarei em prática tudo que aprendi nesses dois anos e meio na pós-graduação.

Em especial aos professores Dr. Paulo Henrique de Souza e Dr. Fábio Marineli, membros da banca examinadora, que contribuíram com maestria para o enriquecimento e conclusão desse trabalho com êxito.

Que Deus abençoe e retribua a cada um de vocês.

A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isto fica sendo a minha última e mais elevada descoberta.

(Isaac Newton)

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo elaborar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre a evolução dos modelos atômicos e investigar como as atitudes do professor fomentam a argumentação de estudantes de ensino médio, no sentido de buscar a promoção da Alfabetização Científica (AC). A pesquisa tem uma abordagem qualitativa e foi desenvolvida em uma turma de terceira série do ensino médio, de uma escola da rede pública estadual do município de Amorinópolis, estado de Goiás. A SEI foi elaborada baseando-se na sondagem dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre o conceito de átomo. Os modelos atômicos estão inseridos nos tópicos de Física Moderna, propostos na matriz curricular da Secretaria de Educação do Estado de Goiás para o ensino médio. Foi feita uma revisão de literatura sobre a inserção desses tópicos na educação básica. A revisão se estendeu aos pressupostos do ensino por investigação, dos aspectos referentes à promoção da AC e à importância do professor no fomento da argumentação em aulas investigativas. As aulas da SEI implementada na turma foram gravadas em áudio e vídeo e foram aplicadas pela própria pesquisadora e autora dessa dissertação. O instrumento para a análise dos dados baseou-se no trabalho de Ferraz (2015). Com ele, foi possível identificar: nas falas da professora, os Propósitos Epistêmicos para a Promoção da Argumentação e os Tipos de Perguntas utilizadas nesse processo; e, nas falas dos estudantes, os indicadores de AC. Foi possível observar diferentes argumentos proferidos pelos estudantes, a partir das atitudes da professora. Nos argumentos, foram evidenciados alguns indicadores de AC, dentre eles: levantamento de hipótese, teste de hipótese, justificativa, organização de informações, explicação e previsão. As atividades desenvolvidas na SEI estimularam a interação entre os estudantes, contribuindo para o surgimento de situações argumentativas e permitiram que vivenciassem aspectos do fazer científico. Eles levantaram hipóteses, testaram, consideraram variáveis, emitiram conclusões, organizaram ações, relataram suas ideias, compartilharam informações entre si, respeitaram ideias contrárias e reavaliaram conclusões. A SEI, intitulada A Evolução dos Modelos Atômicos, foi o produto educacional desta pesquisa.

**Palavras-chave:** Física. Sequência de Ensino Investigativa. Argumentação. Alfabetização Científica.

## ABSTRACT

The present essay had as objective to elaborate a Sequence of Investigative Teaching (SIT) on the evolution of the atomic models and investigate how the attitudes of the teacher foment the argumentation of high school students, in the sense of seeking the promotion of Scientific Literacy (SL). The research has a qualitative approach and was developed in a third-grade high school class from a State public school in the City of Amorinópolis, state of Goiás. The SIT was elaborated based on the students' previous knowledge about the concept of atom. The atomic models are inserted in the topics of Modern Physics, proposed in the curricular matrix of the Education Department of the State of Goiás for High School. A review of the literature on the insertion of these topics in basic education was made. The review extended to the presuppositions of research teaching, aspects related to the promotion of SL and the importance of the teacher in promoting argumentation in investigative classes. The classes of the SIT implemented in the class were recorded in audio and video and were applied by the researcher and author of this dissertation. The instrument for data analysis was based on the work of Ferraz (2015). Thereby, it was possible to identify: in the teacher's statements, the Epistemic Purposes for the Promotion of Argumentation and the Types of Questions used in this process; and in the students' speeches, the SL indicators. It was possible to observe different arguments made by the students, based on the teacher's attitudes. In the arguments, some indicators of SL were evidenced, among them: hypothesis survey, hypothesis test, justification, information organization, explanation, and prediction. The activities developed at the SIT stimulated interaction among students, contributing to the emergence of argumentative situations and allowed them to experience aspects of scientific doing. They hypothesized, tested, considered variables, issued conclusions, organized actions, reported their ideas, shared information with each other, respected opposing ideas, and re-evaluated conclusions. SIT, entitled The Evolution of Atomic Models, was the educational product of this research.

**Key Words:** Physics. Sequence of Investigative Teaching. Argumentation. Scientific Literacy.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1 – Representações do átomo por estudantes da turma .....</b>	<b>55</b>
<b>Figura 2 – Caixa utilizada na atividade investigativa 1 .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 3 – Materiais para a atividade investigativa 2.....</b>	<b>61</b>
<b>Figura 4 – Espectroscópio caseiro simples .....</b>	<b>66</b>
<b>Figura 5 – Materiais utilizados para observar os espectros .....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 6 – Objeto de aprendizagem: o Efeito Fotoelétrico.....</b>	<b>70</b>
<b>Figura 7 – Materiais para a atividade do Teste de Chamas .....</b>	<b>74</b>
<b>Figura 8 – Manipulação dos materiais pelo grupo G2.....</b>	<b>80</b>
<b>Figura 9 – Síntese da atividade escrita pelo grupo G2.....</b>	<b>93</b>
<b>Figura 10 – Modelos do objeto apresentados pelos grupos .....</b>	<b>101</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 – Número de estudantes por sexo e por idade .....</b>	<b>49</b>
<b>Quadro 2 – Os encontros e os assuntos propostos .....</b>	<b>56</b>
<b>Quadro 3 – Episódio 1: segundo momento (T9 a T17).....</b>	<b>79</b>
<b>Quadro 4 – Episódio 1: Terceiro momento (T18 a T40) .....</b>	<b>81</b>
<b>Quadro 5 – Episódio 1: Quarto momento (T41 a T64) .....</b>	<b>84</b>
<b>Quadro 6 – Episódio 2: Primeiro momento (T1 a T13) .....</b>	<b>88</b>
<b>Quadro 7 – Episódio 2: Segundo momento (T32 a T50) .....</b>	<b>90</b>
<b>Quadro 8 – Episódio 3: Primeiro momento (T1 a T7) .....</b>	<b>94</b>
<b>Quadro 9 – Episódio 3: Segundo momento (T8 a T21) .....</b>	<b>95</b>
<b>Quadro 10 – Episódio 3: Terceiro momento (T29 a T37) .....</b>	<b>98</b>
<b>Quadro 11 – Episódio 3: Quarto momento (T38 a T40) .....</b>	<b>100</b>
<b>Quadro 12 – Episódio3: Quinto momento (T51 a T74).....</b>	<b>101</b>
<b>Quadro 13 – Episódio 3: Sexto momento (T75 a T88) .....</b>	<b>104</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Alfabetização Científica
AEE	Atendimento Educacional Especializado
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
CFB	Ciências Físicas e Biológicas
ENPEC	Encontro Nacional de Pesquisa em Educação e Ciências
FEUSP	Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo
FM	Física Moderna
FMC	Física Moderna e Contemporânea
HFC	História e Filosofia da Ciência
IBECC	Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
LaPEF	Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio
PNFEM	Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio
PNLD	Programa Nacional do Livro Didático
SEI	Sequência de Ensino Investigativa
SEDUCE	Secretaria da Educação, Cultura e Esporte de Goiás
SIGE	Sistema de Gestão Escolar
UNESP	Universidade Estadual Paulista

## LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

APÊNDICE A – Termo de consentimento (diretora).....	117
APÊNDICE B – Termo de consentimento (pais).....	119
APÊNDICE C – Questionário inicial.....	121
APÊNDICE D – Respostas dos estudantes no questionário inicial.....	122
APÊNDICE E – Atividade 1.....	126
APÊNDICE F – <i>Slides</i> : Primeiro encontro.....	127
APÊNDICE G – Atividade 2.....	130
APÊNDICE H – Atividade 3.....	131
APÊNDICE I – <i>Slides</i> : Terceiro encontro.....	132
APÊNDICE J – Atividade 4.....	134
APÊNDICE K – <i>Slides</i> : Quarto encontro.....	135
APÊNDICE L – Atividade 5.....	137
APÊNDICE M – <i>Slides</i> : Quinto encontro.....	138
APÊNDICE N – <i>Slides</i> : Sexto encontro.....	140
APÊNDICE O – Atividade 6.....	142
APÊNDICE P – Atividade 7.....	143
APÊNDICE Q – <i>Slides</i> : Sétimo encontro.....	144
APÊNDICE R – Atividade 8.....	147
APÊNDICE S – Atividade 9.....	148
APÊNDICE T – Atividade 10.....	149
APÊNDICE U – Questionário final.....	150
APÊNDICE V – O produto educacional.....	152
ANEXO A - Texto: A modelagem científica.....	213
ANEXO B - Texto: Evolução do modelo atômico.....	214
ANEXO C – Roteiro para construção de um espectroscópio simples.....	218
ANEXO D – Texto: O físico e o fóton.....	220

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO .....	15
<b>1 A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO .....</b>	<b>20</b>
1.1 O que consta nos documentos oficiais sobre o ensino de Física Moderna.....	20
1.2 As conclusões de pesquisadores.....	22
<b>2 ALGUNS PRESSUPOSTOS E CONCEITOS SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO, ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O PAPEL DO PROFESSOR NO PROCESSO DE ARGUMENTAÇÃO .....</b>	<b>29</b>
2.1 Breve histórico e perspectivas do ensino de Ciências por investigação.....	29
2.2 As Atividades Investigativas enquanto princípio metodológico.....	34
2.3 O que é Alfabetização Científica? .....	37
2.4 A argumentação no ensino por investigação e o papel do professor .....	41
<b>3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....</b>	<b>46</b>
3.1 Fundamentos teóricos-metodológicos.....	46
3.2 O cenário da pesquisa: a escola e os sujeitos.....	48
3.3 O papel da pesquisadora e a coleta dos dados .....	49
3.4 Os mecanismos de análise dos dados .....	51
3.5 Aulas selecionadas para a análise .....	52
<b>4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO PROPOSTA: CONSIDERAÇÕES SOBRE O PLANEJAMENTO .....</b>	<b>53</b>
4.1 As etapas do planejamento.....	53
4.2 Os conteúdos e a sondagem dos conhecimentos prévios .....	53
4.3 A SEI: A Evolução dos Modelos Atômicos.....	55
4.3.1 Primeiro encontro: aulas 1, 2 e 3 .....	57
4.3.2 Segundo encontro: aulas 4 e 5 .....	60
4.3.3 Terceiro encontro: aulas 6 e 7 .....	63
4.3.4 Quarto encontro: aulas 8 e 9.....	64
4.3.5 Quinto encontro: aulas 10, 11 e 12 .....	67
4.3.6 Sexto encontro: aulas 13, 14 e 15 .....	69
4.3.7 Sétimo encontro: aulas 16, 17 e 18 .....	73
4.3.8 Oitavo encontro: aulas 19 e 20.....	76
<b>5 A ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>78</b>

<b>5.1</b>	<b>Episódio 1: Proposição do problema e manipulação dos materiais.....</b>	<b>78</b>
<b>5.2</b>	<b>Episódio 2: Respondendo o problema por meio da escrita.....</b>	<b>88</b>
<b>5.3</b>	<b>Episódio 3: Sistematização das respostas pelos grupos.....</b>	<b>93</b>
<b>5.4</b>	<b>Algumas considerações sobre os resultados .....</b>	<b>107</b>
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>108</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>116</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>212</b>

## INTRODUÇÃO

A preocupação com a prática pedagógica, enquanto professora de Física da rede pública, foi fator motivador para esta pesquisa. Ao longo de minha trajetória como profissional de educação, as muitas experiências vividas, as dificuldades encontradas e as frustrações enfrentadas, suscitaram em mim a consciência da necessidade de um constante aperfeiçoamento profissional, motivo de ter me matriculado em um Programa de Pós-Graduação.

Quero aqui fazer um retrospecto de minha trajetória acadêmica e profissional, com o propósito de esclarecer porque a prática pedagógica é algo que me inquieta. Pretendo nesse breve relato explicar como minhas experiências influenciaram, e ainda influenciam, minha prática e minha formação profissional.

Comecei a frequentar a escola aos sete anos de idade. No início foi tudo muito tranquilo. A professora da alfabetização era calma e tinha muita paciência. O problema mesmo foi a tabuada. Os professores naquela época colocavam os alunos em pé, na frente dos colegas, e ainda de braços abertos, caso não conseguissem efetuar as operações nas arguições orais, prática avaliativa que considero aterrorizante. Como explicar prática tão severa? O erro era tratado com castigo, pois a tendência era culpar o aluno por não aprender, considerando como causa a falta de atenção. Para Luckesi (1990), essa forma de tratar o erro pode levar à utilização da avaliação para decisões somente acerca de castigos e não sobre questões relacionadas ao ensino ou aprendizagem. Segundo ele, deixar o aluno “em pé” é uma agressão física e moral: física, pela posição; moral, por expor sua fragilidade diante dos colegas.

A prática pedagógica era pautada numa visão tradicionalista, onde o aluno, receptor passivo do conhecimento, deveria reproduzir nas avaliações os ensinamentos feitos pelo professor. Não julgo os meus professores, pois há todo um contexto histórico, social e político envolvido na escolha de uma tendência pedagógica. E vale lembrar, também, que apesar de ter vivenciado alguns exemplos negativos, foram muitos os exemplos e as experiências positivas que vivenciei com muitos de meus professores.

Houve outro fato (que considero negativo), na segunda série, que marcou minha trajetória como aluna, e porque não dizer, como ser humano. Tudo começou quando, no início do ano, para incentivar os alunos a se esforçarem, a professora prometeu que daria uma camiseta de presente a quem tivesse as melhores notas. E depois de um ano de muito esforço, não consegui ganhar a camiseta. A partir dali, fiquei obstinada pelos estudos e em estar entre os melhores.

Durante o ensino fundamental e o ensino médio permaneci com a mesma determinação em sobressair aos demais colegas, provocada por aquela premiação da professora da segunda série. Os métodos utilizados pelos professores eram basicamente os mesmos.

Concluí a educação básica aos dezoito anos de idade e minha surpresa maior foi, logo em seguida, ser convidada a assumir o cargo de professora de Ciências Físicas e Biológicas (CFB) na rede municipal de educação. Ser professora? Realmente fui surpreendida com aquela proposta. Apesar disso, e de não saber ao certo como exerceria aquela função, aceitei o desafio.

Hoje compreendo como consegui assumir tamanha responsabilidade ainda tão jovem. A leitura de Tardif (2000), sobre perspectivas epistemológicas dos saberes profissionais dos professores, levou-me a uma certeza: a gente se faz professora com o tempo. O autor fala dessa aquisição de saberes no tempo, considerando três sentidos: aqueles que são frutos da história de vida e da vivência escolar; aqueles que se referem aos primeiros anos de prática profissional, marcados pelas “tentativas e erros”; e aqueles que se desenvolvem em um processo longo de socialização profissional. Comigo foi assim. Minha história de vida, minha trajetória de estudante, os exemplos dos meus professores, as experiências adquiridas a cada ano de prática pedagógica e os processos de formação pelos quais passei, e ainda passo, me constituíram professora.

Tamanha foi a influência das experiências que vivi em minha prática pedagógica que, nos primeiros dez anos, até alguns aspectos que repudiava enquanto aluna, praticava enquanto professora. Com certeza não me orgulho de muitas posturas de início de docência, mas foi um “legado” que não consegui evitar. Não coloquei ninguém em pé de braços abertos, mas, por exemplo, submeti meus alunos ao terror psicológico, durante as arguições orais sobre os elementos da tabela periódica. E eu acreditava que fazia um trabalho sério e competente. E as avaliações? Estas se limitavam a testes e provas, nos quais eu fazia questão de propor atividades que a maioria não conseguiria resolver. Exatamente como fazia meu professor de Física no ensino médio.

Mas o tempo foi passando e as primeiras formações vieram. Desde os encontros pedagógicos promovidos na escola, aos cursos de formação promovidos pela Secretaria de Estado de Educação, Cultura e Esporte (SEDUCE) do estado de Goiás, pude perceber o quanto necessitava mudar concepções e a prática em sala de aula, enquanto professora de Ciências. Para Carvalho e Pérez (2011), nós, professores de Ciências, além de uma formação adequada, precisamos reconhecer nossas insuficiências na preparação de nossos estudantes. A partir daí o desejo de ingressar em um curso de licenciatura foi surgindo.

A primeira experiência na graduação aconteceu somente no ano 2000, quando iniciei a licenciatura em Matemática pela Universidade Estadual de Goiás. Foram quatro anos de muita aprendizagem. Por meios das leituras, principalmente nas disciplinas de Didática da Matemática e Estágio Supervisionado, fui percebendo o quanto precisa estudar mais e o quanto eram necessárias mudanças em minha prática pedagógica em sala de aula. E estas começaram a acontecer durante e depois da graduação.

Além da conscientização da necessidade de estudar mais, o gosto pela disciplina de Física levou-me a ingressar na licenciatura em Física pela Universidade Federal de Goiás em 2008, quatro anos após concluir a licenciatura em Matemática. Foi uma experiência gratificante e enriquecedora. O curso era 40% à distância, o que ocasionou o uso contínuo de tecnologias durante os anos que se seguiram. A maioria dos professores utilizava metodologias diferenciadas, o que enriqueceu ainda mais minha formação. Considero que foi um período de grande aprendizado sobre a prática docente. Concluí a licenciatura em Física em 2012 e, apesar de ainda não ser a professora que deveria ou poderia ser, já não era mais como antes.

Em 2014, a partir de estudos do material de um curso de formação para professores de ensino médio proposto pelo governo federal, o chamado Pacto Nacional pelo Fortalecimento do Ensino Médio (PNFEM), especificamente do Caderno III, destinado à área de Ciências da Natureza, senti a necessidade de pensar estratégias diferenciadas para o ensino de Física e colocá-las em prática. Os autores do documento afirmam que o ensino de Física poderá ser significativo se forem adotadas práticas como as denominadas por eles de “investigações autênticas”, por meio das quais os estudantes poderão se utilizar do fazer científico (levantar hipóteses, coletar dados, manipular materiais, elaborar explicação, dentre outros) para construir seu próprio conhecimento e adquirir uma visão social das Ciências, principalmente se tais situações forem propiciadas por meio das interações sociais.

Os estudantes têm a oportunidade de elaborar questões de interesse, desenhar o procedimento experimental, coletar e registrar os dados, analisar os dados, elaborar explicações com base nos dados e no conhecimento teórico ou prévio. Se essas situações ocorrerem de preferência em grupos, as interações sociais contribuirão com a negociação e o compartilhamento de significados, com a construção de uma concepção social das Ciências da Natureza e com o exercício de diversas formas e usos de linguagem e argumentação (BRASIL, 2014, p. 14-15).

Foi pensando em uma prática pedagógica que pudesse ir além do ensino excessivamente transmissivo, que favorecesse o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem e que propiciasse possibilidades de formação de cidadãos conscientes, que se

internalizou em mim a necessidade de buscar uma proposta metodológica que abarcasse tais características.

No final de 2014, eu trabalhava como coordenadora pedagógica do turno matutino de uma escola estadual na cidade de Amarinópolis e uma das minhas atribuições era acompanhar o desempenho e eventuais dificuldades dos estudantes durante o ano letivo. Para isso, todos finais de bimestre eram feitos conselhos de classe com os professores, onde eram discutidas essas questões. Em um desses conselhos, especificamente no final do período letivo daquele ano, surgiu uma problemática, levantada por professores de ensino médio, sobre as dificuldades na leitura e na expressão de ideias por meio da escrita em todas as turmas do turno matutino, principalmente na terceira série. Depois de muitas discussões, ficou decidido naquele conselho que, em 2015, todos os esforços estariam voltados para resolver aqueles problemas. E seria um dos objetivos de todos os professores, independente da disciplina que ministrassem.

Em meados de 2015, enquanto desenvolvíamos trabalhos na escola voltados para o desenvolvimento de habilidades de leitura e escrita no ensino médio, surgiu a oportunidade de ingresso no Mestrado Profissional em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Jataí.

Iniciei as atividades do mestrado com muitas leituras e estudos. A cada livro lido, a cada autor estudado, a cada proposta de ensino analisada, as possibilidades de mudança na prática pedagógica foram ampliadas. Vieram então as leituras sobre o ensino por investigação. Enquanto professora de Física, vi nos pressupostos dessa abordagem a oportunidade de proporcionar um ensino que possibilitasse aos estudantes aplicar o conhecimento científico a situações do cotidiano e que, além disso, estimulasse a leitura de textos científicos, contribuindo assim para minimizar o problema de leitura e escrita no ensino médio da minha escola. E foi baseada nessas expectativas que estruturei meu projeto de pesquisa do mestrado.

Dadas essas considerações, esta proposta de pesquisa buscou elaborar e implementar em sala de aula uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), cujas atividades fossem capazes de permitir aos estudantes fazer uso de procedimentos científicos em outros contextos e a aprender sobre Ciências de forma diferente da memorização mecânica do ensino tradicional. Para isso, propomos atividades a partir de problematizações, de abordagens de conceitos priorizando a história da Ciência e de atividades que incluíam a leitura de textos científicos e a produção escrita.

Diante de todas essas expectativas para o processo de ensino-aprendizagem das Ciências, nossa proposta visa propiciar aos estudantes um ambiente de interações sociais, oportunizar momentos de discussões, promover a resolução de problemas e a argumentação,

bem como fomentar o desenvolvimento de habilidades que indiquem estar em processo a Alfabetização Científica (AC), aqui entendida como o modo que conduz os estudantes a utilizar-se da Ciência na resolução de problemas e na tomada de decisões em situações cotidianas (SASSERON; MACHADO, 2017).

Considerando a importância do papel do professor no processo de ensino-aprendizagem, no sentido de propiciar aos estudantes a compreensão de conceitos, a construção de argumentos e o desenvolvimento de habilidades cognitivas, configura-se como questão a ser pesquisada a seguinte proposição: “Como atitudes do professor durante o desenvolvimento de uma SEI sobre a evolução dos modelos atômicos fomentam a argumentação de estudantes de ensino médio, com o objetivo de promover a AC? “

O presente trabalho foi estruturado em seis capítulos. No primeiro, discutimos a inserção da Física Moderna (FM) no ensino médio, à luz dos documentos oficiais e na voz de especialistas que estudam o tema. Em uma revisão de literatura sobre propostas já desenvolvidas em sala de aula, apresentamos alguns de seus resultados.

No segundo capítulo, abordamos alguns pressupostos e conceitos do ensino por investigação. Apresentamos as características das SEI em geral, bem como as concepções alusivas à AC. Tecemos algumas considerações sobre a argumentação e o papel do professor nesse processo.

No terceiro capítulo, apresentamos a caracterização da pesquisa, abarcando seus fundamentos metodológicos, o cenário em que se deu a investigação, a coleta e apresentação dos dados e os mecanismos de análise.

No quarto capítulo, descrevemos a SEI que desenvolvemos, desde a escolha dos conteúdos até o planejamento de cada encontro, explicitando as atividades investigativas elaboradas, os materiais utilizados, as atividades escritas propostas, os textos e vídeos selecionados, os *slides* para apresentação em *Power Point*, dentre outros.

O quinto capítulo destinamos à análise e discussão dos resultados obtidos, buscando nos dados coletados a resposta para a questão de pesquisa proposta.

Encerramos o trabalho apresentando algumas considerações e reflexões desenvolvidas com a aplicação da SEI em sala de aula.

O produto educacional da pesquisa realizada é uma sequência de ensino intitulada “A evolução dos modelos atômicos” e sua descrição detalhada encontra-se no Apêndice V dessa dissertação.

## **1 A INSERÇÃO DA FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO**

A proposta deste trabalho refere-se ao ensino de alguns tópicos de FM no ensino médio. Sendo assim, consideramos relevante situar essa temática no contexto da educação brasileira, bem como no das pesquisas da área de ensino de Ciências.

Iniciamos nossa discussão sobre a temática à luz das propostas arroladas em documentos oficiais oriundos da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – LDB (BRASIL, 1996), como os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - PCNEM (BRASIL, 1999), as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN+ (BRASIL, 2002) e as Orientações para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias (BRASIL, 2006).

Serão apresentados os estudos de pesquisadores, bem como as principais abordagens utilizadas, uma vez que pesquisas sobre a inserção da FM no ensino médio se intensificaram no meio acadêmico no final do século XX.

### **1.1 O que consta nos documentos oficiais sobre o ensino de Física Moderna**

A LDB de 1996 é o documento fundamental para a organização da educação brasileira em todas as modalidades. As orientações referentes ao ensino médio, considerada a etapa final da educação básica, estão inscritas nos Artigos 35 e 36, reformulados recentemente pela Lei nº 13.415 de 2017, que regulamenta os objetivos de aprendizagens do ensino médio definidas pela Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2017).

Segundo a LDB, no Art. 35-A, § 8º, inciso I, ao terminar o ensino médio, o educando deverá dominar princípios científicos e tecnológicos que dizem respeito à produção moderna (BRASIL, 1996). Podemos considerar esse trecho como uma indicação da importância da inserção de tópicos de FM no ensino médio.

A partir das diretrizes estabelecidas na LDB, outros documentos oficiais foram publicados para oferecer subsídios a escolas e professores, no sentido de repensarem o ensino médio de forma a alcançar os objetivos estabelecidos na legislação para esta etapa da educação básica.

Considerando o contexto do ensino de Física, o governo federal por meio dos PCNEM trouxe uma proposta cujo objetivo foi oferecer condições para os estudantes desenvolverem uma visão atualizada do mundo que os cercam, considerando que:

As novas tecnologias de comunicação e da informação permeiam o cotidiano independente do espaço físico, e criam necessidades de vida e convivência que precisam ser analisadas no espaço escolar. A televisão, o rádio, a informática, entre outras, fizeram com que os homens se aproximassem por imagens e sons de mundos antes inimagináveis (BRASIL, 1999, p. 132).

Os PCN+ complementaram essa ideia, apontando a necessidade de um ensino de Física que faça sentido para os estudantes, que considere as tecnologias presentes na sociedade, defendendo uma educação voltada para a formação de cidadãos conscientes e capazes de compreender, intervir e participar do meio em que vivem (BRASIL, 2002). Esse documento faz alusão à importância da inserção de tópicos de FM para tal formação, afirmando que:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers, presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos (BRASIL, 2002, p. 70).

Os conteúdos aqui mencionados fazem parte do tema estruturador “Matéria e radiação”, um dos seis temas propostos nos PCN+ para a organização dos conteúdos de Física. Tais temas são apontados no documento como exemplos de possibilidades e caminhos para o desenvolvimento de habilidades e competências, além de auxiliar no planejamento das atividades em sala de aula.

Nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio são apresentados exemplos de ações que o professor poderá implementar ao trabalhar os temas estruturadores em sala de aula. Esse documento faz menção, inclusive, ao uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) e do enfoque Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), com potencial para contribuir nesse novo cenário do ensino de Física (BRASIL, 2006).

Ainda sobre as competências e habilidades inerentes ao ensino de Física, indispensáveis para a formação do cidadão contemporâneo, os PCN+ consideram que é preciso tomar como referência o “para que” ensinar Física, a fim de preparar

o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante. Finalidades para o conhecimento a ser apreendido em Física que não se reduzem apenas a uma dimensão pragmática, de um saber fazer imediato, mas que devem ser concebidas dentro de uma concepção humanista abrangente, tão abrangente

quanto o perfil do cidadão que se quer ajudar a construir (BRASIL, 2002, p. 61).

Nos PCNEM estas competências e habilidades estão relacionadas à investigação e compreensão, à linguagem física e sua comunicação e à contextualização histórico-social. E aí retornamos à necessidade de promover um ensino de Física contextualizado e integrado às vivências dos estudantes, tal qual sugerido no documento. Uma Física que explique a formação do arco-íris, os raios lasers, os talões da conta de luz, o consumo de combustíveis, a televisão, as células fotoelétricas, dentre outros, e que explique ainda os princípios e conceitos que levem à compreensão de tais assuntos (BRASIL, 1999).

Entendemos que as perspectivas de preparar os estudantes do ensino médio para a cidadania, para a vida e para o aprendizado permanente, demandam um ensino de Física que considere os avanços científicos e tecnológicos para um melhor entendimento do mundo atual. E isso implica se valer dos tópicos de FM na grade curricular.

Reafirmamos a necessidade de repensar o ensino de Física de modo geral, em concomitância ao que versa os PCNEM:

É preciso discutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada. Sabemos todos que, para tanto, não existem soluções simples ou únicas, nem receitas prontas que garantam o sucesso. Essa é a questão a ser enfrentada pelos educadores de cada escola, de cada realidade social, procurando corresponder aos desejos e esperanças de todos os participantes do processo educativo, reunidos através de uma proposta pedagógica clara (BRASIL, 1999, p. 23).

Encontramos na literatura diversos pesquisadores preocupados com essa demanda do ensino de Física no Brasil e que discutem a inserção de tópicos de FM no ensino médio. A seguir, discutiremos alguns resultados de pesquisas nessa área.

## **1.2 As considerações de pesquisadores**

A inserção da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio vem sendo intensamente debatida entre pesquisadores da área de Educação em Ciências. No final do século XX, autores como Terrazan (1992), Valadares e Moreira (1998) e Ostermann e Moreira (2000) apresentaram em seus trabalhos de pesquisa as principais justificativas para tal inserção.

Para Terrazan (1992), os conteúdos de FMC influenciam na compreensão do mundo criado pelo homem atual, contribuindo para a formação de cidadãos capazes de intervir no meio

em que vivem, justificando assim a importância de se pensar formas para a inserção da temática no ensino médio.

Nessa perspectiva, Valadares e Moreira (1998) consideram que a FM apresenta os fundamentos da tecnologia atual, presente na vida dos jovens estudantes, e complementam: “Daí a importância de se introduzir conceitos básicos de Física Moderna e, em especial, de se fazer uma ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano (VALADARES; MOREIRA, 1998, p. 121).

Ostermann e Moreira (2000), em uma revisão bibliográfica, verificaram, nos trabalhos que analisaram, a presença de justificativas voltadas para a necessidade de atualização curricular, de conexão do estudante com sua própria história, de despertar o interesse pela Ciência, de compreensão da Ciência como construção humana, dentre outras. E concluem seus estudos dizendo:

Parece que há muitas justificativas em favor da atualização curricular e até uma bibliografia que apresenta (não tão aridamente como a literatura especializada) temas modernos. Entretanto, colocar todas estas reflexões na prática da sala de aula é ainda um desafio. Outra questão desafiadora é a escolha de quais tópicos de FMC deveriam ser ensinados nas escolas ou, o que dá no mesmo, de quais temas de FMC deveriam ser objeto de especial atenção na formação de professores de Física com vistas a uma adequada transposição didática para o ensino médio (OSTERMANN; MOREIRA, 2000, p. 43).

As reflexões propostas pelos autores citados, e por outros pesquisadores, sobre a inserção da FMC no ensino médio, somadas às propostas de reestruturação do ensino de Física constantes nos documentos oficiais discutidas no tópico anterior, levaram a uma intensa discussão, o que provocou um aumento significativo do desenvolvimento de pesquisas nessa área nos últimos anos, de forma que esta já é considerada uma linha de pesquisa estabelecida dentro da área de Ensino de Física (SILVA; ARENGHI; LINO, 2013).

Sabemos que as dificuldades encontradas por professores para a inserção de tópicos de FMC em sala de aula vão desde os problemas relacionados à carga horária limitada, até as escolhas dos conteúdos a abordar. Nesse sentido, Valente (2009) afirma:

O professor é capaz de realizar essa inserção desde que desenvolva uma autonomia e acredite, de fato, nessa possibilidade. Mas, para isso, é preciso que haja possibilidades e propostas em ressonância com os interesses educacionais desejados. (VALENTE, 2009, p. 173-174).

Conforme apontado por Valente (op. cit.), a inserção da FMC no ensino médio depende da atuação do professor, cabendo a este considerar que é possível fazê-la. Nesse sentido, acreditamos que sejam necessárias ao professor certas características, como ter a

capacidade de investigar propostas e metodologias utilizadas por outros profissionais de educação, organizar e selecionar os assuntos de maneira que façam sentido para os estudantes e estejam ancorados nos objetivos de ensino estabelecidos e refletir sobre sua prática. Tais características estão fortemente atreladas à sua formação inicial e continuada.

Carvalho e Gil-Pérez (2011, p.10) afirmam que “não basta estruturar cuidadosa e fundamentalmente um currículo se o professor não receber um preparo adequado para aplicá-lo”. Os autores complementam apontando que algumas necessidades formativas necessárias aos professores de Ciências, de modo geral, estão relacionadas a aspectos como: conhecimento da matéria, conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem das Ciências, preparação de atividades, orientação dos trabalhos dos alunos e avaliação, fazendo-se necessária uma revisão no processo de formação.

Pesquisadores como Machado e Nardi (2003), Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007), Silva e Almeida (2011) apontam a questão da falta de preparo dos professores como um dos obstáculos à inserção da FMC no ensino médio e acrescentam ao rol de dificuldades a necessidade de se propor metodologias que relacionem os conteúdos a situações cotidianas e ao mundo tecnológico, para uma efetiva abordagem dos tópicos em questão.

Daí reforçamos a importância do papel do professor no contexto da inserção da FMC em sala de aula, inclusive como um pesquisador, pois, como tal, poderá recorrer às orientações dos documentos oficiais, aos resultados de propostas de pesquisas desenvolvidas, às diferentes abordagens dos livros didáticos. Além de ser o agente responsável por conciliar tudo isso à proposta pedagógica da escola e à realidade da comunidade que assiste.

Loch e Garcia (2009) analisaram artigos e dissertações publicados a partir do ano 2002, que relatam como tem acontecido a inserção de tópicos de FMC em sala de aula, bem como os resultados obtidos. Os trabalhos analisados foram agrupados de acordo com a área da FMC abarcada nas propostas, tais como: Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica, Partículas Elementares e Supercondutividade, sendo que, o maior número de propostas refere-se à primeira. Dos trabalhos analisados pelos autores, apenas um é voltado para Partículas Elementares e outro para Supercondutividade.

Quanto à metodologia utilizada nas propostas, os autores constataram a expressiva tendência à utilização da História e Filosofia da Ciência e de recursos audiovisuais, levando a resultados do tipo: envolvimento dos alunos, motivação em aprender conceitos relacionados à Física, percepção da evolução da Ciência. E concluem dizendo:

Por fim, foi possível constatar que as pesquisas acerca da inserção de FMC têm evoluído, uma vez que parece terem passado da fase de justificativas para

a construção de propostas para ensinar conteúdos de FM e FC [Física Contemporânea] passíveis de serem de fato efetivadas, e mais importante, deixando de serem mera especulação teórica para passarem a ser aplicações em sala de aula (LOCH; GARCIA, 2009, p. 10).

De fato, a inserção de tópicos de FMC na grade curricular do ensino médio é uma realidade, fazendo parte inclusive das coleções de livros didáticos listados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD). Obras como “Física” da editora Ática, “Conexões com a Física” da editora Moderna, “Física; Contexto e aplicações” da editora Scipione, “Física – Eletromagnetismo – Física Moderna” da editora FTD e “Compreendendo a Física: Eletromagnetismo e Física Moderna” também da editora Ática, todas pertencentes ao PNLDEM de 2014, destinam unidades e capítulos às temáticas da Física do século XXI (BIAZUS, 2015).

Conforme análise das obras do PNLD 2014, realizada por Biazus (op. cit.), temas como a Relatividade, o Efeito Fotoelétrico, as Radiações, Cosmologia e Física de Partículas são abordados, geralmente, numa perspectiva histórica, com a evidência de aspectos matemáticos, ilustrações de experimentos, se valendo também de vários exercícios de fixação, notícias veiculadas em revistas científicas e situações cotidianas e ambientais. A autora aponta, porém, que, apesar do olhar voltado para a FMC, as obras analisadas por ela não são suficientes para subsidiar o trabalho do professor, necessitando este valer-se de outras fontes para o planejamento de suas aulas. Além disso, outro aspecto observado é o fato dos tópicos referentes à FMC se encontrarem no final dos livros da terceira série do ensino médio, tal qual já observado por Borges (2005) e Domingui (2012). Segundo Biazus (2015), isso é preocupante, uma vez que tais conteúdos ficam passíveis de não serem trabalhados pelos professores, devido à pequena carga horária destinada à disciplina.

Kikuchi, Ortiz e Batista (2013) apresentam uma revisão de literatura envolvendo artigos científicos publicados em periódicos das áreas de Ensino de Física, Ensino de Ciências e Educação, publicados no período de 2007 a 2012. Foram encontrados pelos autores, treze artigos abordando tópicos de FMC no ensino médio, dos quais onze se referem à elaboração, aplicação e/ou avaliação de propostas testadas em sala de aula. Nos chamou a atenção as diferentes metodologias utilizadas. Algumas delas fazem parte de nossa proposta no presente estudo, portanto, relevantes na elaboração desta dissertação.

Os trabalhos de Sales et al. (2008), Silva, Andrade Jr e Nobre (2012) e Machado e Nardi (2007), por exemplo, apresentam como metodologia de ensino a utilização de atividades de modelagem em aparatos computacionais e interação com softwares, priorizando a parte conceitual da FMC e a Física do cotidiano. Dentre as contribuições para o ensino apresentadas

nesses trabalhos, acerca das abordagens atualizadas neles, estão: despertaram o interesse dos estudantes (SALES et al., 2008; MACHADO; NARDI, 2007), desmistificaram a aprendizagem da Física, considerada difícil, e possibilitaram a compreensão de fenômenos quânticos (SALES et al., 2008), possibilitaram relacionar a Física com o cotidiano (SALES et al., 2008; MACHADO; NARDI, 2007; SILVA; ANDRADE JR; NOBRE, 2012).

Guerra, Braga e Reis (2007), Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007) e Souza e Dantas (2010) optaram pela abordagem da HFC e do enfoque CTS, não dando ênfase aos aspectos matemáticos. Eles concluíram que tais metodologias contribuíram para a compreensão da evolução da Ciência, para a aproximação da Ciência à realidade dos estudantes, dentre outras.

Após a revisão de literatura e análises das pesquisas, Kikuchi, Ortiz e Batista (op. cit.) concluem:

Os trabalhos que avaliam propostas de ensino aplicadas podem auxiliar o professor, pois permitem verificar a efetividade dessas propostas. Assim, o professor pode adequá-las de acordo com as diferentes situações que pode encontrar em sala de aula. A análise dos conteúdos de livros didáticos também possui um papel relevante, pois pode auxiliar o docente de Física a selecionar o material que se adapta aos seus objetivos de ensino (KIKUCHI; ORTIZ; BATISTA, 2013, p. 6).

As reflexões aqui propostas centraram nas ideias de pesquisadores sobre a inserção de tópicos da FMC no ensino médio. Outros, porém, procuraram inserir tais tópicos utilizando metodologias voltadas para um ensino investigativo com foco na promoção da AC dos estudantes.

Barrelo Jr (2010) propôs a aplicação de um conjunto de atividades investigativas sobre o tema dualidade onda-partícula, adaptadas do bloco temático “Dualidade onda-partícula” proposto por Brockington (2005). O estudo visou investigar o processo de argumentação dos alunos, as evidências da Alfabetização Científica<sup>1</sup> durante as interações discursivas e a apropriação das interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza da luz. A proposta de Barrelo Jr (2010) foi a elaboração e implementação de uma SEI, composta por onze aulas, que abordou conteúdos como: interferômetro de Mach-Zehnder, interferência, laser, fóton, dualidade onda-partícula e interpretações da Mecânica Quântica. Durante o desenvolvimento da sequência, foram utilizados diferentes recursos e/ou metodologias: textos de apoio, vídeos, DVDs educacionais, apresentações em *Power Point*, fontes luminosas, kit interferômetro de Mach-Zehnder (fonte de laser, dois espelhos planos, dois semiespelhos e dois anteparos opacos), simulação computacional do interferômetro de Mach-Zehnder, atividades individuais

---

<sup>1</sup> Este termo será melhor conceituado no próximo capítulo deste trabalho.

e em grupo, demonstrações investigativas sobre o interferômetro de Mach-Zehnder. A aplicação da sequência foi feita em turmas de terceiro ano do ensino médio de uma escola pública do estado de São Paulo e as aulas foram transcritas de gravações em vídeos e áudios, conforme os propósitos daquela pesquisa.

Os resultados foram considerados satisfatórios pelo pesquisador, contribuindo para a inserção de tópicos de FMC no ensino médio, mesmo diante da complexidade atribuída aos tópicos de Mecânica Quântica. O autor assim conclui seu trabalho:

Apesar de os tópicos apresentados serem habitualmente pensados para estudantes de graduação em Física, por mostrarem-se particularmente difíceis em um primeiro contato, pois são interpretações que rompem com conceitos postos, nossa pesquisa revela um alto índice de compreensão dos estudantes. Para as questões relativas às interpretações da Mecânica Quântica sobre a natureza da luz, cerca de 80% da classe apresenta respostas corretas ou parcialmente corretas (BARRELO JR, 2010, p. 104).

A proposta de ensino com o uso de metodologias voltadas para uma abordagem investigativa, implementada por Barrelo Jr (2010), foi validada pelos resultados encontrados e, segundo o autor, contribuiu para a inserção de tópicos de FMC no ensino médio, para o processo de alfabetização científica, para a compreensão da natureza e comportamento da luz e para a motivação dos estudantes em estudar Ciências.

Nessa vertente do ensino por investigação, Machado (2012) analisou aulas oriundas do trabalho de Barrelo Jr (2010), aproveitando, inclusive, as transcrições e gravações em vídeo das atividades da sua SEI, no tópico sobre a dualidade onda-partícula. O objetivo do trabalho foi analisar as perguntas feitas pelo professor em aulas investigativas de Física, categorizando-as e buscando relações destas com a AC, ou seja, o foco principal não se voltou especificamente para os tópicos de FMC, mas se valeu destes para estimular o processo de argumentação em sala de aula, contribuindo para a compreensão de conceitos científicos.

Após a análise dos dados coletados na pesquisa, Machado (2012) estabeleceu relações profícuas entre as perguntas feitas pelo professor em atividades investigativas e a ocorrência da AC dos estudantes. Concluiu enfatizando a importância das interações discursivas no processo ensino-aprendizagem, interações estas que não se restringem apenas às perguntas do professor, mas também às dos alunos quando expõem suas dúvidas, contribuindo, assim, com a construção de significados de forma compartilhada.

Pelo trabalho de Machado, podemos considerar que o ensino por investigação pode ser uma metodologia interessante e viável para se trabalhar a FM no ensino médio. Os pressupostos e conceitos dessa abordagem serão detalhados no próximo capítulo.

Por meio da revisão aqui apresentada, concluímos que a inserção de tópicos da FMC no ensino médio é possível, já está acontecendo, mas precisa ser ampliada, dada a relevância para a compreensão do mundo atual e tendo em vista a predominância de alguns assuntos em detrimento de outros.

## **2 ALGUNS PRESSUPOSTOS E CONCEITOS SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO, ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E O PAPEL DO PROFESSOR NO PROCESSO DE ARGUMENTAÇÃO**

Este capítulo trata dos referenciais teóricos utilizados na pesquisa. Iniciaremos com um breve histórico sobre o ensino de Ciências no Brasil e as perspectivas do ensino por investigação. Explicitaremos os elementos necessários para o planejamento de atividades investigativas e implementação de uma SEI em sala de aula. Em seguida, discutiremos sobre os conceitos e propósitos da AC na concepção de alguns autores para, então, defini-la conforme nossos objetivos. Evidenciaremos o papel da argumentação no ensino por investigação para a promoção da AC e a importância do professor nesse processo.

Para a discussão de todos esses pontos, buscamos suporte teórico, principalmente, nos trabalhos de Sasseron (2008), Sasseron e Carvalho (2008, 2011a, 2011b), Azevedo (2004), Carvalho (2011a, 2013), Zômpero e Laburú (2011), Sasseron e Machado (2017), Machado (2012) e Ferraz (2015).

### **2.1 Breve histórico e perspectivas do ensino de Ciências por investigação**

As propostas para o ensino de Ciências no Brasil passaram por intensas modificações no decorrer dos anos, marcadas por fatores como: desenvolvimento da ciência e da tecnologia, problemas sociais e ambientais, fatores políticos e econômicos, influência de tendências estrangeiras, dentre outros (KRASILCHIK, 1987; NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010; ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; CARVALHO, 2013).

Iniciamos nossa retrospectiva com as mudanças ocorridas no período compreendido entre 1950 e 1985, conforme é apresentado por Krasilchik (1987). Com o propósito de analisar as principais transformações do currículo de Ciências nesse período e buscar relações entre tais mudanças e o papel das disciplinas científicas na formação dos estudantes, a autora nos apresenta uma descrição das fases do ensino de Ciências no Brasil. Apesar de apresentar os processos de mudanças separando-os por décadas, ela afirma: “[...] os processos foram contínuos e em alguns casos superpostos, não servindo os limites estabelecidos como marcos nítidos de transição. São analisados aspectos de um processo evolutivo em que muitos elementos vão se somando a cada fase” (KRASILCHIK, 1987, p. 5).

As fases a que se refere a autora e os respectivos acontecimentos são:

- Período de 1950 a 1960 – as mudanças ocorridas nesse período são reflexos da situação do mundo ocidental após a Segunda guerra Mundial. Industrialização, movimentos políticos contra governos ditadores, desenvolvimento da tecnologia e da ciência provocaram “choques” no currículo escolar. No início da década de 50, professores universitários organizaram o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura (IBECC), que buscou a atualização do conteúdo a ser ensinado e a preparação de materiais para as aulas de laboratório. Porém, esse grupo encontrou barreiras nos programas oficiais e no número de aulas impostas pelo Ministério da Educação, que por sua vez, promovia cursos de capacitação para titular professores improvisados (não licenciados) que ministravam as disciplinas científicas. Nesse período, o objetivo do programa oficial era basicamente a transmissão de informações, conceitos, fenômenos, não discutindo os aspectos tecnológicos, econômicos, sociais e políticos que circundam a ciência. Os que aspiravam mudanças, desejavam a transmissão dos conhecimentos científicos não por meio da simples exposição, mas acreditavam na participação ativa dos estudantes no “aprender fazendo”.
- Período de 1960 a 1970 – nesse período o ensino de Ciências passou a considerar o método científico<sup>2</sup> como necessário ao desenvolvimento da criticidade dos estudantes, que seriam preparados para pensar com lógica e tomar decisões com base em informações e dados, ou seja, foi incorporado mais um objetivo no ensino de Ciências, “permitir a vivência do método científico como necessário à formação do cidadão, não se restringindo mais apenas à preparação do futuro cientista” (KRASILCHIK, 1987, p. 9). No início da década de 60 foi intensamente debatido um projeto para a educação nacional, que culminou com a promulgação da LDB, Lei nº. 4.024 de 21 de dezembro de 1961, que entre outras propostas alterava o currículo de Ciências e incluía a disciplina Iniciação à Ciência, desde a primeira série do curso ginásial. Além disso, aumentava a carga horária das disciplinas Física, Química e Biologia. Foram criados os Centros de Ciências, responsáveis pela produção de materiais e organização de cursos de capacitação para professores. Após o golpe militar de 1964, novas transformações vieram e o ensino de Ciências passou a focar na preparação dos

---

<sup>2</sup> O método científico surgiu a partir do século XVII e consistiu em comprovar teorias por meio de testes e observações, obedecendo a um conjunto de regras básicas, até se chegar a uma conclusão lógica e exata. Durante muitos anos (até por volta de 1980) muitos professores que atuavam no ensino de Ciências acreditavam que tal método era o único capaz de conduzir ao conhecimento verdadeiro (MARSULO; SILVA, 2005). A ideia de um método caracterizado por atividades com passos lineares não traduz a realidade da Ciência efetivamente realizada. Há mais de uma forma de se fazer ciência.

estudantes para o mundo do trabalho. Em 1968 surgiram os movimentos estudantis que reivindicavam mais vagas nas universidades, proliferando, com isso, de forma indisciplinada, cursos sem qualidade de formação de professores de Ciências em universidades privadas.

- Período de 1970 a 1980 – por conta da crise energética, problemas de ordem social e econômica se intensificaram. Agressões ao meio ambiente, resultantes da desenfreada industrialização, provocaram o surgimento de mais um grande objetivo no ensino de Ciências: o de promover, junto aos estudantes, discussões sobre os problemas sociais advindos do desenvolvimento científico. A visão agora era incorporar ao processo científico a ideia de que a Ciência não era neutra. O período é marcado pela promulgação da Lei nº. 5.692 de 11 de agosto de 1972, que instituiu as chamadas disciplinas instrumentais ou profissionalizantes, o que provocou a fragmentação das disciplinas científicas. Com a resistência das escolas privadas às mudanças, baseada nos exames vestibulares, houve uma desvalorização da escola pública, que foram as únicas que implementaram as disciplinas instrumentais. Os esforços para mudanças no ensino de ciências eram anulados pela própria legislação vigente, que piorou a situação educacional, agravada, ainda, pela “péssima qualidade” dos cursos de formação de professores, que ingressavam na sala de aula com condições de trabalho ruins e dependendo de livros-texto, geralmente fracos e insatisfatórios. O governo continuou apoiando o ensino de Ciências, mas nem o sistema, nem os professores conseguiram extinguir as incoerências entre o que era proposto na Lei e a realidade do ensino em sala de aula. Permaneceu as más condições de trabalho e um ensino limitado a aulas expositivas e memorização pelos estudantes. Apesar da regulamentação da licenciatura em 1974, a formação de professores continuou a desejar. Por exemplo, alguns dos novos docentes nunca tiveram aulas em laboratório durante sua formação. Foi grande a participação da sociedade civil em manifestações contra as medidas de 1974, cujos resultados marcaram o ensino de Ciências, bem como o processo de redemocratização da nação, pois conseguiram chamar a atenção para o problema da licenciatura curta.
- Período de 1980 a 1985 – com o agravamento da crise econômica e social dos países subdesenvolvidos, a preocupação das atividades educacionais no Brasil se voltam para a construção de uma sociedade democrática e recuperada economicamente. As decisões sobre o currículo convergem para dois extremos: de um lado, surgem ideias que colocam que devem ser delegadas a cada escola; de outro, noções acerca da necessidade

de centralização nas autoridades superiores em cada sistema curricular. Isso surgiu nesse período porque a LDB de 1961 delegava aos sistemas de ensino a organização dos currículos. Já a LDB de 1971, foi centralizadora. Com a redemocratização do Brasil na década de 1980, essa questão volta a ser discutida. Nesse período, programas para a melhoria do ensino de Ciências são criados, despertando o interesse de universidades, escolas de formação, secretarias de educação, instituições de pesquisas, dentre outros.

De acordo com Nascimento, Fernandes e Mendonça (2010), nas décadas de 1980 e 1990, constata-se as primeiras menções à importância de se aliar os conhecimentos científicos à prática social por meio da reflexão e da criticidade, dando um novo sentido à investigação científica, até então considerada neutra e objetiva. Segundo os autores, nesse período tornaram-se mais claras as relações entre a ciência, a tecnologia e os fatores socioeconômicos. “Desse modo, o ensino de ciências deveria criar condições para que os estudantes desenvolvessem uma postura crítica em relação aos conhecimentos científicos e tecnológicos, relacionando-os aos comportamentos do homem diante da natureza” (NASCIMENTO; FERNANDES; MENDONÇA, 2010, p. 232).

É possível perceber, já nas décadas passadas, uma espécie de embrião da utilização da investigação no ensino de ciências, mas com objetivos distintos ou procedimentos distintos (lá o foco estava no “método experimental”, em manipulação e observação). Na época já se buscava uma postura mais ativa do aluno e um ensino menos voltado à pura transmissão de informações. Hoje a educação em ciências possui outras perspectivas.

Sobre a perspectiva da investigação no ensino de Ciências, Trópia (2011) afirma:

Nessa nova leitura do ensino de Ciências por investigação o modelo que mais Ciência levaria necessariamente ao desenvolvimento da sociedade começa a ser questionado. As discussões sobre a natureza da Ciência contemplam a atividade científica como uma atividade humana, histórica e social, vinculada a interesses políticos e econômicos. Deste modo, a prática de ensinar Ciências por investigação passa a contemplar com os alunos: uma visão crítica da Ciência, as condições de produção e as implicações sociais da atividade científica, a fim de formar cidadãos que não assumam uma postura passiva frente às implicações científicas em suas vidas, mas que utilizem essas discussões para a tomada de decisões e para a construção de uma sociedade democrática (TRÓPIA, 2011, p. 133).

Essa nova visão de um ensino de Ciências voltado para a formação de cidadãos conscientes e atuantes na sociedade é uma das perspectivas do ensino por investigação proposto por Carvalho (2011a). Segundo a autora,

Ao ensinarmos Ciências por investigação estamos proporcionando aos alunos oportunidades para olharem os problemas do mundo elaborando estratégias e planos de ação. Desta forma o ensino de Ciências se propõe a preparar o aluno desenvolvendo, na sala de aula, habilidades que lhes permitam atuar consciente e racionalmente fora do contexto escolar (CARVALHO, 2011a, p. 253).

O ensino de Ciências nessa vertente passa a requerer uma nova postura da escola. Carvalho (2013) salienta que as transformações pelas quais passou a sociedade do século XX, também atingiram a escola, enquanto transmissora do conhecimento. Dois fatores são apontados pela autora como influenciadores nesse processo: o primeiro, foi o aumento considerável do conhecimento científico nesse período; o segundo, os trabalhos de pesquisadores (epistemólogos e psicólogos) sobre como os conhecimentos são produzidos, individual e socialmente.

As influências mais significativas de pesquisadores da área de ensino de Ciências, no período da década de 1980 e 1990, mencionadas por Carvalho (2013), referem-se às ideias de Jean Piaget e de Lev Vigotsky, que apesar de abordarem pontos de vistas diferentes, mostraram como se processa a produção do conhecimento pelas crianças e jovens. A autora esclarece quais são essas influências: de Piaget, a importância da problematização e dos conhecimentos prévios na construção do conhecimento científico; de Vigotsky, o processo de construção do conhecimento por meio das interações sociais. Tais aspectos são algumas das características do Ensino por Investigação que a autora defende.

Segundo Zômpero e Laburú (2011), há várias denominações e abordagens para o ensino por investigação, mas alguns aspectos ou etapas são comuns a todas elas. Entendemos com isso, que esses aspectos são as características gerais dessa proposta. São eles:

- Deve partir de problemas;
- Emissão de hipóteses diante do problema;
- Plano de ação para o processo investigativo e resolução do problema (manipulação/imaginação);
- Sistematização do conhecimento (informações) para construções de novos conceitos;
- Comunicação do conhecimento (oral ou escrita).

Carvalho (2013) argumenta que, apesar de tais aspectos estarem bem próximos aos adotados pelos cientistas em suas práticas, o que se propõe no ensino por investigação é criar um ambiente investigativo nas aulas de Ciências, a fim de proporcionar aos estudantes a construção do conhecimento, interagindo com a cultura científica.

## 2.2 As Atividades Investigativas enquanto princípio metodológico

Uma vez que estamos nos reportando ao ensino de Ciências, em especial ao ensino de Física para a formação de cidadãos conscientes e críticos, a prática pedagógica nesse processo precisa ir além da transmissão de conhecimento.

Azevedo (2004) enfatiza a importância das atividades investigativas no ensino de Física, uma vez que têm o potencial de desenvolver nos estudantes habilidades como pensar, dialogar, justificar ideias, argumentar e aplicar os conhecimentos em situações diversas. Assim, essas atividades devem apresentar características próprias da investigação.

Para que uma atividade possa ser considerada uma atividade de investigação, a ação do aluno não deve se limitar apenas ao trabalho de manipulação ou observação, ela deve também conter características de um trabalho científico: o aluno deve refletir, discutir, explicar, relatar, o que dará ao seu trabalho características de uma investigação científica (AZEVEDO, 2004, p. 21).

Tais habilidades estão diretamente relacionadas ao que propõe Carvalho (2011a) sobre os aspectos cruciais a serem considerados ao se planejar as atividades estruturantes das SEI. A autora buscou nos ideais construtivistas suporte para pensar atividades de ensino de Ciências que não se limitassem à aprendizagem de conceitos científicos, mas que, simultaneamente, promovessem o desenvolvimento de habilidades para a atuação consciente e racional, para além do ambiente escolar.

Partindo das ideias de Piaget e de outros pesquisadores sobre como o conhecimento científico é produzido na esfera do “saber fazer”, em intrínseca relação com o “compreender”, Carvalho (2011a) salienta ser de fundamental importância considerar alguns pontos na elaboração das atividades que compõem a SEI. São eles:

- Iniciar a construção do conhecimento por meio de um problema;
- Levar o estudante da ação manipulativa para a intelectual;
- Promover a tomada de consciência das ações;
- Proporcionar momentos para as explicações científicas.

Entendemos que esses pontos são cruciais para desenvolver nos estudantes habilidades como observar, manipular, questionar, testar hipóteses, sistematizar ideias, dentre outras. Isso significa que as atividades investigativas, elaboradas considerando tais pontos, precisam estar centradas no aluno.

Outro aspecto considerado por Carvalho (2011a) são as interações sociais. Partindo do pressuposto que o estudante é um ser social e que a aprendizagem acontece por meio das interações, a autora afirma:

A interação social não se define apenas pela comunicação entre o professor e o aluno, mas também pelo ambiente em que a comunicação ocorre, de modo que o aprendiz interage também com os problemas, os assuntos, a informação e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula (CARVALHO, 2011a, p. 4).

Considerando essas premissas, outros pontos foram elencados pela autora e que devem ser considerados ao elaborar atividades investigativas:

- A participação do estudante no processo;
- A interação aluno-aluno;
- O professor como elaborador de questões;
- Um ambiente encorajador;
- Considerar os conhecimentos prévios dos estudantes;
- Propor problemas significativos;
- Abarcar a relação CTS;
- Passagem da linguagem cotidiana para a científica.

A partir dos pontos elencados, Carvalho (2013) propõe o desenvolvimento de uma SEI seguindo as seguintes etapas: a) proposição do problema e distribuição do material pelo professor, b) resolução do problema pelos alunos (em grupos), c) sistematização dos conhecimentos construídos, d) comunicação do conhecimento por meio da escrita e/ou desenhos.

Após estas etapas, que podem ser adaptadas a cada realidade de ensino, é importante a introdução, pelo professor, de atividades de sistematização e contextualização dos conhecimentos aprendidos. Estas podem ser feitas por meio de textos científicos, vídeos, filmes, história da ciência, dentre outros.

Diante de todas as considerações feitas nesta seção, podemos inferir que o processo de ensino-aprendizagem de Ciências por meio de atividades investigativas coloca os estudantes no patamar de protagonistas na construção do seu conhecimento, cabendo ao professor o papel de mediador, diferentemente do papel de transmissor do conhecimento caracterizado na abordagem tradicional.

Nos reportando ao fato de que as atividades investigativas partem da proposição de um problema, algumas considerações sobre essa etapa são importantes.

Entendemos problema como uma determinada situação para a qual se busca uma solução, utilizando-se de caminhos ainda desconhecidos, tal qual definido por Azevedo (2004) e Carvalho (2013). Ao elaborar o problema, as autoras consideram que é preciso partir dos conhecimentos que os estudantes já possuem e deve ter o potencial de despertar o interesse em realizar a investigação proposta, ou seja, precisa fazer sentido para o aluno. Outro aspecto é que o problema pode se configurar em diferentes tipos de atividades de investigação, experimentais ou não experimentais.

No grupo das atividades experimentais estão: as demonstrações investigativas, realizadas pelo professor após o levantamento de hipóteses pelos alunos; o laboratório aberto, desenvolvidos pelos alunos a partir do problema, levantando hipóteses, elaborando plano de trabalho, coletando e analisando dados, elaborando conclusões (sempre orientados pelo professor).

No grupo das atividades não-experimentais estão: as questões abertas, que abrangem apenas conceitos e são propostas relacionando fatos do cotidiano dos estudantes a conceitos estudados e construídos em aulas anteriores, podendo ser respondidas em pequenos grupos, colocadas em provas ou elaboradas em forma de desafio para toda a classe; os problemas abertos, que abordam situações mais gerais do conhecimento científico e levam em consideração condições de contorno, variáveis e a obtenção de resultados matemáticos. Tanto as questões abertas quanto os problemas abertos podem partir de meios como jornal, internet, textos de divulgação científica, músicas, filmes (CARVALHO, 2013).

Sobre as atividades experimentais, a autora enfatiza ser importante sua realização em grupos, buscando a interação entre os estudantes. Outro aspecto é a organização do material didático, pois este deve despertar o interesse dos estudantes, ser de fácil manejo e capaz de propiciar a diversidade nas ações durante a resolução do problema.

Independente do tipo de problema utilizado, Carvalho (2013) considera que

[...] este deve seguir uma sequência de etapas visando dar oportunidade aos alunos de levantar e testar suas hipóteses, passar da ação manipulativa à intelectual estruturando seu pensamento e apresentando argumentações discutidas com seus colegas e com o professor. No planejamento dessas atividades o problema e o material didático que dará suporte para resolvê-lo devem ser organizados simultaneamente, pois um depende intrinsecamente do outro (CARVALHO, 2013, p. 10).

Portanto, corroborando as ideias dos referenciais aqui discutidos, acreditamos que as atividades investigativas são propícias para o ensino de Física no ensino médio por facilitar o

desenvolvimento de conhecimentos conceituais e procedimentais, por ampliar a liberdade de pensar dos estudantes e por contribuir para a construção de sua autonomia intelectual.

É nesse contexto que surge a perspectiva da AC, que tem sido defendida por muitos pesquisadores como um dos objetivos do ensino de Ciências, no sentido de proporcionar aos estudantes

oportunidades para o desenvolvimento de uma racionalidade crítica por meio da qual, além da importância dos conceitos e das teorias científicas, também seja reconhecida e considerada a possibilidade de eles resolverem problemas e argumentarem sobre o posicionamento que construíram (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 10).

Essa “racionalidade crítica”, que poderá dar suporte aos estudantes para compreender a natureza da Ciência enquanto construção humana e relacionar o conhecimento científico discutido na escola com seus problemas cotidianos, se constitui a base dos pressupostos da AC, defendidos por estudiosos dessa área e que comentaremos a seguir.

### **2.3 O que é Alfabetização Científica?**

Diferentes nomenclaturas e conceitos têm sido atribuídas ao termo que define um “ensino de Ciências preocupado com a formação cidadã dos alunos para ação e atuação em sociedade” (SASSERON; CARVALHO, 2011a, p. 59-60). Em revisão bibliográfica sobre o tema, Sasseron e Carvalho (2011a) encontraram diferentes nomenclaturas, tais como: Letramento científico, Alfabetização Científica e Enculturação Científica. Segundo as autoras, aqueles que optam pelo termo Letramento Científico se apoiam nas ideias de duas grandes pesquisadoras da linguística, Angela Kleiman e Magda Soares, que relacionam o letramento à apropriação da leitura e escrita, relacionando-as a práticas sociais específicas. Já os autores que usam o termo Enculturação Científica defendem um ensino de Ciências que possibilite a inserção do estudante em uma cultura científica (da mesma forma que está inserido em outras culturas) “para o domínio e uso dos conhecimentos científicos e seus desdobramentos nas mais diferentes esferas de sua vida” (SASSERON; CARVALHO, 2011a, p. 60). Para as autoras, o enculturado cientificamente é capaz de discutir sobre assuntos relacionados à cultura da Ciência.

Escolhemos, para embasar nossos estudos, a definição de AC proposta por Sasseron e Carvalho (2011a), que optam pela expressão Alfabetização Científica, baseadas na concepção de alfabetização de Paulo Freire, que a concebia como um processo para além do domínio da

leitura e escrita. Ele acreditava que a apropriação dessas práticas eram precedidas por uma tomada de consciência com decorrente capacidade de estabelecer relações com o mundo, transformando-o, ou seja, “o alfabetizado cientificamente deverá ter condições de modificar este mundo e a si mesmo por meio da prática consciente propiciada pela sua interação com saberes e procedimentos científicos” (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 12).

Assim, como AC, Sasseron e Carvalho (2011a) designam:

as ideias que temos em mente e que objetivamos ao planejar um ensino que permita aos alunos interagir com uma nova cultura, com uma nova forma de ver o mundo e seus acontecimentos, podendo modificá-los e a si próprio através da prática consciente propiciada por sua interação cerceada de saberes de noções e conhecimentos científicos, bem como das habilidades associadas ao fazer científico (SASSERON; CARVALHO, 2011a, p. 61).

Para essas autoras, quando o ensino de Ciências tem como foco a AC dos estudantes, as temáticas abordadas devem partir de problematizações, de forma que “sejam capazes de relacionar e conciliar diferentes áreas e esferas da vida de todos nós, ambicionando olhar para as ciências e seus produtos como elementos presentes em nosso dia-a-dia e que, portanto, apresentam estreita relação com nossa vida” (SASSERON; CARVALHO, 2011a, p. 66).

Nessa linha de pensamento, Chassot (2003) considera que não se pode mais conceber propostas para um ensino de Ciências sem incluir nos currículos componentes que estejam orientados pela busca de aspectos sociais e pessoais dos estudantes. Mas afirma que a AC só se fará

quando o ensino da ciência, em qualquer nível, contribuir para a compreensão de conhecimentos, procedimentos e valores que permitam aos estudantes tomar decisões e perceber tanto as muitas utilidades da ciência e suas aplicações na melhora da qualidade de vida, quanto as limitações e consequências negativas de seu desenvolvimento (CHASSOT, 2003, p. 99).

Portanto, acreditamos que a concepção de AC aqui considerada está diretamente relacionada com certa prática educativa, uma vez que o professor será o mediador desse processo na sala de aula. Isso implica uma necessidade de mudança na postura dos educadores, que muitas vezes limitam o ensino de Ciências à exposição de leis, teorias, fórmulas e resolução de exercícios sem promover condições para que os estudantes analisem criticamente a influência dos conhecimentos científicos em situações cotidianas e/ou no meio em que vivem. Não se trata, no entanto, de mudanças sem direcionamentos ou perspectivas.

Com o objetivo de auxiliar nos planejamentos de aulas de Ciências que tenham como foco a AC em processo, Sasseron e Carvalho (2008) classificam em três grupos as

características e/ou habilidades que devem ser consideradas pelos docentes. São os chamados Eixos Estruturadores da Alfabetização Científica, a saber:

1) **Compreensão básica de termos, conceitos e conhecimentos científicos fundamentais:** quando são trabalhados em sala de aula conceitos, leis, teorias, de forma que os estudantes sejam capazes de aplicá-las, corretamente, em situações do cotidiano, das mais simples como compreender uma conta de luz, às mais complexas como compreender a formação da imagem em uma TV;

2) **Compreensão da natureza das Ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática:** considera a ciência um conjunto de conhecimentos passíveis de mudanças, ou seja, que não são verdades absolutas, mas algo “em constantes transformações por meio de processo de aquisição e análise de dados, síntese e decodificação de resultados que originam os saberes” (SASSERON; CARVALHO, 2011a, p. 75). Considerando o contexto da sala de aula, esse eixo traz à tona “o caráter humano e social” característico das investigações científicas;

3) **Entendimento das relações existentes entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio Ambiente:** a expectativa desse eixo é que os estudantes sejam levados a analisar as implicações que envolvem os conhecimentos científicos e tecnológicos e os seus efeitos na sociedade, bem como a refletir criticamente sobre a ciência, participando dos problemas sociais e ambientais oriundos dela.

Em outra obra, Sasseron e Machado (2017), tratando do terceiro Eixo exposto acima, concluem que:

Esse eixo denota a necessidade de compreender as aplicações dos saberes construídos pelas Ciências em relação às ações que podem ser desencadeadas pela utilização deles. O trabalho com esse eixo é garantido quando se tem em mente o desejo de um futuro sustentável para a sociedade e para o planeta, e sua consecução se liga às pontes construídas pelo professor para que os temas científicos sejam analisados de maneira global, fora do microcosmo que a sala de aula constitui (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 17).

Ao discorrer sobre a participação dos estudantes no processo de investigação de problemas, Sasseron e Machado (2017) citam os “Indicadores da Alfabetização Científica” propostos por Sasseron (2008) como possibilidade de averiguação do processo de AC em curso. Esses indicadores estão diretamente relacionados com as ações de estudantes e professores durante atividades investigativas e podem ser encontrados no modo como os alunos reagem, em sala de aula, quando há um problema a ser resolvido. Conforme apontado por Sasseron e Carvalho (2008), tais indicadores “[...] devem ser encontrados durante as aulas de ciências

[podendo] fornecer evidências de que o processo de Alfabetização Científica está se desenvolvendo entre os alunos” (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 337-338).

Os indicadores propostos por Sasseron (2008) foram arranjados em três grupos: 1) os que se relacionam “ao trabalho com os dados empíricos ou com as bases por meio das quais se compreende um assunto ou situação” (SASSERON, 2008, p. 67); 2) os que se relacionam à estruturação do pensamento dos estudantes; 3) os que se relacionam com o entendimento da situação analisada.

No primeiro grupo estão os indicadores: **Seriação de informações, Organização de informações e Classificação de informações**. Na **Seriação de informações**, são estabelecidas as bases para a ação investigativa, não necessariamente prevendo uma ordem a ser estabelecida para as informações, mas podendo ser uma lista ou um rol de dados trabalhados. Na **Organização de informações**, os dados existentes sobre a ação investigada são preparados de forma a buscar um “arranjo” para informações novas ou para as já existentes, podendo ocorrer tanto no início da proposição de um tema quanto nas retomadas de ideias. Na **Classificação de informações** busca-se as características dos dados obtidos, conforme uma hierarquia, de forma a “classificar” as informações e “ordenar” os elementos procurando uma relação entre eles (SASSERON; CARVALHO, 2008).

No segundo grupo estão os indicadores: **Raciocínio lógico**, que compreende o modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas, relacionando-se, pois, diretamente com a forma como o pensamento é exposto; **Raciocínio proporcional**, que mostra o modo como se estrutura o pensamento e a maneira como as variáveis se relacionam entre si. Esse grupo molda as afirmações feitas e as falas dos alunos durante as aulas de Ciências.

No terceiro grupo estão os indicadores: **Levantamento de hipóteses, Teste de hipóteses, Justificativa, Previsão e Explicação**, que Sasseron e Carvalho (2008) definem:

*O levantamento de hipóteses* aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema. Este levantamento de hipóteses pode surgir tanto da forma de uma afirmação como sendo uma pergunta [...]. *O teste de hipóteses* concerne nas etapas em que se coloca à prova as suposições anteriormente levantadas. [...] A *justificativa* aparece quando em uma afirmação qualquer proferida lança mão de uma garantia para o que é proposto; isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura. O indicador da *previsão* é explicitado quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede associado a certos acontecimentos. A *explicação* surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas (SASSERON; CARVALHO, 2008, p. 339, grifo das autoras).

Para as autoras, os indicadores aqui listados são “algumas competências”, que se desenvolvem quando se busca relações entre um problema investigado e as construções mentais

necessárias para compreendê-lo. Daí a importância das atividades investigativas no ensino de Ciências, onde os estudantes são levados da posição passiva da aprendizagem para a de atores principais na construção do conhecimento.

Ressaltamos que a AC é um processo contínuo. Sasseron (2008) o compara com a própria ciência, que está em contante construção, pois, conforme novos conhecimentos surgem, novas tecnologias são construídas e novas aplicações são descobertas. E complementa: “concebemos, pois, a AC como um estado em constantes modificações e construções, dado que, todas as vezes que novos conhecimentos são estabelecidos, novas estruturas são determinadas e as relações com tal conhecimento começam a se desdobrar”(SASSERON, 2008, p. 66-67). Portanto, é um processo que acontece durante toda a vida.

#### **2.4 A argumentação no ensino por investigação e o papel do professor**

Ao falar em ensino por investigação, enquanto metodologia que visa o processo de AC dos estudantes, precisamos considerar as interações discursivas em sala de aula e o papel do professor como mediador nesse processo. Não é possível pensar o ensino por investigação sem atentar para as diversas formas de interações mediadas pela linguagem.

Nessa perspectiva, reforçamos a importância do papel do professor no processo ensino-aprendizagem, pois cabe a este a responsabilidade do planejamento das atividades e o seu desenvolvimento na sala de aula, bem como a orientação durante as interações aluno-objetos, aluno-aluno, aluno-professor, aluno-conhecimento. Sobre isso Sasseron e Machado (2017) argumentam:

O papel do professor deve ser ressaltado pela importância em planejar a atividade, criar situações que exijam dos alunos a participação e os coloquem como protagonistas do próprio ensino. Exige atenção e intervenção ativa no decorrer da aula para que possa provocar, elucidar, perguntar, entre tantas outras ações (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 32).

Isso significa que o professor precisa estar atento para que as interações discursivas promovidas em sala de aula se processem de forma a desenvolver nos estudantes a capacidade de argumentação, termo aqui entendido como “[...] todo e qualquer discurso em que o aluno e professor apresentam suas opiniões em aula, descrevendo ideias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando resultados alcançados [...]” (SASSERON, 2008, p. 53).

Assim a argumentação deve ser estimulada para que os estudantes expressem suas ideias, pois por meio da linguagem se constrói os significados e estes, por sua vez, desencadeiam o processo de aprendizagem.

Sobre esse processo de argumentação em sala de aula, Sasseron e Carvalho (2011b), ao desenvolverem seus trabalhos com SEI, propuseram o chamado ciclo argumentativo, que procurou entender a construção de argumentos pelos estudantes em sala de aula e a relação desses com os indicadores da AC.

Ao constatar a presença e o aparecimento dos indicadores da AC durante a sequência dos turnos analisados, temos clara a existência de um ciclo argumentativo envolvendo a divulgação da construção do entendimento de um conceito ou de um tema pelos alunos. Entendemos este ciclo argumentativo como a forma por meio do qual as argumentações se desencadeiam e a maneira como as relações entre diferentes dados e variáveis são estabelecidas (SASSERON; CARVALHO, 2011b, p. 111).

Ao procurar compreender de que modo os argumentos se constroem nas discussões em sala de aula, bem como os elementos que subjazem a esta construção, Sasseron e Carvalho (2011b) consideraram o padrão de argumentação proposto por Stephen E. Toulmin. Esse padrão conceitua os elementos constitutivos básicos da argumentação e as relações existentes entre eles. Tais elementos são: os dados (D), fatos que apoiam uma alegação defendida e dão suporte ao elemento final do argumento que é a conclusão (C); as garantias (W), informações gerais hipotéticas que permitem compreender o modo como o argumento passou dos D à C; o qualificador modal (Q), um advérbio que dá aval à C proferida; as condições de exceção ou refutação (R), que fazem com que as W percam força; o conhecimento básico (B), que é a base de apoio das W, dando-lhes autoridade.

Ao constatarem a existência de um ciclo argumentativo, Sasseron e Carvalho (2011b) afirmam que ele está relacionado com as etapas de desenvolvimento de uma SEI e seus movimentos com os dados do início da investigação, com a investigação em si para a resolução do problema e com a etapa final de sistematização e apropriação dos conhecimentos. Assim, pontuam que o primeiro passo do ciclo argumentativo é o cuidado com as informações, para que se tenha clara a importância de cada um no processo investigativo. O segundo passo é o trabalho com essas informações, momento em que as argumentações se desenvolvem no sentido de buscar as variáveis que envolvem o problema investigado. É quando surgem as justificativas e previsões. E, por fim, o terceiro passo do ciclo é o momento em que se chega às explicações, fazendo-se conexões entre as informações e as variáveis envolvidas.

Após seus estudos, as autoras chegam a uma importante conclusão: “temos percebido uma relação bastante intensa e profícua entre o aparecimento e uso dos indicadores da AC e o padrão de argumentação de Toulmin [...]” (SASSERON; CARVALHO, 2011b, p. 111). A relação a que se referem as autoras foram observadas no ciclo argumentativo, durante o desenvolvimento de uma SEI. Por exemplo, concluíram que o momento do trabalho com as informações, onde se faz a **organização, seriação e/ou classificação** dessas informações, tem o objetivo de deixar claro o conhecimento básico (B) que dará suporte às argumentações dos estudantes, começando a se desenhar as alegações. Ao surgirem essas alegações (informações – D), aparecem as **hipóteses** para discussão. A partir daí, surgem as **explicações** que se relacionam às conclusões (C) do argumento de Toulmin. Os elementos associados às **explicações** e às conclusões têm como objetivo dar validade às alegações. Nesse sentido, Sasseron e Carvalho (2011b) afirmam:

Os elementos que aparecem associados a uma e outra, à conclusão e à explicação, têm como função principal, dentro do argumento, assegurar maior validade e autenticidade à proposição. Neste sentido, percebemos que o uso do indicador **justificativa** pode ser tomado como o uso de **garantias** dentro do padrão de Toulmin (2006), quando a justificativa corrobora positivamente a ideia apresentada, ou pode ser visto como a apresentação de uma **condição de refutação**, caso ela conteste a alegação inicial (SASSERON; CARVALHO, 2011b, p. 112, grifo das autoras).

As autoras complementam que a validade do argumento, ainda, podem ser os qualificadores modais (Q), papel do indicador de AC **previsão**, que são suposições que se estabelecem em relação à hipótese considerada na discussão.

Após concluírem essas relações entre os indicadores de AC e o padrão de argumentação de Toulmin, as autoras concluem ressaltando sobre a importância de se estudar o processo de construção de argumentos em sala para a prática pedagógica do professor.

A importância destas colocações, em nossa visão, reside em que, estudando o modo como os argumentos se constroem em sala de aula e percebendo o ciclo por meio do qual um argumento torna-se cada vez mais completo e coerente, poderemos encontrar bases a partir das quais seja possível considerar de que maneira uma discussão pode ser desencadeada e encaminhada em sala de aula pelo professor. Não se trata somente de levá-lo a ter consciência da necessidade da argumentação como fator que leve os alunos a uma construção de conhecimentos que lhes tenha mais significado; trata-se, também, de permitir ao professor que reconheça a necessidade de passos subsequentes durante as discussões e, assim, trabalhe para estimular o aparecimento dos mesmos em cada momento da aula (SASSERON; CARVALHO, 2011b, p. 112).

Ao propor um grupo de quatro categorias de perguntas a serem utilizadas pelo professor em aulas investigativas de Física, Machado (2012) objetivou localizar os tipos de perguntas feitas pelo professor capazes de fomentar situações argumentativas, bases de um ensino que vise o processo de AC. As categorias elaboradas por ele foram:

- 1) Pergunta de problematização – se relaciona ao problema investigado na aula, conduzindo os estudantes a buscar soluções. Exemplos: “Por que isso acontece? Como explicar esse fenômeno?”
- 2) Pergunta sobre dados – aborda questões relacionadas aos dados que serão considerados para a solução do problema proposto. Conduz os estudantes a observarem as variáveis envolvidas. Exemplos: “O que acontece quando você faz isso? Quais os efeitos disso?”
- 3) Pergunta exploratória sobre o processo – instiga os estudantes a emitirem opiniões, justificativas, explicações. Pode levá-los a rever as ações e conceitos. Exemplos: “Como chegou a essa conclusão? É sempre assim?”
- 4) Pergunta de sistematização – conduz os estudantes a explicar o fenômeno estudado em outros contextos. É o momento do professor sistematizar o tema abordado na investigação. Exemplos: “Você pode explicar isso de outra maneira? Existe uma razão para duvidar disso?”

Estes tipos de perguntas foram pensados para caracterizar a fala de professores, mas Machado (2012) salienta que podem ser encontrados nas falas dos estudantes, durante o processo de argumentação em sala de aula.

Além das intervenções por parte do professor por meio das perguntas aqui apresentadas, algumas ações também podem ser consideradas quando se quer promover interações discursivas que levem à argumentação pelos estudantes. É o que propõe Ferraz (2015) em sua dissertação de mestrado.

Para Ferraz (op. cit.), em aulas investigativas o professor precisa estar atento à sua prática, observando diferentes aspectos. Isso inclui atenção às informações sobre o objeto investigado, gestão da sala de aula e gerenciamento da turma, com o propósito de instigar as interações discursivas nas aulas. Essas ações tomadas pelo professor tem propósitos diferentes dentro do processo de investigação e Ferraz (2015) os chamou de “Propósitos Epistêmicos para a Promoção da Argumentação”, ou seja, são propósitos e/ou ações que se relacionam diretamente com as etapas do ensino por investigação, na busca pela argumentação dos estudantes.

São cinco os Propósitos Epistêmicos categorizados por Ferraz (2015):

- 1) Retomar – quando o professor retoma informações, dados, conceitos, já conhecidos pelos estudantes e necessários para a investigação em que estão inseridos. Pode ser feita de forma explícita pelo professor ou por meio de questionamentos;
- 2) Problematizar – se refere à proposição de um problema ou problematização de uma situação. Como não existe uma investigação se não tiver um problema para resolver, o professor poderá se valer de formas variadas para a proposição do problema, conforme os diferentes tipos de atividades de investigação descritos na seção 2.2;
- 3) Explorar – se refere à ação de provocar os estudantes a um entendimento sobre o que está sendo investigado. O professor pode explorar pontos de vista dos estudantes e situações relacionadas ao objeto de investigação. O objetivo é levar os estudantes a explicar ideias e conclusões;
- 4) Qualificar – se refere à ação do professor de considerar ou descartar hipóteses e considerações proferidas pelos estudantes, classificando as informações. Ajuda a delimitar o processo de investigação.
- 5) Sintetizar – se refere à organização das ideias expostas pelos estudantes, pois às vezes são proferidas de forma confusa ou por fragmentos de informações. O professor irá, então, sintetizar informações e/ou explicações dadas pelos estudantes. Geralmete vem relacionado com o propósito qualificar.

Um aspecto importante a se considerar sobre os Propósitos Epistêmicos é que não existe uma ordem estabelecida para cada ação. Segundo Ferraz (2015), a ocorrência das ações não é cronológica, podendo estar inseridas em qualquer etapa do processo investigativo, pois dependerão das interações que surgirem e do interesse dos estudantes no processo.

Portanto, ao procurarmos relacionar a prática pedagógica do professor ao processo de argumentação em aulas pautadas no ensino por investigação que visa a AC, interessa-nos compreender como o professor pode proporcionar situações argumentativas mais ricas e capazes de conduzir os estudantes à construção de argumentos coerentes com o conhecimento científico.

### **3 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA**

Este trabalho surgiu da necessidade de se pensar uma proposta que contribua para a melhoria do ensino de Física no ensino médio. Sendo assim, buscou-se planejar e implementar, em sala de aula, uma SEI sobre a evolução dos modelos atômicos, buscando desenvolver a argumentação dos estudantes e visando o processo de AC. Vale ressaltar que a pesquisadora e autora dessa dissertação não é a professora titular de Física da turma, mas foi a responsável em elaborar e implementar a SEI na sala de aula.

Assim, a pesquisa pretende responder à seguinte questão: “Como atitudes do professor durante o desenvolvimento de uma SEI sobre a evolução dos modelos atômicos fomentam a argumentação de estudantes de ensino médio, buscando promover a Alfabetização Científica (AC)?”

Nesse capítulo, apresentamos os fundamentos teóricos-metodológicos que foram utilizados para responder à questão proposta. Para isso, nossas discussões foram embasadas nas ideias de Triviños (2009), Sasseron (2008), Sasseron e Carvalho (2008), Machado (2012), Ferraz (2015) e Carvalho (2013), referências importantes para se realizar a pesquisa na busca por resultados consistentes. Apresentamos, também, o cenário da pesquisa e o processo de coleta e análise dos dados.

#### **3.1 Fundamentos teóricos-metodológicos**

Nosso trabalho configura-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa. Segundo Triviños (2009), esse tipo de pesquisa apresenta cinco características fundamentais:

- 1) O ambiente natural é a fonte direta de dados e o pesquisador é o “instrumento-chave” – refere-se à importância do ambiente natural nas situações que envolvem o sujeito e à importância do pesquisador como observador nesse ambiente;
- 2) Possui caráter descritivo mediante contato direto e interativo com os sujeitos da pesquisa – diz respeito a uma visão subjetiva da interpretação dos resultados, mantendo a coerência, a logicidade e a consistência. Estes resultados são expressos em forma de descrições, narrativas, ilustrações explicadas, dentre outras;
- 3) A preocupação do pesquisador é com o processo e não simplesmente com os resultados e o produto – significa dizer que o fenômeno é observado não só nas aparências. O pesquisador

perscruta também aspectos que não são visíveis, para descobrir possíveis relações e fatores responsáveis pelos acontecimentos;

4) A tendência é o pesquisador analisar os dados da pesquisa indutivamente – refere-se às interpretações, conceitos, significados, conclusões do pesquisador que surgem da observação de um fenômeno em um determinado contexto;

5) A preocupação primordial na abordagem qualitativa é com o significado – constituído pelos pressupostos que os sujeitos dão aos fenômenos, é importante compreender o que eles pensam sobre os fenômenos, pois partem de suas experiências de vida, de seus projetos. Essa sondagem é feita por meio de entrevistas e/ou observações.

Na pesquisa qualitativa, “existe uma escolha de um assunto problema, uma coleta e análise das informações. [...] as informações que se recolhem, geralmente, são interpretadas e isso pode originar a exigência de novas buscas de dados” (TRIVIÑOS, 2009, p. 131). O foco de interesse na pesquisa qualitativa é revelar parte da realidade observada por meio da investigação do problema, e não buscar dados meramente quantitativos, sendo frequentemente utilizada nas ciências sociais para compreensão de fenômenos sociais por meio de descrições e interpretações com base em teorias.

Conforme discussão feita por Carvalho (2011b) sobre as características das pesquisas qualitativas, as pesquisas em sala de aula obedecem a um delineamento qualitativo quando tratam da interpretação de falas, gestos, ações de professores e estudantes, durante o desenvolvimento de aulas. A autora afirma que essas pesquisas são direcionadas para procurar compreender aulas planejadas dentro de referenciais teóricos específicos.

Partindo dessas concepções, nossos dados foram analisados para compreender comportamentos da professora e dos estudantes no contexto da sala de aula, na busca pela argumentação e por evidências do processo de AC. A análise dos dados refere-se a um caso específico, não tendo o objetivo de construir generalizações, mas procura compreender atitudes e comportamentos relacionados à argumentação dos estudantes em sala de aula, nosso ambiente natural de coleta dos dados. Os instrumentos para coleta dos dados foram câmeras de vídeo e gravadores de voz, pois as falas e imagens foram os elementos utilizadas na análise.

Quanto ao aspecto do contato direto do pesquisador com o objeto, nossa preocupação maior, durante a implementação da sequência, não se restringiu aos resultados finais, mas em “como” a resposta da questão de pesquisa se manifestou nas atividades propostas. Sobre essa preocupação com o produto e o processo, Carvalho (2011b) afirma que ambos são importantes, pois para entender a aprendizagem dos estudantes é necessário entender o processo de ensino.

Fizemos ainda uma pesquisa bibliográfica, pois “o pesquisador será eficiente e altamente positivo para os propósitos da investigação, se tiver amplo domínio não só do estudo que está realizando, como também do embasamento teórico geral que lhe serve de apoio” (TRIVIÑOS, 2009, p. 132). O objetivo principal dessa pesquisa bibliográfica foi verificar a posição de teóricos sobre as temáticas abordadas na pesquisa e refletir sobre as possibilidades de contribuições deste trabalho para avanços nas discussões.

### **3.2 O cenário da pesquisa: a escola e os sujeitos**

O presente estudo foi desenvolvido entre os meses de setembro e novembro de 2016 em uma turma da terceira série do ensino médio de uma escola da rede estadual de ensino da cidade de Amorinópolis, estado de Goiás. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a população estimada do município é da ordem de 3.408 habitantes (IBGE, 2017).

Conforme levantamento feito na escola no Sistema de Gestão Escolar (SIGE), um programa informatizado com sistema próprio e presente em todas as unidades escolares da rede estadual de Goiás, a escola foi fundada no ano de 1968 e possui, atualmente, uma diretora, dois coordenadores pedagógicos, dois coordenadores de turno, uma coordenadora de Atendimento Educacional Especializado (AEE), um bibliotecário, dezenove professores, um instrutor de banda, uma secretária, dois técnicos administrativos, uma higienizadora, um gerente de merenda, três merendeiras, quatro auxiliares de serviços gerais e um vigia. Quanto à estrutura física, a escola é ampla e foi reformada em 2006. Possui nove salas de aula, sala única para diretoria e secretaria, sala de professores, laboratório de informática em funcionamento parcial e com internet (dezesseis computadores e uma impressora), laboratório de Ciências pequeno e pouco equipado, sala de recursos multifuncionais para o AEE, biblioteca pequena (comporta o máximo 12 pessoas ao mesmo tempo), banheiros (adequados a alunos com deficiência), sala de vídeo, cozinha, despensa, almoxarifado e dois pátios descobertos, um deles possuindo uma tenda de 10m x10m. Quanto ao número de alunos, atende em média duzentos estudantes da segunda fase do ensino fundamental (6º ao 9º) e cento e vinte do ensino médio, sendo a única na cidade a oferecer essas modalidades. São nove turmas de ensino fundamental e nove de ensino médio, distribuídas nos três turnos. No ensino médio há uma turma de cada série em cada turno, ou seja, 1ª A, 2ª A e 3ª A no matutino; 1ª B, 2ª B e 3ª B no vespertino; 1ª C, 2ª C e 3ª C no noturno.

Conforme já mencionado na introdução dessa dissertação, uma problemática quanto à leitura e escrita foi levantada nas turmas de ensino médio e metodologias diferenciadas foram sugeridas por professores, coordenadores e grupo gestor. Após análise das sugestões, ficou decidido como uma das ações prioritárias que os professores de todas as disciplinas desenvolvessem trabalhos, na tentativa de minimizar o problema. Tal proposta, iniciada em 2015, continuou no plano de ação da escola em 2016.

Os sujeitos da pesquisa foram os estudantes da terceira série do ensino médio do turno matutino (3ª A). A escolha pela terceira série está relacionada ao fato de os conteúdos referentes aos tópicos de Física Moderna fazerem parte do currículo desta etapa, especificamente no quarto bimestre, conforme Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás (GOIÁS, 2012).

Os estudantes estavam na faixa etária entre dezesseis e vinte anos de idade, sendo dez meninas e sete meninos. O Quadro 1, a seguir, apresenta o número de estudantes por sexo e idade.

**Quadro 1 - Número de estudantes por sexo e por idade**

SEXO	IDADE(EM ANOS)	Nº DE ESTUDANTES	TOTAL
Feminino	17	4	10
	18	4	
	20	2	
Masculino	16	1	7
	17	4	
	18	2	
TOTAL GERAL	17 estudantes		

Fonte: elaborado pela autora

É possível perceber que as meninas são em maior número e predomina a faixa etária entre dezessete e dezoito anos de idade.

### 3.3 O papel da pesquisadora e a coleta dos dados

Segundo Triviños (2009), a pesquisa qualitativa encontra na “observação participante” uma importante técnica na busca de informações relevantes para um trabalho que se realiza em sala de aula de uma escola, por exemplo, sendo importante “entrar em contato com as organizações e, talvez, com eles resolver o que mutuamente se considere importante para trabalhar” (TRIVINÓS, 2009, p. 135).

Nesse contexto, a pesquisadora buscou diálogo com a direção da escola e com o professor de Física da turma para estruturar o trabalho de forma a atender a todos os

interessados. Ou seja, procuramos conhecer a realidade da turma, os conteúdos do currículo de Física já trabalhados pelo professor, as metas da escola para a turma, e ao mesmo tempo, esclarecemos os objetivos da nossa proposta. Após os debates, a diretora, como autoridade maior na escola, assinou um termo de consentimento de livre esclarecimento (APÊNDICE A) nos autorizando a implementar a proposta na escola. E o professor de Física se ofereceu a nos dar o apoio necessário, durante a implementação da proposta.

A SEI foi elaborada utilizando-se diferentes tipos de atividades investigativas, como atividades de experimentação manipulativas, atividades demonstrativas, atividades de simulação computacional e também atividades de leitura de textos científicos e discussão. Foi implementada em sala de aula entre os dias 29/09/2016 e 22/11/2016, distribuída em duas etapas: 1) levantamento dos conhecimentos prévios por meio de um questionário, que após ser analisado, serviu como suporte para o planejamento da sequência; 2) planejamento e implementação das atividades em sala de aula.

Por se tratar de uma pesquisa qualitativa, pode haver a necessidade de mudanças de expectativas durante o seu desenvolvimento, pois o foco de interesse aqui é revelar parte da realidade do objeto de estudo por meio da investigação do problema.

A coleta de dados foi feita valendo-se de dois instrumentos: gravação das aulas em áudio e vídeo, a fim de obter informações oriundas das argumentações durante as interações, bem como dos momentos de sistematização; atividades escritas, a fim de coletar informações durante o desenvolvimento da proposta.

Quanto ao primeiro instrumento, gravação das aulas, esclarecemos que os pais de todos os estudantes foram notificados sobre a pesquisa, os objetivos, a metodologia, dentre outros aspectos. Após os esclarecimentos, os pais dos estudantes menores assinaram um termo de consentimento de livre esclarecimento (APÊNDICE B). No caso dos estudantes com 18 anos ou mais, eles mesmos assinaram o termo.

Quanto às atividades escritas, basearam-se em questões abertas por meio das quais os estudantes deveriam reelaborar as ideias discutidas, formular, esquematizar e sistematizar suas conclusões, conforme pode ser observado nos Apêndices C, E, G, H, J, L, O, P, R, S, T e U, que serão melhor descritos no capítulo 4 dessa dissertação. Foram elaboradas diferentes atividades, para que o processo de argumentação e da aprendizagem dos estudantes pudesse ser acompanhado. As atividades escritas também tinham o propósito de estimular nos estudantes a expressão de ideias por meio da escrita.

### 3.4 Os mecanismos de análise dos dados

A análise dos dados coletados nas gravações das aulas foi feita por meio da transcrição das falas. Estas transcrições foram divididas em episódios, de acordo com os momentos da aula. Cada episódio formado por turnos de falas, simbolizados pela letra “T”. Cada turno representa a fala de um sujeito, ou seja, quando um sujeito interrompe a fala, dando espaço para outro falar, encerrou aquele turno e iniciou outro (CARVALHO, 2011b; FERRAZ, 2015).

O objetivo de nossa análise foi identificar nas transcrições das falas da professora e dos estudantes – 1) os propósitos epistêmicos, os quais são: Retomar, Problematizar, Explorar, Qualificar, Sintetizar, propostos por Ferraz (2015); 2) os tipos de perguntas feitas pela professora: pergunta de problematização, pergunta sobre dados, pergunta exploratória sobre o processo, pergunta de sistematização, propostas por Machado (2012); 3) os indicadores da Alfabetização Científica: seriação de informação, organização de informação, classificação de informação, levantamento de hipótese, teste de hipótese, justificativa, previsão, explicação, raciocínio lógico, raciocínio proporcional, propostos por Sasseron (2008). Nas discussões dos resultados, todas as vezes que estas categorias apareceram foram grafadas no formato sublinhado, como no exemplo: Retomar, a fim de facilitar a identificação das mesmas no momento da leitura e otimizar nossas discussões sobre a suas ocorrências e as possíveis relações entre elas.

Conforme procedimento realizado por Ferraz (2015) em suas análises, nossos dados também foram transcritos em quadros com cinco colunas: turno, transcrição das falas, propósitos epistêmicos, tipos de pergunta e indicadores de AC. Esse procedimento objetivou facilitar a compreensão das observações feitas no curso das discussões dos resultados.

Nas transcrições, gestos, expressões e/ou comentários pertinentes para a complementação das falas foram escritos entre parênteses, como no exemplo: (Sorrindo). Falas que porventura foram utilizadas ao longo dos comentários podem vir com partes suprimidas. Nesse caso, a parte suprimida aparecerá entre colchetes, “[...]”.

Quanto aos autores das falas, todas as vezes que nos referirmos à fala de algum estudante, adotamos a inicial “A” (de Aluno), seguida de um numeral cardinal, escolhido aleatoriamente para cada estudante. Falas da professora foram transcritas identificando-a com a letra “P”.

### **3.5 Aulas selecionadas para a análise**

A sequência de ensino foi elaborada utilizando-se algumas atividades investigativas que propiciassem aos estudantes um ambiente de interações, nos diversos momentos de seu desenvolvimento.

Apesar das vinte aulas terem sido gravadas, selecionamos para a análise as aulas 4 e 5, que compõem o segundo encontro da sequência. A escolha deve-se a alguns fatores: foi desenvolvida uma atividade investigativa nessas aulas, aconteceu maior interação entre alunos-alunos e alunos-professora, boa qualidade nas gravações de vídeo e áudio, facilitando as transcrições das falas.

## **4 A SEQUÊNCIA DE ENSINO PROPOSTA: CONSIDERAÇÕES SOBRE O PLANEJAMENTO**

Conforme mencionamos ao longo deste trabalho, sobre o ensino de Ciências, mais especificamente sobre o ensino de Física no atual contexto do século XXI, é preciso haver uma mudança metodológica na prática pedagógica, no sentido de propiciar a integração da ciência da escola com a ciência dos aparatos tecnológicos, da evolução da medicina, dos desastres naturais que assolam a humanidade, dentre outros. Ou seja, proporcionar um ensino de Ciências que faça sentido para os estudantes e que contribua para a formação de cidadãos conscientes.

Neste capítulo discorreremos sobre os aspectos da SEI proposta nesse trabalho. Desse modo, apresentaremos as etapas desenvolvidas, as atividades propostas, os encontros e os materiais utilizados durante o desenvolvimento das aulas.

### **4.1 As etapas do planejamento**

Propomos uma SEI conduzindo seu planejamento em concomitância com o que propõe Carvalho (2013). Essa autora discorre sobre alguns elementos indispensáveis na elaboração de sequências para o ensino com base na investigação e foca na centralidade da ação do estudante e na construção de sua autonomia intelectual.

A proposta da sequência em questão é promover o ensino de tópicos de Física Moderna, utilizando atividades investigativas, leitura de textos, história da ciência e simulação computacional. Nesse contexto, podemos delinear seu planejamento em duas etapas: a primeira, que inclui a seleção dos conteúdos e a sondagem dos conhecimentos prévios; a segunda, a redefinição dos conteúdos e a estruturação das aulas, que inclui todos os aspectos inerentes a elas, como: seleção de textos, vídeos, elaboração de *slides*, materiais didáticos, atividades experimentais, atividades escritas, dentre outros.

### **4.2 Os conteúdos e a sondagem dos conhecimentos prévios**

Nossa escolha pelos conteúdos se deu mediante consulta ao currículo proposto pela rede estadual para o quarto bimestre, por se tratar dos tópicos de Física Moderna e estes estarem previstos para o final do período letivo. Procuramos também o professor da disciplina para nos situarmos quanto aos conteúdos que já haviam sido trabalhados e darmos início ao planejamento da sequência. Após a conversa com o professor, a primeira ideia foi que

trabalharíamos os seguintes conteúdos: efeito fotoelétrico, dualidade onda partícula e átomo de Bohr.

Mediante essas escolhas, elaboramos um questionário inicial para sondar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o átomo, uma vez que é necessário ter uma ideia do átomo para compreender o efeito fotoelétrico e a dualidade onda-partícula (que envolvem a ideia do elétron). O questionário, composto por três perguntas abertas, abordou especificamente o conceito e uma possível representação do átomo em forma de desenhos (Apêndice C). O objetivo foi saber como os estudantes compreendiam a ideia do átomo e suas dimensões. Foram feitas as seguintes perguntas: 1) “Para você, o que é o átomo?”, 2) “Represente um átomo de um elemento químico qualquer. Utilize desenhos, legendas e palavras para caracterizá-lo com o maior número de detalhes.”, 3) “De acordo com suas concepções, qual é o tamanho de um átomo?”.

Para analisar as respostas dos estudantes e verificar seus conhecimentos sobre átomos, elaboramos uma tabela contendo quatro colunas: a primeira, para identificar o autor da resposta; as demais, para apresentar a resposta de cada uma das três perguntas do questionário. No Apêndice D, pode ser observada a tabela e as respostas dos estudantes às questões propostas. Os resultados nos levaram a redefinir os conteúdos da sequência.

A maioria da turma apresentou dificuldades em conceituar átomo e ainda o definiu com base em outros conceitos estudados na escola, como: moléculas, ligações químicas, eletricidade. As respostas de alguns estudantes, transcritas a seguir, demonstram tal confusão:

Um átomo é aquilo que compartilha, como o carbono que é tetravalente compartilhando 4 átomos (hidrogênio) ... (A1)

Átomo são moléculas covalentes que fazem ligações. (A2)

O átomo é uma molécula dividida em partes. Ele está relacionado com a química e a física. Creio que faz parte do eletromagnetismo. (A4)

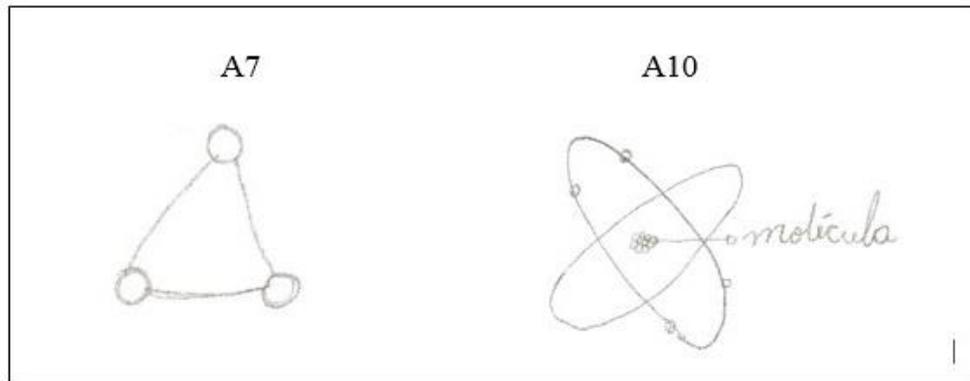
Algo relacionado a eletricidade... (A7)

Átomo são as ligações entre um carbono, hidrogênio com outros, sendo ligações simples, duplas ou triplas. (A17)

Resultados parecidos foram encontrados por França, Marcondes e Carmo (2009) e Silva (2013) em suas pesquisas com alunos do ensino médio, onde estes associaram o átomo à célula. Esses autores justificaram as incoerências demonstradas pelos estudantes a uma não valorização da evolução histórica dos modelos atômicos no ensino, junto com seu processo de

construção. Algumas representações do átomo nas respostas do questionário inicial também nos chamaram a atenção, como as apresentadas na Figura 1.

**Figura 1 - Representações do átomo por estudantes da turma**



Fonte: arquivo pessoal da autora

A ilustração do estudante A7 não remete a nenhum dos modelos estudados na escola e a do estudante A10, mesmo que o desenho faça alusão às partes constituintes do átomo (núcleo, eletrosfera, elétrons), chamou de “molécula” ao elemento que seria a representação do núcleo.

Assim, optamos por trabalhar os tópicos de Física Moderna previstos no currículo, inserindo-os no contexto da história da evolução dos modelos atômicos. Os conteúdos abordados na SEI foram: modelagem científica, primeiros modelos atômicos, a descoberta do elétron, o modelo de Ernest Rutherford, estudo da espectroscopia, efeito fotoelétrico e modelo de Niels Bohr.

### 4.3 A SEI: A Evolução dos Modelos Atômicos

A SEI proposta tem como foco a utilização de atividades investigativas, estruturadas nos moldes do trabalho de Carvalho (2013), com vistas à AC dos estudantes. Assim nossos objetivos gerais são:

- estimular os estudantes a resolver problemas, a argumentar, a trabalhar em grupo e a expressar opiniões de forma clara, utilizando a linguagem verbal e escrita;
- fomentar o desenvolvimento de habilidades que indiquem estar em processo a AC dos estudantes, tais como: levantar hipóteses, testar hipóteses, organizar dados, explicar e justificar fenômenos, prever situações e utilizar o raciocínio lógico na resolução de problemas;

- proporcionar um ambiente de interações sociais, oportunizando momentos de discussões;
- instigar os estudantes a refletir sobre a evolução histórica dos modelos atômicos e a desenvolver uma visão atualizada do mundo que os cerca.

Os objetivos específicos serão abordados na próxima seção, juntamente com o detalhamento das atividades planejadas, os materiais utilizados em cada encontro, as atividades escritas utilizadas, os textos e vídeos escolhidos para a sistematização dos conceitos.

A sequência foi planejada para ser desenvolvida em oito encontros, perfazendo um total de vinte horas/aulas de cinquenta minutos. As aulas semanais de Física na escola são apenas três, mas outros professores disponibilizaram algumas de suas aulas, caso houvesse necessidade de um tempo maior em algum dos encontros. Havia ainda a possibilidade de encontros no contraturno, em comum acordo com a turma e com a direção da escola. Todos esses fatores foram considerados por se tratar do quarto bimestre, período de encerramento do ano letivo e de várias atividades extras promovidas na escola.

No Quadro 2, apresentamos uma visão geral dos encontros, com a quantidade de aulas ministradas em cada um deles e o assuntos propostos.

**Quadro 2 - Os encontros e os assuntos propostos**

ENCONTROS	AULAS	ASSUNTO/CONTEÚDO
1° Encontro	1	- Apresentação da proposta
	2	- Atividade investigativa 1: A Caixa Mágica
	3	- Modelagem científica: o papel dos modelos e das representações no meio científico - Modelos da estrutura atômica: de Demócrito a Dalton A descoberta do elétron
2° Encontro	4	- Atividade investigativa 2: Imaginando o invisível
	5	
3° Encontro	6	- O modelo atômico de Ernest Rutherford
	7	
4° Encontro	8	- Desenvolvimento da espectroscopia - O problema das linhas espectrais de Joseph V. Fraunhofer e os modelos atômicos
	9	- Construção de um espectroscópio caseiro
5° Encontro	10	- Espectros de algumas fontes luminosas - Tipos de espectros: contínuo e discreto - Estudos da espectroscopia na formulação dos modelos atômicos
	11	
	12	
6° Encontro	13	- Efeito fotoelétrico
	14	- Atividade investigativa 3: simulação computacional do efeito fotoelétrico
	15	

7º Encontro	16	- Revisão dos modelos atômicos estudados - Atividade experimental do Teste de Chamas - O modelo atômico de Niels Bohr
	17	
	18	
8º Encontro	19	- Aplicação do Questionário final e roda de conversa sobre os encontros
	20	

Fonte: elaborado pela autora

A seguir, são apresentadas as atividades planejadas para cada encontro.

#### **4.3.1 Primeiro encontro: aulas 1, 2 e 3**

Os objetivos específicos do primeiro encontro são:

- proporcionar momentos para levantamento de hipóteses, argumentação, resolução de problemas e manipulação de materiais;
- compreender a importância dos modelos no meio científico;
- analisar a evolução histórica e compreender as características dos modelos da estrutura atômica, de Demócrito a Dalton;
- compreender a influência da descoberta do elétron para a evolução dos modelos atômicos.

Os conteúdos a serem abordados são:

- apresentação da proposta;
- atividade investigativa 1: A Caixa Mágica;
- modelagem científica: o papel dos modelos e das representações no meio científico;
- modelos da estrutura atômica: de Demócrito a Dalton;
- a descoberta do elétron.

A atividade investigativa 1 é uma adaptação da “Caixa-preta” proposta por Brockington (2005). O autor propôs a atividade com o objetivo de apresentar aos alunos o papel dos modelos nas ciências e principalmente na construção da Física. Na proposta de Brockington, os alunos manuseavam a caixa e constatavam que o movimento dos palitos que estavam acoplados a ela, um de cada lado, era simultâneo. Quando movimentava um, o outro “respondia” ao movimento. No final, eles desenharam e descreveram como imaginavam o sistema no interior da caixa que permitia o movimento dos palitos.

➤ Aula 1: Apresentação da proposta e início da atividade investigativa 1

O encontro inicia-se com uma breve apresentação da proposta que será desenvolvida na turma nos oito encontros, ressaltando a importância da assiduidade, da participação e do comprometimento dos estudantes para o êxito dos trabalhos e para a aprendizagem.

Em seguida, têm início a atividade investigativa 1, que consiste na apresentação de uma pequena caixa de papelão com dois palitos, um em cada lado da caixa, ligados entre si por um sistema de transmissão de forças existente dentro da caixa, que não pode ser visto. De forma que, quando se movimenta um dos palitos, o outro também se movimenta do lado oposto. A ilustração da caixa, construída para esta sequência, pode ser vista na Figura 2, a seguir.

**Figura 2 - Caixa utilizada na atividade investigativa 1**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Após apresentar a caixa, a professora propõe o seguinte problema: “O que está acontecendo dentro da caixa que permite o movimento simultâneo dos palitos?” E instiga os estudantes a elaborar suas hipóteses sobre o funcionamento da caixa, fazendo perguntas do tipo: “Por que quando movimentamos um dos palitos, o outro também se movimenta? Teria algo ligando eles? Como vocês podem descrever o interior da caixa?” Este é o momento em que os estudantes devem argumentar e explicitar as hipóteses levantadas.

O próximo passo é permitir que os estudantes, em grupo, manuseiem a caixa e respondam ao problema proposto. Esta é a etapa da manipulação dos materiais para a resolução do problema. Enquanto um grupo manuseia a caixa, outros vão fazendo conjecturas sobre o seu funcionamento.

Depois de todos manusearem a caixa e trocar ideias, cada estudante deverá responder a atividade 1 (APÊNDICE E). Nesta atividade é proposto que desenhem e expliquem como imaginam ser o interior da caixa. O objetivo é permitir aos estudantes sistematizar as ideias por meio da escrita.

➤ Aula 2: Roda de conversa e leitura de texto científico

Quando todos terminarem, em roda de conversa, a professora pede que expliquem como funciona a caixa. Este é o momento em que os estudantes devem justificar suas escolhas, opiniões e respostas. Na verdade, apesar de ser colocado um problema para resolução, é importante deixar claro para os alunos que pode haver várias respostas, dependendo do ponto de vista de cada um durante a manipulação do material. No final, o segredo na caixa não é revelado aos estudantes, mesmo que estes insistam em saber, pois o objetivo da atividade é que compreendam que a maioria dos modelos científicos não podem ser verificados, porque são representações.

Após as discussões, a professora recolhe as atividades e entrega aos estudantes o texto “A Modelagem Científica” (ANEXO A). O texto é um recorte de um artigo científico intitulado “A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física”, escrito por Rafael Vasques Brandão, Ives Solano Araújo e Eliane Angela Veit e publicado na revista Física na Escola em 2008. Em seguida, faz-se leitura compartilhada e a discussão das ideias principais do texto.

➤ Aula 3: Modelos da estrutura atômica de Demócrito a Dalton

A professora apresenta o vídeo “Do micro ao macrocosmo”<sup>3</sup> (10 min.), que mostra uma viagem que se inicia a 1m de uma folha de árvore, indo até o macrocosmo, onde pode ser vista toda a Via Láctea e outras galáxias e, em seguida, retornando ao microcosmo, região das coisas infinitamente pequenas. O objetivo é chamar a atenção dos estudantes para o mundo micro, das coisas invisíveis a olho nu, pois é onde se encontram os átomos. Ouvir as opiniões sobre o vídeo e falar sobre o conceito de átomo (retomar os conhecimentos prévios).

Em seguida, utilizando-se de *slides* (APÊNDICE F – *slides* nº 1 ao nº 12), a professora faz uma abordagem histórica, de forma dialogada, sobre a evolução do conceito de átomo, apresentando os principais filósofos e cientistas do século IV a.C. ao século XX d.C. que tentaram explicar a composição da matéria, apontando as principais características dos modelos da estrutura atômica propostos nesse período.

Em seguida, a professora complementa a sistematização apresentando o vídeo “A descoberta do elétron”<sup>4</sup> (4 min.). Elaborado pelo Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista (UNESP), o vídeo inicia-se com um relato histórico e algumas imagens de pesquisas

---

<sup>3</sup> Vídeo disponível no link: <[https://www.youtube.com/watch?v=Pq\\_bb-4WPyM&t=77s](https://www.youtube.com/watch?v=Pq_bb-4WPyM&t=77s)>.

<sup>4</sup> Vídeo disponível no link: <<https://www.youtube.com/watch?v=4g0tX6WcUvo>>.

realizadas no século XIX, quando cientistas pesquisavam o fenômeno de condução de eletricidade nos gases, utilizando tubos de vidro denominados ampolas de Crookes. Mostra experiência semelhante à realizada por William Crookes, que culminou com a descoberta dos raios catódicos. Relata as experiências realizadas por J. J. Thomson que o levaram a concluir que os raios catódicos se propagavam em linha reta, possuíam massa e carga negativa. Mostra que Thomson repetiu suas experiências usando diferentes metais como material de eletrodo, descobrindo que seus resultados com os raios catódicos permaneciam constantes, independente do material de origem. Concluiu, assim, que se tratavam de partículas subatômicas presentes em todos os átomos. No final do vídeo é apresentado o modelo do átomo elaborado por Thomson.

Após a exibição do vídeo, de forma dialogada, a professora faz a abordagem do modelo atômico proposto por J. J. Thomson, conhecido como “Pudim de passas”, utilizando *slides* (APÊNDICE F – *slides* nº 13 ao nº 16) como suporte didático.

Feita a abordagem do modelo de Thomson, a professora entrega aos alunos o texto “Modelos atômicos” (ANEXO B), que contém as principais ideias discutidas na aula para que os estudantes leiam em casa, para discussão no próximo encontro. O objetivo dessa proposta é incentivar a prática da leitura e apresentar os primeiros modelos atômicos formulados.

Após esse momento, em folha à parte para ser recolhida, a professora pede que os estudantes respondam a atividade 2, composta por duas questões: “1) Em que aspectos os resultados das experiências com os raios catódicos não foram explicados por Dalton, influenciando assim Thomson a formular um novo modelo para a estrutura atômica da matéria?; 2) Por que Thomson concluiu que os elétrons poderiam ser encontrados em átomos de todos os elementos?” (APÊNDICE G). Além do texto para a consulta, o vídeo e as discussões durante as aulas dão suporte aos estudantes para a resolução das questões. Espera-se que eles argumentem sobre os motivos que levaram Thomson a formular o seu modelo e por que concluiu ser o elétron uma partícula presente em todos os átomos.

#### **4.3.2 Segundo encontro: aulas 4 e 5**

Os objetivos específicos para esse encontro são:

- resolver um problema, utilizando um aparato experimental, estimulando os estudantes a pensar, dialogar, sistematizar e justificar ideias;
- ter certa noção de como é feito o trabalho dos cientistas ao realizarem pesquisas relacionadas ao mundo microscópico;

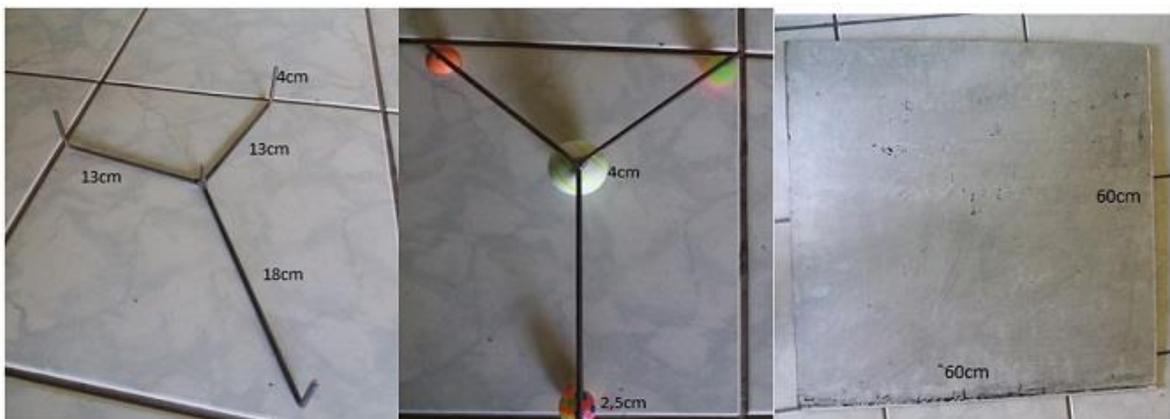
- ser capaz de argumentar sobre os resultados da experimentação.

O conteúdo para este encontro é o desenvolvimento da atividade investigativa 2 intitulada “Imaginando o invisível”. Para esta atividade, a nossa proposta é que a apresentação do problema e a manipulação dos materiais sejam feitas em salas diferentes, pois parte do material a ser utilizado não pode ser visto pelos estudantes, ou seja, quando eles chegarem na sala para manipulação dos materiais, tudo já estará preparado para o início da atividade.

A atividade foi adaptada de uma proposta desenvolvida por Gurgel e Pietrocola (2011) que propuseram uma atividade análoga à experiência de Rutherford, quando bombardeou finas folhas de ouro com partículas alfa. Os autores utilizaram bolas de gude e alvos de isopor em formato de figuras geométricas, que ficavam escondidos sob uma placa de madeira, no chão. Os estudantes deveriam descobrir o formato do alvo, atirando bolas de gude embaixo da placa de madeira e analisando suas trajetórias.

Para o desenvolvimento da atividade investigativa 2, utilizamos os seguintes materiais: bolas de gude; um aparato construído por nós com hastes de ferro em formato de “Y” e quatro bolas de borracha acopladas nas pontas das hastes para formar um único objeto; uma placa quadrada de madeira compensada, conforme pode ser observado na Figura 3.

**Figura 3 - Materiais para a atividade investigativa 2**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Para acoplar as bolas de borracha nas pontas das hastes é só fazer um furo com prego ou arame. Para a base de madeira, reaproveitamos pedaços de quadro branco, disponíveis na escola. A placa é colocada sobre o objeto, de forma que este fica oculto.

Na construção do aparato experimental, assim como Gurgel e Pietrocola (2011), buscamos fazer uma alusão ao experimento de Rutherford, que seria estudado no próximo encontro. O objetivo da atividade é inserir os estudantes em uma atividade investigativa e proporcionar momentos para que elaborem hipóteses, testem estas hipóteses, organizem dados,

elaborem plano de ação, pensem, organizem ideias, expliquem, justifiquem, façam previsões, ou seja, utilizem habilidades próprias do fazer científico para resolver um problema.

É importante salientar que na sala destinada à manipulação dos materiais, deve-se colocar um conjunto de materiais para cada grupo, mantendo uma certa distância entre eles.

➤ Aula 4: Proposição do problema e manipulação dos materiais

A professora inicia a aula fazendo uma revisão sobre os modelos atômicos abordados no encontro anterior (Dalton e Thomson) e debate as ideias do texto que os estudantes levaram para leitura em casa. Nesse momento é importante instigar os estudantes a argumentar sobre os conceitos aprendidos, fazendo perguntas do tipo: “ Por que os modelos foram elaborados? Qual era o contexto histórico na época? A ciência é imutável? Por que? ” As perguntas da atividade 2 também foram retomadas.

Em seguida, a professora propõe a divisão da turma em grupos e apresenta a proposta para a realização da atividade investigativa 2. Explica aos estudantes que a atividade é um exemplo do que fazem os cientistas ao desenvolverem suas pesquisas. Esclarece, também, que em outra sala há uma placa de madeira no chão para cada grupo. Debaxo dela há um objeto, que não pode ser visto, de forma que nenhum dos componentes dos grupos poderá se abaixar para ver o objeto debaixo da placa. A professora diz que cada grupo receberá um pacote de bolas de gude e que, utilizando esses materiais, eles deverão resolver o seguinte problema: “O que há debaixo da tábua? Elabore um modelo que represente esse objeto, justificando e explicando sua resposta”.

Após apresentar o problema, a professora encaminha os estudantes para a sala onde os materiais estão organizados e entrega as bolas de gude e folhas de papel. Espera-se que os estudantes discutam em grupo e pensem estratégias para descobrir o que há debaixo da tábua. As hipóteses levantadas, as ações, o modelo para o objeto oculto, deverão ser registrados por cada grupo. Durante a realização da atividade, a professora desempenha um papel de mediadora, fazendo questionamentos sobre as ações dos grupos, a fim de direcioná-los para a resolução do problema.

➤ Aula 5: Registro das ideias por escrito e sistematização

Após a manipulação dos materiais, a professora propõe aos grupos que respondam as seguintes questões da Atividade 3: “Sobre o aparato experimental, o que há debaixo da tábua?”

Como chegaram à resposta (ações)? Por que chegaram a tal conclusão? Elabore um modelo que represente esse objeto”. Cada grupo deverá registrar as ações que fizeram, as conclusões a que chegaram e o modelo (desenho) que imaginaram para o objeto em uma folha de respostas (APÊNDICE H). Espera-se que os estudantes argumentem por escrito sobre “como” fizeram e “porque” chegaram às conclusões discutidas no grupo.

Em seguida, a professora pede que cada grupo relate suas conclusões, explicando o “como” chegaram à resposta do problema e o “porquê” chegaram a tal resposta. Espera-se que seja um momento onde os estudantes argumentem sobre suas escolhas e discutam as respostas dos outros grupos. Para isso, o papel da professora é crucial, pois é o momento em que os questionamentos precisam ser feitos de forma direcionada, no sentido de buscar nas falas dos estudantes as informações sobre o que realizaram.

Quando todos os grupos apresentarem suas conclusões, a professora recolhe a Atividade 3 e apresenta aos grupos o objeto oculto. Por meio de novos questionamentos, conduz a sistematização das ideias, fazendo alusão ao trabalho dos cientistas em suas pesquisas.

A etapa de contextualização pela professora é feita no próximo encontro, quando será introduzido o modelo atômico de Rutherford.

#### **4.3.3 Terceiro encontro: aulas 6 e 7**

Os objetivos específicos para esse encontro são:

- mostrar a necessidade de um novo modelo para explicar o átomo, após o experimento realizado por Rutherford;
- compreender a estrutura do modelo de Rutherford e o contexto histórico em que foi concebido;
- diferenciar os modelos de Dalton, Thomson e Rutherford.

O conteúdo a ser abordado no encontro é o modelo atômico de Ernest Rutherford.

##### ➤ Aula 6: Introdução ao modelo de Rutherford

A professora inicia a aula fazendo uma revisão sobre o modelo atômico de Thomson com alguns questionamentos: “Como foi chamado o modelo? O que Thomson descobriu? O que ele utilizou em suas experimentações?” Espera-se que os estudantes participem respondendo aos questionamentos. É importante fazer a revisão, chamando a atenção sobre as diferenças entre os modelos e os fatores que favoreceram as rupturas de um modelo para o

outro, a fim de proporcionar a compreensão da evolução dos modelos atômicos ao longo dos anos. Para isso, é necessário promover uma discussão, questionando os estudantes sobre os pontos importantes.

Após a revisão dos modelos atômicos já estudados, utilizando-se de *slides* (APÊNDICE I) e do vídeo “Experimento de Rutherford”<sup>5</sup>, a professora apresenta as características do modelo atômico de Ernest Rutherford. O vídeo é a narração de uma simulação computacional sobre o experimento em que Rutherford bombardeou finas folhas de ouro com partículas alfa provenientes de material radioativo. Apresenta os materiais utilizados e simula os resultados obtidos por ele, que culminaram com a descoberta do núcleo atômico e com a constatação de que o átomo não é maciço, mas formado por mais espaços vazios do que preenchidos.

Com o objetivo de contextualizar a atividade investigativa do encontro anterior, a professora faz um paralelo entre a investigação realizada pelos alunos e os experimentos realizados sob a orientação de Ernest Rutherford em 1909. Pode-se instigar os estudantes à discussão com a seguinte pergunta: “Quais as semelhanças do experimento de Rutherford com a atividade que vocês realizaram no encontro anterior? É importante ouvir as respostas e motivar a participação de todos.

#### ➤ Aula 7: Avaliação

Após as discussões, a professora propõe uma produção textual individual, onde os estudantes devem abordar o que aprenderam sobre os modelos atômicos já estudados e como aconteceu o processo de mudança de um modelo para o outro. A atividade, entregue em folha impressa tem a seguinte instrução: “Redija um texto explicitando o que mais lhe chamou a atenção no estudo da evolução dos modelos atômicos até o momento. Mencione os acontecimentos que ocorreram para que fosse necessário substituir um modelo por outro. Dê um título ao seu texto”. Essa produção compõe a Atividade 4 (APÊNDICE J). A ideia é que sistematizem o conhecimento aprendido, por meio da escrita.

#### **4.3.4 Quarto encontro: aulas 8 e 9**

Os objetivos específicos previstos para esse encontro são:

- discutir sobre a importância dos estudos sobre a luz no contexto histórico da evolução dos modelos atômicos;

---

<sup>5</sup> Vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CRU1tJs2SQ>.

- construir um espectroscópio caseiro simples.

Os conteúdos a serem abordados são:

- desenvolvimento da espectroscopia;
- o problema das linhas espectrais de Joseph V. Fraunhofer e os modelos atômicos;
- construção de um espectroscópio caseiro simples.

#### ➤ Aula 8: Estudo da luz

A professora inicia o encontro com uma revisão sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford. Para isso, utiliza os *slides* do Apêndice K (nº 1 ao nº 4). Objetiva-se, com essa revisão, reforçar as características dos modelos e os acontecimentos que marcaram a ruptura de um modelo para outro. Em seguida, para sondar o conhecimento prévio sobre o assunto da aula, propõe o seguinte questionamento: “O que é a luz?” E ouve as respostas dos estudantes, para posterior inferência.

Após esse momento, utilizando os slides do Apêndice K (nº 5 ao nº 14), a professora faz, de forma dialogada, um retrospecto histórico sobre a natureza ondulatória da luz. Discorre sobre o espectro eletromagnético de Maxwell, entregando um exemplar impresso dele para cada estudante. Relembra com os alunos as características das ondas, como período, amplitude, comprimento de onda, frequência. Para provocar uma maior discussão, instiga os estudantes com questionamentos, como: “O que é a frequência de uma onda? E comprimento de onda? Qual a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética?”. As discussões sobre a natureza ondulatória da luz têm o objetivo de preparar os estudantes para a retomada da teoria corpuscular, que provocará a formulação de outro modelo atômico. Durante as discussões, a professora deixa claro que a ciência não é algo pronto e acabado, mas que está em constante processo de construção e reconstrução.

Após as discussões, apresenta-se parte do vídeo do quinto episódio da série americana “Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo”, apresentada pelo físico Neil deGrasse Tyson, intitulado “Escondido na luz”<sup>6</sup> (início em 17’28” e término em 33’06”, num total de 15’06”). Este trecho trata das descobertas de Isaac Newton sobre a luz e as descobertas de Joseph V. Fraunhofer sobre as linhas espectrais escuras. A professora debate com os alunos as ideias principais expressas no vídeo. A partir das respostas, instiga-os com novos questionamentos, a fim de que argumentem sobre o assunto. A professora explica que espectro é a separação da luz

---

<sup>6</sup> Vídeo disponível no link: <<http://www.dailymotion.com/video/x2fduwe>>.

em suas diferentes cores e que as linhas espectrais escuras descobertas por Fraunhofer foram um fator desencadeador para a formulação de um novo modelo atômico. Daí a razão de inserirmos em nossa sequência tópicos relacionados à espectroscopia.

➤ Aula 9: Construção do espectroscópio caseiro simples

O roteiro para a montagem do espectroscópio foi extraído do material produzido por Brockington (2005), que propôs a construção do instrumento por um grupo de estudantes, para posterior observação dos espectros de algumas fontes de luz. Realizamos a construção do instrumento com esses mesmos objetivos.

Nessa aula, a professora explica que o espectroscópio é um instrumento utilizado para observar os espectros da luz emitida e propõe a construção de um espectroscópio caseiro, a fim de serem utilizados para observação de espectros no próximo encontro

Conforme o roteiro (ANEXO C), os materiais utilizados na construção dos espectroscópios são: fita isolante, fita adesiva, papel *color set* preto, 1 CD, cola, régua, estilete, tesoura, tubo de papelão (ex.: tubo de papel higiênico). Para a construção do instrumento, a professora propõe a divisão da turma em grupos para troca de ideias, mas avisa que cada aluno deve fazer seu próprio espectroscópio. Os materiais necessários devem ser disponibilizados aos estudantes, para que todos possam realizar a atividade. Um espectroscópio pronto está mostrado na Figura 4.

**Figura 4 - Espectroscópio caseiro simples**



Fonte: Brockington (2005)

Durante a confecção do material, a professora orienta os estudantes no desenvolvimento da atividade.

#### 4.3.5 Quinto encontro: aulas 10, 11 e 12

Os objetivos específicos desse encontro são:

- observar fontes de luz, identificando os tipos de espectros de emissão característicos de cada uma delas, se contínuo ou discreto;
- descrever as cores dos espectros das lâmpadas observadas;
- compreender os aspectos da espectroscopia que não foram explicados pelos modelos atômicos de Thomson e Rutherford.

Os conteúdos a serem abordados são:

- espectros de algumas fontes luminosas;
- tipos de espectros: contínuo e discreto;
- estudos da espectroscopia na formulação dos modelos atômicos.

O ideal é que o encontro aconteça no turno noturno em um ambiente escuro, de preferência, para uma melhor visualização dos espectros das lâmpadas. Se não for possível, a professora deve tentar escurecer o ambiente, com cortinas por exemplo.

A atividade envolve a observação das seguintes lâmpadas: fluorescente tubular, fluorescente compacta, de Led, incandescente, luz negra, de vapor de mercúrio e de vapor de sódio. O objetivo é observar diferentes tipos de espectros, para que os estudantes identifiquem quais lâmpadas apresentam espectro contínuo e quais apresentam espectro discreto. Além dos espectroscópios construídos no encontro anterior, é importante providenciar algumas redes de difração, para o caso de possíveis falhas no funcionamento dos espectroscópios caseiros. Deve-se utilizar uma base com soquete, observando uma lâmpada de cada vez, para melhor identificação do tipo de espectro.

Na Figura 5 podem ser visualizados os materiais utilizados para a observação dos espectros. Da esquerda para a direita, os materiais: rede de difração, lâmpada de vapor de mercúrio, base com soquete acoplado e alguns tipos de lâmpadas.

**Figura 5 - Materiais utilizados para observar os espectros**



Fonte: arquivo pessoal da autora

➤ **Aula 10: Formação dos grupos e levantamento de hipóteses**

A professora inicia a aula fazendo uma revisão sobre as observações dos espectros por Joseph V. Fraunhofer. Explica aos estudantes que os espectros de algumas fontes luminosas serão observados. Para isso, forma grupos de, no máximo, três estudantes. Uma vez formados os grupos, as diferentes lâmpadas são mostradas aos grupos, para que anotem os diferentes tipos. Isso facilitará a identificação dos espectros característicos de cada uma. Em seguida, pede que cada grupo responda à seguinte questão da atividade 5 – parte 1 (APÊNDICE L): “Considerando as diferentes fontes luminosas, pode-se dizer que as luzes emitidas por elas apresentam espectros diferentes? Ou haveria algumas com espectros iguais? Justifique sua resposta”. Pretende-se com esse questionamento que os estudantes levantem hipóteses sobre os espectros das lâmpadas, trocando ideias com os colegas do grupo.

Após o levantamento das hipóteses pelos grupos, prossegue-se com a atividade, ligando as diferentes lâmpadas, uma de cada vez, para que os estudantes observem os seus espectros.

➤ **Aula 11: Observação dos espectros das lâmpadas**

Durante a observação, a professora orienta os grupos a descrever os espectros de cada lâmpada, respondendo a atividade 5 – parte 2 (APÊNDICE L). Na atividade são propostas duas questões: na primeira, pede-se que observem e descrevam os espectros e os representem utilizando lápis de cor; na segunda, que façam comparações entre os espectros, sistematizem os resultados e verifiquem se confirmam o que responderam na parte 1 da atividade 5. Espera-se

que os estudantes percebam que as lâmpadas de gás emitem espectros discretos, diferentes dos espectros contínuos das lâmpadas de emissão por aquecimento de sólido.

➤ Aula 12: Sistematização dos conceitos

Após a observação dos espectros, utilizando *slides* (APÊNDICE M), a professora explica sobre a importância da espectroscopia para os estudos dos modelos atômicos. Ela expõe o conteúdo de forma dialogada, buscando estabelecer relações com a observação dos espectros, realizada na aula anterior. Pretende-se que os estudantes compreendam que as informações sobre as propriedades físicas de um objeto podem ser obtidas a partir de seu espectro.

A professora, a seguir, apresenta a parte final do vídeo “Escondido na luz” da série Cosmos (início em 36’35” e término em 40’54”, num total de 04’19”). Essa parte do vídeo faz uma recapitulação sobre as linhas espectrais escuras observadas por Fraunhofer e explica como a observação de tais linhas na luz das estrelas permite identificar o que há na atmosfera desses corpos celestes. O objetivo é que os estudantes compreendam que, por meio dos seus espectros, é possível conhecer aquilo que não se pode ver.

Após a exibição do vídeo, a professora faz o seguinte questionamento aos estudantes: “Mas por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?”. E explica que os modelos atômicos de Thomson e de Rutherford não esclareciam o problema das raias espectrais. Com estas observações, diz que no próximo encontro será abordado outro assunto que também contribuiu para a formulação dos modelos atômicos.

#### **4.3.6 Sexto encontro: aulas 13, 14 e 15**

Como esta SEI foi pensada para a abordagem da evolução histórica dos modelos atômicos, incluímos o efeito fotoelétrico, pois ele foi o responsável por abalar as bases do modelo ondulatório da luz e retomar as discussões sobre o modelo corpuscular. Tais discussões contribuíram para a formulação do modelo atômico de Bohr.

Os objetivos específicos para esse encontro são:

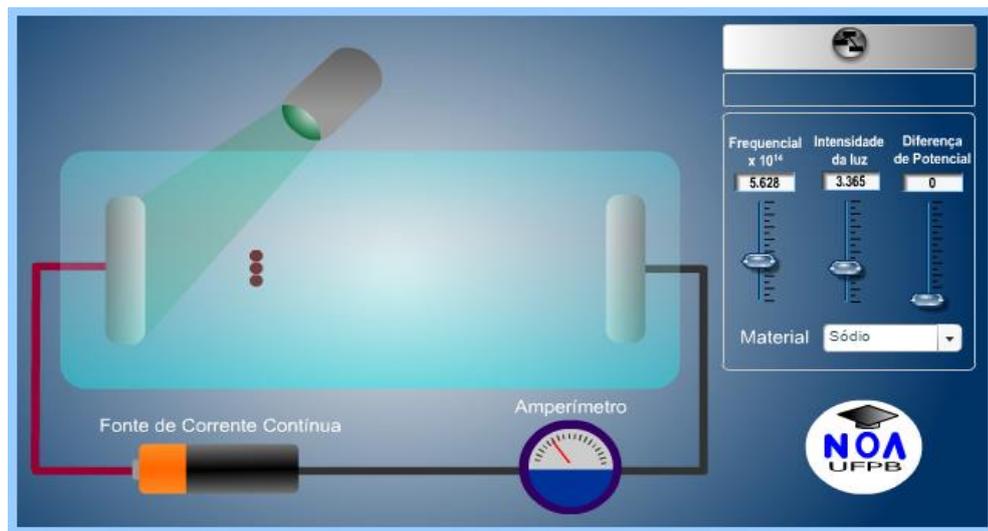
- identificar as variáveis relevantes na ocorrência do efeito fotoelétrico;
- compreender a importância dos resultados do efeito fotoelétrico para a retomada do modelo corpuscular da luz e, conseqüentemente, para a compreensão da estrutura da matéria.

Os conteúdos a serem abordados são:

- efeito fotoelétrico;
- atividade investigativa 3: simulação computacional do efeito fotoelétrico.

O encontro deve acontecer no laboratório de informática, pois, para abordar o efeito fotoelétrico, optamos por uma simulação<sup>7</sup> computacional, onde os estudantes poderiam interagir com o fenômeno em estudo por meio das variáveis que o explicam. Na Figura 6, apresentamos a interface do objeto de aprendizagem utilizado.

**Figura 6 - Objeto de aprendizagem: o Efeito Fotoelétrico**



Fonte: <http://www.fisica.ufpb.br/>

Conforme a ilustração, o objeto de aprendizagem simula um circuito elétrico acoplado a um tubo de vácuo contendo duas placas de metal, uma de cada lado e separadas por uma certa distância. Há uma fonte de luz, representada por uma lanterna, responsável em incidir luz sobre uma das placas de metal. É possível perceber que algumas variáveis podem ser alteradas, tais como: a frequência da luz incidente, a intensidade da luz, a diferença de potencial entre as placas metálicas e o tipo de material de que são feitas as placas. Além disso, há um amperímetro na parte inferior, indicador de que há passagem de corrente elétrica de uma placa para a outra.

➤ Aula 13: Introdução ao efeito fotoelétrico e problematização

A professora promove uma pequena discussão sobre o encontro anterior, onde os estudantes observaram os espectros de alguns tipos de lâmpadas. Pergunta sobre o que acharam

<sup>7</sup> A simulação é um objeto de aprendizagem intitulado “O Efeito Fotoelétrico”, elaborado pelo Núcleo de Construção de Objetos de Aprendizagem (NOA) da Universidade Federal da Paraíba e está disponível no link: <<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/>>. Acesso em: 15 set. 2016.

da atividade e suas percepções sobre os espectros das luzes emitidas. Espera-se que os estudantes argumentem sobre o assunto e mencionem algumas diferenças entre os espectros.

Em seguida, a professora utiliza os *slides* elaborados para esse encontro (APÊNDICE N) e fala sobre a quantização da energia proposta por Max Planck em 1900, ao estudar a emissão de radiação por um corpo aquecido. Aborda a quantização da luz proposta por Albert Einstein em 1905, estudos que marcaram o nascimento da Física Quântica e que deram início a novas formulações para o modelo atômico.

Concluídas as discussões, a professora mostra o objeto de aprendizagem do efeito fotoelétrico (utiliza um projetor multimídia), explicando aos estudantes o significado de cada variável. Em seguida, solicita que os alunos se dividam em duplas para realização da atividade investigativa 3. O objetivo é que troquem ideias entre si, manipulem o simulador e resolvam o seguinte problema: “Quais os fatores que influenciam na ocorrência do efeito fotoelétrico, ou seja, em que condições ou o que interfere para que ocorra o fenômeno? ”. Ao apresentar a pergunta, a professora propõe que os estudantes emitam suas hipóteses, para que exponham suas concepções prévias sobre o problema apresentado.

➤ Aula 14: Atividade com a simulação e resolução do problema

Nessa aula, os estudantes manipulam o simulador para a resolução do problema proposto. Espera-se que eles percebam, gradualmente, como funciona o simulador, a influência das variáveis para a ocorrência do fenômeno e quais as situações em que não ocorre (por exemplo, perceber que para determinado valor de frequência, e determinado material, nenhum elétron será ejetado da placa de metal). Durante o processo, a professora orienta os estudantes, tirando dúvidas, direcionando ações com questionamentos e instigando a discussão de ideias entre as duplas, para que haja interações discursivas. Pretende-se levar os estudantes a pensar, refletir sobre suas ações, discutir, explicar, levantar hipóteses, testar essas hipóteses, e argumentar sobre suas ideias. Por fim, pede que sintetizem suas conclusões, por escrito, respondendo a atividade 6 (APÊNDICE O), contendo a seguinte questão: Quais os fatores que influenciam na ocorrência do efeito fotoelétrico, ou seja, em que condições ou o que interfere para que ocorra esse fenômeno? Explique como foi possível chegar às conclusões (Descrever os passos seguidos).

➤ Aula 15: Sistematização das conclusões pelos estudantes e contextualização

Terminada a atividade, a professora promove uma roda de conversa sobre as respostas à questão da atividade investigativa 3. Espera-se que os estudantes argumentem sobre “como” fizeram e os “porquês” de suas ações e conclusões, e que exponham as dificuldades encontradas na realização da atividade. Durante as discussões, a professora utiliza o objeto de aprendizagem e, por meio de questionamentos, discute com os estudantes sobre os fatores que interferem na ocorrência do efeito fotoelétrico. É importante buscar as respostas dos estudantes aos questionamentos, para que eles argumentem sobre os conceitos aprendidos. Assim, pode ser feita a sistematização sobre as variáveis envolvidas na ocorrência do efeito fotoelétrico e sobre as conclusões propostas por Einstein, a partir das respostas dos estudantes. Nesse momento, introduz-se a equação do efeito fotoelétrico que relaciona a energia cinética ( $E_c$ ) do elétron ejetado da superfície de um metal à frequência da luz incidente ( $f$ ) e à energia necessária para arrancar o elétron do material, que é a função trabalho do metal ( $W$ ). Assim,  $E_c = hf - W$ , onde  $h$  é a constante de Planck.

Para complementar a sistematização do conteúdo, a professora explica a seguinte questão no quadro branco: “Um elétron do cobre é retirado com uma energia cinética máxima de 4,2 eV. Qual a frequência do fóton que retirou esse elétron, sabendo-se que a função trabalho ( $W$ ) do cobre é de 4,3 eV? (Considere  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ ) ”. Com esta questão, pretende-se que os estudantes compreendam a aplicação dos conceitos na resolução de problemas e as variáveis envolvidas na ocorrência do efeito fotoelétrico. Após a resolução da questão de forma dialogada com os estudantes, a professora pergunta se conseguem relacionar o efeito fotoelétrico a alguma situação do cotidiano deles. Ao ouvir as respostas, explica algumas situações, como o funcionamento das portas de *shoppings* e das lâmpadas da iluminação pública, que funcionam, automaticamente, com o uso de fotocélulas.

No final da aula, a professora entrega uma cópia impressa do texto “O físico e o fóton”, do professor Carlos Alberto dos Santos<sup>8</sup> (ANEXO D). Neste texto, o professor faz uma abordagem histórica do efeito fotoelétrico e trata da repercussão das descobertas de Einstein na comunidade científica da época. A professora orienta aos alunos para que façam a leitura e resolvam as seguintes questões da atividade 7: “1) Como você definiria o efeito fotoelétrico?; 2) Dois feixes de luz de mesma frequência, mas de intensidades diferentes incidem sobre duas placas metálicas de mesmo material. Qual delas poderá ejetar mais elétrons da placa? Justifique; 3) Para que a prata exiba o efeito fotoelétrico é necessário que ela tenha uma frequência de corte

---

<sup>8</sup> Professor aposentado do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. O texto foi publicado na Revista Ciência Hoje de 07 de agosto de 2015 e está disponível em: <[http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o\\_fisico\\_e\\_o\\_foton](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o_fisico_e_o_foton)>. Acesso em: 18 set. 2016.

de  $1,14 \cdot 10^{15}$  Hz. Determine a função trabalho (W), em Joule para ‘arrancar’ um elétron de uma placa de prata. Considere  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{J.s}$ ”. Estas questões compõem o Apêndice P.

Objetiva-se, com esta atividade, ampliar a sistematização do conteúdo, incentivar a prática da leitura, levar os estudantes a compreender a importância das pesquisas de Einstein e verificar a aprendizagem dos conceitos.

#### **4.3.7 Sétimo encontro: aulas 16, 17 e 18**

Os objetivos específicos para este encontro são:

- lembrar as principais características dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford;
- identificar as principais características do modelo de Bohr;
- compreender como diferentes materiais emitem luz, segundo o modelo de Bohr.

Os conteúdos a serem abordados são:

- revisão dos modelos atômicos estudados;
- atividade experimental do Teste das Chamas;
- o modelo atômico de Niels Bohr.

Para este encontro, propomos a realização de uma atividade experimental demonstrativa, o Teste das Chamas, que consiste na queima de diferentes substâncias por meio da adição de um combustível (álcool etílico), onde cada substância apresenta uma cor característica quando entra em combustão.

Adaptamos a atividade de uma sequência didática intitulada “A Química das cores”, proposta por Silva (2013). A referida autora desenvolveu a atividade experimental “algodão luminoso” e tinha como objetivo emitir luz em diferentes comprimentos de ondas para demonstrar o salto quântico postulado por Bohr em seu modelo atômico. A atividade foi desenvolvida depois da abordagem do modelo, como forma de contextualização.

Diferentemente do que propôs Silva (2013), pensamos a atividade para sistematizar os conceitos de espectro contínuo e discreto, possibilitar discussões sobre as limitações do modelo atômico de Rutherford e introduzir o modelo de Bohr por meio de um elemento do cotidiano, o fogo.

Para a atividade do Teste das Chamas são necessários diferentes materiais, como: sulfato de cobre, sulfato de lítio, sulfato de sódio, carbonato de sódio e tiras de magnésio. Além destes, um par de luvas, álcool etílico, colheres descartáveis, cápsulas de porcelana, pinça

metálica, fósforo e uma caixa de papelão com seu interior forrado com papel cartão preto, para melhor visualização da chama, caso o ambiente seja claro. Os procedimentos são realizados pela professora, a fim de não colocar os estudantes em risco. Coloca os materiais nas cápsulas de porcelana e inicia a queima, um de cada vez. Acrescenta uma porção de álcool etílico e põe fogo. Com a pinça, mistura a substância, enquanto acontece a queima. Se for necessário, ir acrescentando porções do material no fogo, utilizando para isso a colher descartável. Na Figura 7, apresentamos os materiais preparados para a realização do Teste das Chamas nesta SEI.

**Figura 7 - Materiais para a atividade do Teste de Chamas**



Fonte: arquivo pessoal da autora

➤ Aula 16: Revisão dos modelos atômicos e problematização

A professora inicia a aula, utilizando os *slides* elaborados para este momento (APÊNDICE Q - nº 1 ao nº 10). Em uma exposição dialogada, faz uma breve revisão dos modelos atômicos. Explica o modelo de Rutherford e aborda os problemas do início do século XX que não foram explicados por ele, a saber, os espectros discretos dos elementos e o efeito fotoelétrico. Deve-se lembrar com os estudantes a ideia de quantização proposta por Planck e Einstein, pois foi a partir dela que Bohr postulou seu modelo. Espera-se com a revisão que os estudantes compreendam a evolução dos modelos atômicos ao longo do tempo e a necessidade de um outro modelo que explique os espectros discretos e o efeito fotoelétrico.

Após a revisão, a professora continua a aula fazendo a seguinte pergunta: “Qual a cor do fogo?”. A pergunta tem como finalidade despertar o interesse dos estudantes para a atividade experimental e provocar dúvidas nas concepções que trazem sobre a cor do fogo. Em seguida, deve-se apresentar os materiais da atividade aos estudantes, para que anotem os nomes das

substâncias e levantem hipóteses sobre as possíveis cores das chamas produzidas por cada uma delas.

➤ Aula 17: Atividade experimental do Teste das Chamas

Antes de iniciar a queima dos materiais, a professora orienta os estudantes a registrarem suas observações, bem como a cor das chamas das diferentes substâncias, respondendo a atividade 8 (APÊNDICE R). Espera-se que eles percebam que cada substância, ao ser aquecida, emite luz em uma cor característica.

Terminada a atividade do Teste das chamas, a professora retoma os *slides* (APÊNDICE Q – nº 11 ao nº 16) e, de forma expositiva e dialogada, apresenta os postulados propostos por Niels Bohr para o modelo atômico e explica como tal modelo resolveu o problema da instabilidade do átomo de Rutherford e do espectro discreto do átomo de hidrogênio.

Em seguida, para sistematizar o conteúdo sobre o átomo de Bohr, apresenta mais uma parte do vídeo “Escondido na luz” da série Cosmos (início em 33’ e término em 37’08’’, num total de 04’08’’). Esse trecho mostra, por meio de simulações, movimentos semelhantes ao salto quântico dos elétrons e as linhas escuras produzidas, bem como as cores produzidas pelas ondas luminosas emitidas.

Após o vídeo, mostra a relação do salto quântico do elétron, proposto por Bohr, com as cores obtidas na atividade experimental do Teste das Chamas.

➤ Aula 18: Resolução de exercícios

Após as discussões, a professora resolve com os estudantes, de forma dialogada e participativa, algumas questões sobre o átomo de Bohr que compõem a Atividade 9 (APÊNDICE S), instigando-os ao raciocínio, à discussão e à sistematização de conceitos. O objetivo da atividade é reforçar a compreensão dos estudantes sobre os postulados de Bohr. Propõe uma lista de exercícios de aplicação (atividade 10), para resolverem em casa, como uma forma de sistematizar os conceitos aprendidos. A lista encontra-se no Apêndice T.

A professora encerra o encontro perguntando aos estudantes se acreditam que a busca pela compreensão da natureza da matéria se encerra com os estudos de Bohr. Após ouvir as opiniões, solicita que pesquisem em casa sobre o modelo atual proposto para o átomo. Pretendemos com a sugestão da pesquisa, fazer com que os estudantes sintam a necessidade de adquirir mais informações sobre os modelos atômicos.

#### **4.3.8 Oitavo encontro: aulas 19 e 20**

O último encontro é destinado à avaliação final da SEI pelos alunos. Para isso, foram pensados dois instrumentos: um questionário final e uma roda de conversa com os estudantes.

O questionário final (APÊNDICE U) contém questões abertas, onde os estudantes, individualmente, são desafiados a escrever sobre os modelos atômicos, suas características, as diferenças entre eles, o contexto em que foram formulados; sobre o modelo atômico proposto por Bohr e como seus postulados explicaram os espectros discretos e as diferentes cores emitidas por elementos químicos aquecidos; sobre a importância das hipóteses erradas para o avanço da ciência; e, por fim, sobre suas percepções a respeito das atividades e/ou conteúdos desenvolvidos durante o desenvolvimento da sequência. Os objetivos do questionário são: verificar a aprendizagem dos conceitos abordados, estimular a argumentação por meio da escrita e avaliar a SEI trabalhada.

Para a roda de conversa, a professora propõe a disposição das cadeiras em círculo e orienta para que a conversa seja direcionada e haja participação de todos, um de cada vez. A dinâmica tem como objetivos estimular os estudantes a se expressar oralmente sobre os conceitos abordados na sequência, reforçar os conhecimentos aprendidos e proporcionar momentos para argumentar, explicar, listar, opinar sobre o que aprenderam. Uma forma de complementação da avaliação da aprendizagem, uma vez que os estudantes podem falar aquilo que não conseguiram expressar por escrito no questionário final.

##### ➤ Aula 19: Aplicação do questionário final

A professora propõe que os estudantes respondam o questionário final, orientando que o façam individualmente e sem consulta a nenhum tipo de material de pesquisa, a fim de que se possa verificar o conhecimento apreendido por cada estudante.

##### ➤ Aula 20: Roda de conversa com os estudantes

Após a resolução do questionário final por todos os estudantes, a professora recolhe a atividade e organiza a classe para uma roda de conversa sobre os principais tópicos abordados no desenvolvimento das atividades, que se inicia com a pergunta: “O que é o átomo?”, a mesma pergunta feita no questionário inicial, que buscou identificar os conhecimentos prévios da turma. A partir das respostas, novos questionamentos alusivos à evolução dos modelos

atômicos podem ser feitos pela professora a fim de instigá-los a se expressar. Espera-se que os estudantes argumentem sobre suas conclusões, concordem ou discordem das opiniões dos colegas, expliquem fatos, justifiquem ideias e tirem dúvidas que porventura ainda tenham sobre o assunto abordado.

## **5 A ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS**

Neste capítulo apresentamos a análise das aulas 4 e 5 que compõem o segundo encontro da sequência. Trata-se de aulas conjugadas, nas quais foi desenvolvida a atividade investigativa 2, “Imaginando o invisível”, que aconteceu em três momentos distintos: 1) Organização da sala para a atividade de investigação, 2) Manipulação dos materiais para a resolução do problema proposto, 3) Sistematização das ideias pelos grupos.

Conforme explicitado do capítulo 4, a atividade iniciou com a proposição do seguinte problema: “O que há debaixo da tábua? Elabore um modelo que represente esse objeto, justificando e explicando sua resposta.” Um dos objetivos da atividade foi inserir os estudantes em uma atividade investigativa e proporcionar momentos para que elaborassem hipóteses, testassem-nas, organizassem dados, elaborassem plano de ação, pensassem, organizassem ideias, explicassem, justificassem, fizessem previsões, ou seja, utilizassem habilidades próprias do fazer científico para resolver o problema. Outro objetivo foi propiciar uma atividade que simulasse os experimentos realizados por Rutherford, que o levaram a formular seu modelo atômico, assunto que seria trabalhado na etapa da sistematização e contextualização pela professora.

A análise das transcrições das aulas, gravadas em áudio e vídeo, buscou nas falas da professora e dos estudantes os Propósitos Epistêmicos para a promoção da argumentação (FERRAZ, 2015), os tipos de perguntas feitas pelo professor (MACHADO, 2012) e os indicadores de Alfabetização Científica (SASSERON, 2008). O objetivo é buscar relações entre as ações do professor e os indicadores de AC. Assim faremos a descrição dos trechos escolhidos, facilitando a compreensão por meio de comentários.

### **5.1 Episódio 1: Proposição do problema e manipulação dos materiais**

O episódio 1 refere-se ao início da aula, em que a professora propõe o problema e conduz os estudantes à sala onde será desenvolvida a atividade investigativa 2. O episódio é composto por 64 turnos (T1 a T64). Foi dividido em quatro momentos.

O primeiro momento da aula apresentou oito turnos, quando a professora iniciou lembrando que quatro grupos haviam sido formados para a atividade desse segundo encontro, mas considerou necessário fazer uma redistribuição para apenas três grupos, uma vez que alguns estudantes faltaram. Os grupos foram nomeados da seguinte forma: G1, composto pelos

estudantes A6, A7, A11, A12 e A16; G2, pelos estudantes A4, A13, A15 e A17; e G3, pelos estudantes A1, A2, A3 e A8.

No segundo momento do episódio, entre os turnos de 9 e 17, a professora faz uma breve revisão sobre os modelos atômicos de Dalton e Thomson e propõe o problema a ser resolvido. No Quadro 3, apresentamos as transcrições das falas desse momento.

**Quadro 3 – Episódio 1: segundo momento (T9 a T17)**

Turno (T)	Transcrições das falas	Propósitos epistêmicos	Tipos de pergunta	Indicadores de AC
9	P: Pessoal, então. Sobre o que nós estamos estudando?	Retomar		
10	A3: Sobre os modelos atômicos.			
11	P: E quais modelos atômicos nós vimos na aula anterior?	Retomar		
12	Alguns: Modelo de Dalton e de Thomson.			
13	P: Isso mesmo. E antes de nós prosseguirmos, hoje nós vamos fazer uma atividade de cientista, ok? Na sala ao lado, tem um aparato experimental para cada grupo. Lá tem quatro kits, mas como faltaram alguns alunos, vamos usar só três. Cada um tá num canto da sala e o que que eu quero de vocês? Que cada grupo responda a seguinte pergunta, ó: <i>O que há debaixo da tábua? Como chegaram à resposta (ações)? Por que chegaram a tal conclusão? Elabore um modelo que represente esse objeto. O que é isso professora? Vou explicar. Ó, quando chegarem na sala, vocês vão encontrar no chão, uma tábua e debaixo dela tem um objeto. E vocês não podem olhar debaixo da tábua, de jeito nenhum, hein pessoal. Conto com vocês.</i>	Problematizar	Pergunta de problematização	
14	A12: Ah, professora, não vou prometer não. (Risos).			
15	P: Não pode. Aí, eu vou entregar para vocês, algumas bolas de gude, bolitas. E vocês com essas bolitas, vão tentar responder a minha pergunta, tá certo?	Retomar		
16	Alguns: Beleza, professora.			
17	P: Então vamos lá? Ah, já ia esquecendo, em cada tábua tem uma folha sulfite para vocês usarem como rascunho, tá certo? Então vamos?			

Fonte: elaborado pela autora

Como esse momento trata de uma breve revisão e a proposição do problema a ser investigado na aula, as interações foram poucas. No turno 11, a professora utiliza o Propósito Epistêmico Retomar para fazer a revisão dos conteúdos trabalhados no encontro anterior, ao

indagar quais os modelos atômicos haviam sido estudados. A resposta de alguns estudantes no turno 12 indica uma lista de informações, pois apontam os modelos de Dalton e Thomson, mas não se caracteriza como uma seriação de informações por não se tratar de bases para uma ação investigativa.

No turno 13, a professora apresenta o problema por meio do Propósito Epistêmico Problematizar, fazendo uma Pergunta de problematização, e orienta os estudantes quanto ao processo de manipulação, para que os objetivos da atividade não sejam comprometidos.

Concluimos a análise desse momento, salientando que apenas dois Propósitos Epistêmicos estiveram presentes na fala da professora, Retomar e Problematizar.

A professora, então, dá início ao terceiro momento do episódio 1, conduzindo os estudantes para a sala onde os materiais da atividade foram organizados. Cada grupo foi direcionado a um dos aparatos e os estudantes deram início à manipulação dos materiais para a resolução do problema.

Escolhemos para análise as transcrições das falas do grupo G2, por apresentar maior quantidade de diálogos entre os estudantes e porque a qualidade da gravação do áudio estava melhor do que os outros grupos, possibilitando a transcrição de mais falas.

De posse dos materiais, os estudantes do grupo G2 iniciaram a atividade, jogando as bolas de gude embaixo da placa de madeira e observando o que acontecia. A Figura 8 mostra alguns momentos da manipulação dos materiais pelo grupo.

**Figura 8 - Manipulação dos materiais pelo grupo G2**



Fonte: arquivo pessoal da autora

Os diálogos desse momento estão compreendidos entre os turnos 18 a 40, cujas falas aconteceram quando o grupo se posicionou junto ao material. Cada estudante, de posse de algumas bolas de gude, começou a fazer lançamentos aleatórios, sem trocar ideias com os demais colegas do grupo, apenas jogavam as bolas. Em determinado momento, um deles sugeriu fazer o lançamento em determinado ponto debaixo da placa de madeira. O Quadro 4 apresenta a transcrição das falas desse início de manipulação dos materiais.

**Quadro 4 – Episódio 1: Terceiro momento (T18 a T40)**

<b>Turno</b>	<b>Transcrições das falas</b>	<b>Propósitos epistêmicos</b>	<b>Tipos de pergunta</b>	<b>Indicadores de AC</b>
18	A4: Vamos começar por aqui (aponta na direção do centro da tábua). Viu? Ela bateu e voltou. (apesar de dizer que voltou, indica com a mão um desvio de 90° na bolita). Deixa eu jogar de novo (Joga). Olha, tá voltando.			Teste de hipótese Organização de informações
19	A15: Tem que tacar (jogar) no meio então.			Levantamento de hipótese
20	A17: (Jogando uma bolita pelo outro lado) aqui ela passa direto. Mas como a gente vai saber?			Organização de informações
21	P: (Falando com a A4) será que a velocidade com que você está jogando tá suficiente?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
22	A15: (Joga com força a bolita) Aí ó. Agora bateu e desviou.			Organização de informações
23	P: Em que ponto?	Explorar	Pergunta sobre dados	
24	A15: Não sei.			
25	A13: Eu acho que foi aqui (Aponta um local na tábua).			Levantamento de hipótese
26	P: É isso que vocês vão observar. Se colocar a folha aqui (Aponta na tábua) podem ir marcando. É rascunho, depois vocês vão oficializar as respostas (e mostra a folha da atividade), ok? Vocês já têm algumas ações que vocês fizeram. Vai registrando isso. Tipo: nós fizemos assim e já concluímos isso.	Qualificar		
27	A13: (Joga a bolita) E aí?			
28	A15: O barulho que fez, é alguma coisa de borracha.			Levantamento de hipótese Justificativa
29	P: (Para o A13). Quando você jogou nessa direção, aconteceu o que?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
30	A13: Passou direto.			Organização de informações
31	A15: Passou direto e aí quando jogou bem aqui (mostra o sentido com a mão) mais ou menos, ela não passa direto. Ela bate.			Organização de informações Classificação de informações
32	A17: Ela desvia.			Organização de informações
33	A15: Ela bate e volta.			Organização de informações
34	P: Bate e volta?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	

35	A13: Péra aí, tia, ó (e joga novamente para mostrar). Viu? Bate e volta.			Teste de hipótese Organização de informações
36	A17: (Joga outra bola de gude). Passou direto.			Organização de informações
37	A13: (Continua jogando) Ó			Teste de hipótese
38	A15: Aí voltou (Para A13).			Organização de informações
39	P: Em que ponto voltou?	Explorar	Pergunta sobre dados	
40	A13: Aqui ela bate e volta (Mostrando um ponto na tábua).			Organização de informações

Fonte: elaborado pela autora

A fala de A4 no turno 18, “Vamos começar por aqui [...]”, e a consequente resposta de A15 no turno 19, fazendo o Levantamento de hipótese de que o lançamento das bolas de gude deveria ser no meio, indicam que há interação do grupo na busca pela solução do problema. Quando A4 propõe iniciar os lançamentos pelo centro, ela sugere um teste sem um levantamento prévio de hipóteses. Porém, quando a bola de gude lançada é ricocheteada em um ângulo de 90°, ela propõe fazer o lançamento de novo, “Deixa eu jogar de novo”. Nessa ação, identificamos o indicador Teste de hipótese, uma vez que o objetivo é verificar se a bola de gude bate em um objeto naquele ponto e volta. Diante dos resultados dos lançamentos, A4 vai coletando os dados e acumulando as informações necessárias para a compreensão do processo (“Viu? Ela bateu e voltou” e “Olha, tá voltando”). Tais ações caracterizam o indicador Organização de informações, pois os estudantes estão coletando os dados e acumulando as informações para a compreensão do processo.

No turno 20, A17 também faz a Organização de informações quando, ao jogar uma bola de gude em determinado ponto, afirma: “aqui ela passa direto”.

No turno 21, a professora faz uma Pergunta exploratória sobre o processo na intenção de provocar A4 a considerar a velocidade no lançamento das bolas de gude, uma vez que algumas estavam ficando paradas embaixo da placa. A pergunta influenciou A15 que, no turno 22, faz um lançamento com mais velocidade, “(Joga com força a bolita) Aí ó. Agora bateu e desviou” (A15). Em sua fala aparece o indicador de AC Organização de informações, considerando que naquele ponto haveria algo que provocava o desvio da bola de gude.

Outra Pergunta sobre dados feita pela professora no turno 23, “Em que ponto? ”, provoca A13 ao Levantamento da hipótese de que, em determinada posição embaixo da tábua, haveria algo que ricocheteava a bola de gude lançada (T25).

No turno 28, A15 faz o Levantamento da hipótese de que o objeto embaixo da tábua seria de borracha (“O barulho que fez, é alguma coisa de borracha”). E faz a Justificativa de sua

alegação utilizando como garantia o fato do som produzido pelo objeto, quando atingido pelas bolas de gude, ser característico desse tipo de material.

Com o intuito de provocar os estudantes a tentarem diferentes direções de lançamento, a professora continua utilizando o Propósito Epistêmico Explorar, por meio de outra Pergunta exploratória sobre o processo: “Quando você jogou nessa direção, aconteceu o que?” (T29). Mediante a pergunta da professora, A13 fornece uma resposta objetiva, “Passou direto” (T30), configurando-se como o indicador de AC Organização de informações. Tal resposta é confirmada por A15 no turno 31 que, além de organizar, faz uma Classificação das informações apontando dois comportamentos diferentes da bola de gude, quando lançada em pontos diferentes embaixo da tábua, “Passou direto e aí quando jogou bem aqui (mostra o sentido com a mão) mais ou menos, ela não passa direto. Ela bate.”.

Na medida em que o grupo foi respondendo (T30 a T33), a professora continua explorando (T34, T39), provocando os estudantes ao Levantamento e Teste de hipóteses. Quando, por exemplo, repete a afirmação de A15 (T33) em forma de pergunta, “Bate e volta?” (T34), incita os estudantes A13 e A17 ao Teste de hipótese (T35 e T36), pois eles jogaram novamente bolas de gude embaixo da tábua, para confirmar se realmente batiam e voltavam naquele ponto. Após os lançamentos, fazem a Organização das informações (“Viu? Bate e volta” (A13), “Passou direto” (A17)).

No turno 37, a fala monossilábica de A13, “Ó”, se configura como um Teste de hipótese, pois chama a atenção dos colegas para o resultado do lançamento que fizera, resultado este evidenciado por A15 no turno 38 quando diz: “Aí voltou”. Nesta constatação, A15 faz uma Organização de informações, alegando que em determinado ponto a bola de gude sofre um desvio. A professora, então, faz uma Pergunta sobre dados com o objetivo de Explorar melhor as conclusões do grupo. Ao responder à pergunta no turno 40 (“Aqui ela bate e volta”), A13 evidencia em sua fala uma Organização de informações para posterior resolução do problema proposto.

Concluimos a análise desse momento, pontuando que os Propósitos Epistêmicos estiveram presentes nas falas da professora em seis turnos diferentes, sendo que cinco deles se referem ao Propósito Explorar e um ao Propósito Qualificar. As explorações feitas pela professora ocorreram enquanto formulava Perguntas sobre dados e Perguntas exploratórias sobre o processo. Na medida em que os estudantes apresentavam respostas, novas perguntas eram feitas, contribuindo para o desenvolvimento da investigação e o aparecimento de indicadores da AC.

Os indicadores de AC que mais apareceram foram a Organização de informações, o Levantamento de hipótese e o Teste de hipótese, com onze, três e três ocorrências, respectivamente. Isso pode ser explicado por se tratar do início da investigação, fase da manipulação dos materiais na busca por respostas ao problema, conforme explica Sasseron (2008), pois esses indicadores se referem às etapas de trabalho com os dados, de obtenção de dados e delimitação de variáveis. O indicador de AC Justificativa, caracterizada por uma alegação seguida de uma garantia, também apresentou uma ocorrência, bem como a Classificação de informações.

Portanto, as ações da professora em Explorar situações e Qualificar as respostas dos estudantes durante o processo de argumentação, estão coerentes com seus objetivos de estimular a participação deles no processo investigativo e conduzi-los a formular uma resposta coerente para o problema.

A manipulação prossegue e vários lançamentos de bolas de gude são feitos pelos estudantes. Eles vão estabelecendo ações e anotando resultados. Esta é a etapa final da manipulação dos materiais, compreendida entre os turnos 41 e 64, que chamamos de quarto momento do episódio 1. Neste, as interações se intensificam e, conseqüentemente, as argumentações. Os estudantes do grupo começam a delinear o objeto oculto.

A conversa começa quando a professora, percebendo que o grupo faz lançamentos com as bolas de gude sem realizar nenhum tipo de registro, questiona os estudantes. O Quadro 5 apresenta os diálogos dessa etapa.

**Quadro 5 – Episódio 1: Quarto momento (T41 a T64)**

<b>Turno</b>	<b>Transcrição das falas</b>	<b>Propósitos epistêmicos</b>	<b>Tipos de perguntas</b>	<b>Indicadores de AC</b>
41	P: É isso que é a questão. Vocês têm folhas aí. Por que não utilizam? Qual a posição que vocês tão percebendo ... (inaudível)?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
42	A4: Pega a folha lá, A15. (Colocam a folha branca em cima da tábua e pegam um lápis)			
43	P: E agora?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
44	A17: (Começam a jogar as bolitas). Olha bateu aqui. Marca aí (se voltando para A4, que marca um ponto onde imagina que a bolita bateu no objeto, considerando o som do impacto).			Organização de informações
45	A4: Mais ou menos aqui? (Pede ajuda aos colegas sobre o possível local e marca o ponto na folha)			Organização de informações

46	A13: (Joga a bolita em outro ponto). Aqui também (A4 marca outro ponto na folha que está sobre a tábua e sobre o objeto. Cada ponto marcado pelo grupo vai se configurando em possíveis locais onde estaria o suposto objeto de borracha).			Organização de informações
47	A15: (Jogam mais bolitas). Voltou. Foi pro lado (indicando com a mão o sentido do desvio. E vão marcando na folha os pontos onde imaginam serem os locais de impacto).			Organização de informações
48	A13: De novo ó.			Organização de informações
49	A4: Aqui e mais ou menos aqui.			Seriação de informações
50	A15: Ah não, A13, mais devagar uai.			
51	A13: Tem que pegar velocidade uai. (Continua jogando bolitas)			
52	A15: (Para A4) voltou lá ó. Marca esse também.			Organização de informações
53	A4: Acho que tá no centro. (Referindo-se à localização do objeto.)			Levantamento de hipótese
54	A17: Aqui ó (mede com a mão a distância entre os pontos marcados na folha e dois lados da tábua de madeira). Dá mais ou menos um palmo. Se ela (bolita) pegar bem aqui (mostra um outro possível ponto de impacto), vai dar um palmo pra lá também. Então, eu acho que ela (o objeto) tá no centro.			Justificativa Explicação Levantamento de hipótese
55	A15: Tá no centro. Ó (faz a mesma medição com a mão, a partir dos pontos de impacto das bolitas marcados na folha, até às quatro bordas laterais da placa de madeira). Ela bate no meio (afirmando que as bolitas realmente batem em pontos que estão localizados na região central da tábua).			Justificativa Explicação
56	A4: Tá sim. Tá no centro (bate com o lápis em alguns pontos da tábua, ouvindo o barulho que faz).			Teste de hipótese
57	A17: Agora o que é, não dá pra saber não (inaudível).			
58	A13: Aqui ó, presta atenção: se for uma coisa quadrada, ela (bola de gude) bate aqui e volta, mas ela bate e sai aqui (mostrando um desvio de 90°)			Justificativa Raciocínio lógico
59	A4: não é quadrado, mas escuta a diferença do barulho (e bate com o lápis em alguns pontos) Dentro dela (objeto) que é mais difícil de bater.			Teste de hipótese
60	A17: Ela (objeto) pode ter duas coisas: alguma coisa de cá e do lado de cá e aberto (espaço vazio) no meio (mostra as posições com a mão).			Levantamento de hipótese

61	A13: Por quê?		Pergunta exploratória sobre o processo	
62	A17: Uai, pra ela (bola de gude) poder passar direto ela (objeto oculto) deve ter um vagão (espaço vazio) bem aqui.			Justificativa Raciocínio lógico Levantamento de hipótese
63	A4: É. E é grande. Tem muitas bolitas passando.			Levantamento de hipótese Justificativa
64	A15: É. Tem alguma coisa no meio pra ela (bola de gude) bater e voltar.			Levantamento de hipótese Justificativa

Fonte: elaborado pela autora

As falas iniciam quando a professora faz uma Pergunta exploratória sobre o processo valendo-se do Propósito Epistêmico Explorar, a fim de sondar as observações dos estudantes e questionar porque não estavam registrando as ações (T41). A atitude da professora instiga o grupo a realizar novas ações e a anotar as informações na folha sulfite que receberam. Isso pode ser observado na fala de A17 no turno 44, “Olha bateu aqui. Marca aí”. Nessa fala, aparece o indicador de AC Organização de informações, que aparece também nas falas de A13 e A15 nos turnos 46, 47, 48 e 52, onde vão observando e marcando os pontos em que imaginam ser os locais em que as bolas de gude batem em algo e desviam sua trajetória.

No turno 45, aparece na fala de A4 o indicador de AC Organização de informações quando propõe a marcação dos possíveis pontos onde estaria o objeto.

No turno 49, A4 faz uma Seriação de informações quando diz “Aqui, e mais ou menos aqui”. Sua fala indica que a estudante lista os possíveis pontos em que as bolas de gude mudam sua trajetória ao se chocarem no objeto.

No turno 53, a aluna A4 faz um Levantamento de hipótese, “Acho que tá no centro”, se referindo à região em que o objeto poderia estar embaixo da placa de madeira. Em resposta à hipótese, A17, no turno 54, propõe a Explicação para a afirmação, fazendo medições com a mão, a fim de identificar se os pontos de impacto marcados na folha estariam na região central da tábua. Durante as medições, pontua: “Aqui ó (mede com a mão a distância entre os pontos marcados na folha e dois lados da tábua de madeira). Dá mais ou menos um palmo. Se ela (bolita) pegar bem aqui (mostra um outro possível ponto de impacto), vai dar um palmo pra lá também”. E conclui concordando com a hipótese levantada pela colega, “Então, eu acho que ela tá no centro”. A Justificativa para a conclusão apresentada se apoia no resultado das medições feitas, um palmo de cada lado. A17 encerra sua fala com o Levantamento da hipótese de que o objeto está no centro.

No turno 55, A15 concorda que o objeto “Tá no centro” e chama a atenção dos colegas para sua Explicação “ Ó”. Repete, então, as medições entre os pontos marcados e os quatro lados da placa de madeira e utiliza seus resultados como Justificativa de sua alegação.

Continuando nossa análise, no turno 56, A4 faz um Teste da hipótese de que há um objeto no centro da tábua, “Tá sim. Tá no centro (bate com o lápis em alguns pontos da tábua, ouvindo o barulho que faz)”. E ela repete a mesma ação no turno 59.

No turno 58, o estudante A13 faz uma alegação de que o objeto não é quadrado. Sua afirmação se apoia no fato de as bolas de gude, ao se chocarem com o objeto, sofrerem um desvio de 90°, o que se caracteriza como uma Justificativa. Além disso, usa o Raciocínio lógico proporcionando coerência à sua constatação.

No turno 60, A17 inicia sua fala fazendo o Levantamento da hipótese de que o objeto oculto embaixo da tábua pode se tratar de duas coisas. Ela diz: “Ela (objeto) pode ter duas coisas: [...]”. E prossegue dizendo que essas “duas coisas” estariam em lugares diferentes, uma de cada lado da tábua e com um espaço vazio entre elas, “[...] alguma coisa de cá e do lado de cá e aberto (espaço vazio) no meio (mostra as posições com a mão) ”.

No que se refere ao tipo de pergunta, até o turno 60, esse episódio de análise não apontou nenhuma ocorrência. Já no turno 61, A13 faz uma Pergunta exploratória sobre o processo quando se volta para A17 e diz: “Por quê? ”. Reformulando essa pergunta, ela estava indagando: Como chegou à conclusão de que teria duas coisas embaixo da tábua e um espaço vazio entre elas? Até o momento, as perguntas categorizadas foram feitas pela professora, porém, Ferraz (2015), em sua pesquisa, observou que as perguntas que fomentam os indicadores de AC podem, também, partir dos próprios estudantes inseridos no processo investigativo.

Diante da pergunta de A13, A17, no turno 62, Justifica, por meio de um Raciocínio lógico, que as bolas de gude, quando lançadas, atravessam o objeto sem tocar em nada e, portanto, deve haver um espaço vazio no objeto: “Uai pra ela (bola de gude) poder passar direto, ela (objeto oculto) deve ter um vagão (espaço vazio) bem aqui”. Esta fala configura-se como um Levantamento de hipótese, pois, segundo Sasseron (2008), é uma suposição alçada por meio de uma afirmação.

Portanto, a pergunta proferida por A13, no turno 61, provocou o surgimento de vários indicadores de AC, também evidenciados nas falas de A4 e A15 nos turnos 63 e 64. Por exemplo, o Levantamento das hipóteses de que o espaço vazio no objeto é grande e que tem alguma coisa em seu centro. As Justificativas dessas alegações têm o aval nas seguintes falas: “Tem muitas bolitas passando” (A4) e “[...] pra ela (bola de gude) bater e voltar” (A15).

Encerrada a análise dessa etapa final de manipulação dos materiais (T41 a T64), é possível observar no Quadro 5 que apareceu apenas o Propósito Epistêmico Explorar (duas vezes), fato justificado porque a professora não interagiu com o grupo nesse momento da aula. Estava orientando os outros grupos.

## 5.2 Episódio 2: Respondendo o problema por meio da escrita

O episódio 2 tem início após a manipulação dos materiais, onde cada grupo deveria sintetizar a resposta ao problema, respondendo à seguinte questão que compõe a Atividade 3 (APÊNDICE H): “Sobre o aparato experimental, o que há debaixo da tábua? Como chegaram à resposta (ações)? Por que chegaram a tal conclusão? Elabore um modelo que represente esse objeto”. Para isso, deveria haver troca de ideias entre os participantes de cada grupo, a fim de descreverem as ações, explicitando como fizeram e porque chegaram às conclusões. Os diálogos realizados pelo grupo G2 neste episódio totalizaram 66 turnos (T1 a T66). Faremos a análise, intercalando nossas observações.

O início dos diálogos se dá quando os estudantes discutem sobre quais ações irão descrever no texto. Entre os turnos 1 e 13, que chamamos primeiro momento do episódio 2, eles trocam ideias e discutem sobre o formato do objeto para o desenho, conforme transcrições apresentadas no Quadro 6 a seguir.

**Quadro 6 – Episódio 2: Primeiro momento (T1 a T13)**

Turno	Transcrição das falas	Propósitos epistêmicos	Tipos de perguntas	Indicadores de AC
1	A17: Tem que falar também que ao jogar as bolinhas elas batiam e voltavam e o som era como bater em uma borracha.			Explicação
2	A15: Tipo batia as bolitas na borracha e voltava.			Explicação Justificativa
3	A13: E também pelo som característico que emitia.			Justificativa
4	A4: Mas acontece que deveria ser quatro bolas então. Porque daqui e daqui e mais o centro (mostra no desenho os pontos marcados dos possíveis impactos das bolitas no objeto).			Levantamento de hipótese Explicação
5	A13: A gente não sabe o número exato de bolas, não. Agora, tem que desenhar (Depois de escreverem as respostas).			
6	P: E aí colocaram as ações e o porquê concluiu isso?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
7	A4: Uai como é que vamos desenhar?			

8	P: Vocês já chegaram à conclusão de como é o formato do objeto?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
9	A15: Eu acho que é assim: uma (bola) tá colocada aqui (mostra na folha pra desenho)			Levramento de hipótese
10	A17: E outra aqui (mostra no desenho). Porque ela (bola de gude) bate dum lado, depois bate do outro, mas no meio ela atravessa.			Levramento de hipótese Explicação Justificativa Raciocínio lógico
11	A4: Mas o interessante é: como essa bolinha (bola debaixo da tábua) permaneceu parada lá? (Mudando o foco da discussão para o fato das bolas embaixo da placa não saírem do lugar com os choques das bolas de gude)		Pergunta exploratória sobre o processo	
12	A13: Não. É porque quando ela (bolita) bate, ela volta. A energia volta... (inaudível). Aí quando tacava (jogava) reto, ela vinha aqui (vai falando e riscando no desenho). Aí quando tacava assim (mostrando outro sentido) ela pegava nessa aqui (mostra o ponto marcado na folha onde haveria uma bola de borracha) e desviava pra cá, entendeu?			Explicação
13	A15: Então. Tinha alguma coisa que colava elas na tábua porque se jogasse a bolita batia... (inaudível), senão ela (bola de borracha) saía um pouco do rumo. (Interrompem esta discussão para terminar o desenho)			Levramento de hipótese Justificativa

Fonte: elaborado pela autora

Nos turnos 1, 2 e 3, considerados em conjunto nessa análise, os estudantes A17, A15 e A13 fazem Explicações e Justificativas para algumas alegações, dizendo ser necessário abordar na resposta escrita à questão o fato das bolas de gude desviarem a trajetória ao chocar com o objeto e que, pelo som emitido, concluíram ser ele de borracha.

Ao Levantar a hipótese de que o objeto deveria ser quatro bolas de borracha (T4), A4 explica as posições que ocupariam no desenho. O estudante A13 discorda de tal Explicação no turno 5, quando diz: “A gente não sabe o número exato de bolas, não.” Esse diálogo traz evidências de que o grupo continuou interagindo bem e engajado na atividade de investigação.

No turno 6, a professora faz uma Pergunta exploratória sobre o processo com o objetivo de Explorar a argumentação do grupo sobre as ações que fizeram e o porquê das suas conclusões. Como não houve respostas, insiste Explorando sobre a conclusão a que chegaram sobre o formato do objeto: “Vocês já chegaram à conclusão de como é o formato do objeto?” (T8). A pergunta feita também é do tipo Pergunta exploratória sobre o processo e, nas falas que se seguiram, os quatro membros do grupo tiveram participação nas respostas.

Nos turnos 9 e 10 as respostas dos estudantes vêm marcadas pelos indicadores de AC Levantamento de hipótese (T9 e T10) e Justificativa/Explicação (T10). A17 apresenta o possível formato do objeto e justifica sua resposta na fala : “E outra aqui (mostra no desenho). Porque ela (bola de gude) bate dum lado, depois bate do outro, mas no meio ela atravessa.” (T10). Nesta fala, além de explicar e justificar, ela o faz de maneira lógica (Raciocínio lógico).

No turno 11, mudando o foco da discussão do formato do objeto, A4 levanta um questionamento sobre o fato de as suspostas bolas de borracha embaixo da tábua não se mexerem ao serem chocadas com as bolas de gude, quando diz: “[...] como essa bolinha (bola debaixo da tábua) permaneceu parada lá?” Tal pergunta se caracteriza como uma pergunta exploratória sobre o processo, pois procura buscar explicações para uma situação. No turno 12, A13 profere a Explicação para a pergunta dizendo que a bola de gude bate e volta. Porém, a questão proposta se referia à bola embaixo da tábua e não às bolas de gude que eram lançadas. Portanto, suas considerações não contribuíram para elucidar a dúvida da colega, dúvida esta corroborada por A15 que, no turno 13, faz uma suposição de que as bolas de borracha saíam do rumo se não estivessem coladas. Diante desse Levantamento de hipótese (de que as bolas de borracha estão coladas), apresenta a Justificativa para isso quando diz: “[...] senão ela (bola de borracha) saía um pouco do rumo”. Essa discussão continuou durante a atividade escrita.

Os turnos 14 a 31 não foram analisados pois os estudantes limitaram-se a escolher e organizar frases na atividade escrita. E estas serão abordadas no próximo episódio.

Outro recorte que analisamos está compreendido entre os turnos 32 e 50, que chamamos de segundo momento do episódio 2. Os estudantes retomam a discussão sobre as suspostas bolas de borracha embaixo da tábua não se mexerem ao serem chocadas com as bolas de gude. Depois que eles concluíram o desenho do objeto, a professora os observa e inicia o diálogo transcrito no Quadro 7.

**Quadro 7 – Episódio 2: Segundo momento (T32 a T50)**

<b>Turno</b>	<b>Transcrições das falas</b>	<b>Propósito epistêmicos</b>	<b>Tipo de pergunta</b>	<b>Indicadores de AC</b>
32	P: Então, são quatro bolinhas?	Sintetizar	Pergunta de sistematização	
33	A4: Sim.			
34	P: E quando vocês jogam a bolinha (bola de gude) nelas, elas continuam lá?	Explorar	Pergunta de problematização	
35	A4: Aí embaixo a gente tá explicando (se referindo à atividade escrita).			

36	A15: Então, eu também achei que se fossem soltas elas não iam continuar paradas. Ou elas estão pregadas no chão ou pregou elas na tábua e depois virou, porque se fossem bolinhas soltas quando a gente jogasse as bolinhas (bolas de gude), batia e elas saiam do rumo.			Explicação Levantamento de hipótese Justificativa Previsão
37	A13: Não, não tem isso não.			
38	A4: (De forma áspera). Não, a teoria dela tá certa. Coloca aí.			
39	A13: Você vai deixar ser influenciado pelos outros?			
40	A4: (Ignorando a fala de A13 diz para A15) você acha que tão pregadas (as bolas de borracha) na tábua ou no chão?		Pergunta exploratória sobre o processo	
41	P: Faz sentido o que ela tá dizendo? (Voltando-se para A4 para que expresse sua opinião sobre as colocações de A15 sobre as bolas de borracha estarem pregadas)	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
42	A4: Faz sim, professora.			
43	A15: (Para P) porque se jogasse a bolita igual jogou tudo rápido (referindo-se à velocidade das bolitas por conta da força nos lançamentos), elas (as bolas de borracha embaixo da placa de madeira) iam sair do rumo, elas não iam ficar no mesmo lugar. Então, alguma coisa fez, ou pregou elas no chão ou pregou na tábua.			Explicação Justificativa Levantamento de hipótese
44	A4: Coloca aí: a bola de borracha está presa... (atividade escrita). Coloca na tábua ou no chão?		Pergunta exploratória sobre o processo	
45	A15: No chão.			Levantamento de hipótese
46	A4: Não, acho que ela tá pregada na tábua.			Levantamento de hipótese
47	A15: No chão.			Levantamento de hipótese
48	A4: Mas a tábua moveu, então, ela deveria tá pregada na tábua, pois ela moveu. Se ela tivesse pregada no chão a tábua não ia mover.			Explicação Justificativa
49	A15: Verdade.			
50	A4: Ou no chão. Ah, coloca as duas opções.			

Fonte: elaborado pela autora

Com o objetivo de conduzir os estudantes a organizar suas respostas, a professora faz uma Pergunta de sistematização sobre a quantidade de bolas que compõem o objeto embaixo da tábua (T32). Diante da confirmação de A4 de serem quatro bolas, a professora continua a Explorar o entendimento do grupo fazendo uma Pergunta de problematização (T34), trazendo

à tona as discussões sobre a possibilidade de as supostas bolas se movimentarem embaixo da tábua.

Diante da pergunta, A15 apresenta uma Justificativa: “Então, eu também achei que se fossem soltas elas não iam continuar paradas [...]” (T36). Ela procura garantir a ideia de que alguma coisa prende as bolas, hipótese levantada logo a seguir. Ela também faz uma Previsão: “[...] ou elas estão pregadas no chão ou pregou elas na tábua e depois virou [...]” e faz a Explicação: “[...] porque se fossem bolinhas soltas quando a gente jogasse as bolinhas (bolas de gude), batia e elas saiam do rumo. ”

Cabe mencionar que esse diálogo abriu um precedente. A professora poderia tê-lo utilizado para apresentar conceitos de conservação da quantidade de movimento, colisões entre corpos, relacionando esses assuntos com o choque entre as bolas de gude e o objeto oculto, usando os Propósitos Epistêmicos de Retomar, Qualificar e Sintetizar. Porém, isso não foi feito e os estudantes continuaram a discussão.

No turno 37, A13 discorda da Explicação de A15 no turno 36, dizendo que não é daquela forma. E a oportunidade de exploração não é aproveitada pela professora. Ela poderia ter questionado por que A13 não concordava com a colega. A4 discorda da negativa de A13 (asperamente) e diz que a ideia de A15 está certa e que é para constar na resposta da atividade (T38). Isso provoca em A13 uma reação de revolta: “Você vai deixar ser influenciada pelos outros? ”. Ele se recusou a aceitar a hipótese da colega, mas não explicou porque, nem apresentou outra sugestão. A professora poderia ter questionado A13 para que ele expusesse seu raciocínio.

Nas atitudes rudes de A4 e de revolta de A13, observamos que faltou naquele momento o que Carvalho (2013) chamou de aprendizagem atitudinal no ensino por investigação. São exemplos de atitudes: respeitar a opinião dos colegas, ouvir para depois falar, esperar sua vez. Não houve a troca de ideias no grupo para testar a hipótese e chegarem a um consenso. Esse seria um bom momento para a professora explorar as ideias dos oponentes e ampliar a argumentação no sentido de buscar justificativas para as alegações de ambos.

No turno 40, as discussões sobre o objeto são retomadas com uma Pergunta exploratória sobre o processo feita por A4, “você acha que tão pregadas (as bolas de borracha) na tábua ou no chão? ”. A professora volta-se para a estudante para Explorar sua opinião sobre as colocações de A15 no turno 36 e o faz indagando: “Faz sentido o que ela tá dizendo? ” (T41). A resposta de A4 no turno 42, “Faz sim, professora”, foi resumida e sem argumentações, porém não houve, por parte da professora, uma atitude questionadora que incentivasse a estudante a

expor argumentos que justificassem sua afirmação. A professora, por exemplo, poderia ter perguntado por que ela concordava com a colega.

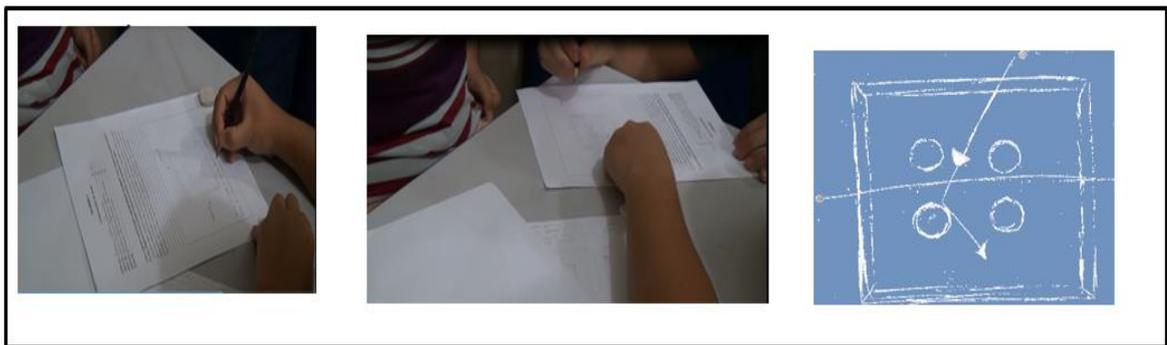
No turno 43, A15 insiste em Explicar sua hipótese de que as bolas estariam pregadas no chão ou na tábua com a Justificativa de que “elas iam sair do rumo, elas não iam ficar no mesmo lugar”. Termina sua fala com o Levantamento da hipótese de que algo foi feito: ou pregou as bolas no chão, ou pregou na tábua. Diante de todas essas discussões, A4 fica em dúvida de qual resposta colocar na atividade escrita, “Coloca na tábua ou no chão?” (T44). Sua Pergunta exploratória sobre o processo provoca o Levantamento de hipóteses “no chão”, por A15 no turno 45; e por ela mesma, “Não, acho que ela tá pregada na tábua”, no turno 46.

No turno 48, A4 insiste na ideia de que as bolas de borracha estão pregadas na tábua, apresentando a Justificativa de que a tábua se moveu. A Explicação da estudante apoia-se no fato de que, estando pregadas na tábua, ao serem atingidas pelas bolas de gude, as bolas de borracha iriam sofrer pequenos recuos e, conseqüentemente, a tábua também sofreria. Apesar de A15 concordar com suas alegações no turno 49, a dúvida de A4 persistiu, optando por considerar na resposta as duas possibilidades (T50).

Os turnos de 51 a 66 não foram analisados, pois se limitaram a discussões sobre outros assuntos (data da prova de Matemática, a beleza do cabelo de uma colega), uma vez que A4 fazia os últimos ajustes nas respostas da atividade.

A Figura 9 mostra momentos em que o grupo respondia à atividade escrita e o formato do objeto oculto previsto pelo grupo, que considerou tratar-se de quatro bolas de borracha.

**Figura 9 - Síntese da atividade escrita pelo grupo G2**



Fonte: arquivo pessoal da autora

### 5.3 Episódio 3: Sistematização das respostas pelos grupos

Uma vez resolvido o problema, a última etapa planejada para a aula 4 foi promover a sistematização das respostas. O episódio totalizou 88 turnos.

A professora iniciou explicando que cada grupo teria a oportunidade de esclarecer como fizeram pra resolver o problema e porque chegaram às conclusões registradas. O Quadro 8 traz os diálogos ocorridos no primeiro momento do episódio 3, entre os turnos de 1 a 7, quando o primeiro grupo apresenta sua resposta para a questão.

**Quadro 8 – Episódio 3: Primeiro momento (T1 a T7)**

Turno	Transcrição das falas	Propósito epistêmico	Tipo de pergunta	Indicadores de AC
1	P: Vamos ouvir agora o que cada grupo concluiu. Vamos começar pelo grupo 1. Quem?			
2	A7: Professora, eu vou ler o que a gente fez. (Começa a leitura) na primeira ação, jogamos bolitas debaixo da tábua, a fim de reconhecer o objeto base. Na segunda ação, juntamos as bolitas em uma sacola e colocamos em cima da tábua, pesando um lado e do outro. Um lado suportou, já o outro não. Tivemos a ideia que podia ser um triângulo. Em terceira ação, jogávamos as bolitas, acertando o objeto para descobrirmos a consistência e saber de que era feito. Bolita por bolita, jogamos por cima da tábua para tentar reconhecer o oco. Formando a hipótese, chegamos à conclusão de que a base é formada por mais de cinco (5) objetos, em lugares indeterminados e com consistência de borracha.			Explicação Raciocínio lógico Levantamento de hipótese Justificativa
3	P: Por que chegaram à conclusão que eram de borracha? Vocês colocaram isso aí? A conclusão de ser de borracha?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
4	A7: Colocou. A gente ouviu o barulho.			Justificativa
5	P: Pelo barulho?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
6	A12: É. Porque a borracha ela faz um som abafado, meio oco.			Justificativa Explicação
7	P: Mais alguém quer comentar? (Ninguém se manifesta). Próximo grupo então.			

Fonte: elaborado pela autora

A resposta de A7 no turno 2 é a conclusão, por escrito, do grupo G1. Vários indicadores de AC podem ser observados: Explicação, Raciocínio lógico, Levantamento de hipótese e Justificativa. Quando A7 diz, no turno 2, que a conclusão do grupo é que o objeto oculto é feito de bolas de borracha, a professora procura explorar a argumentação do grupo fazendo uma Pergunta exploratória sobre o processo, quando no turno 3 diz: “Por que chegaram à conclusão que eram de borracha? Vocês colocaram isso aí? A conclusão de ser de borracha?”. Tal

pergunta fez com que aparecesse na fala de A7 (T4) o indicador de AC Justificativa dizendo que foi pelo barulho que ouviram, durante os choques das bolas de gude com o objeto. Diante da resposta, a professora continua explorando as observações dos estudantes, repetindo a fala em forma de Pergunta exploratória sobre o processo: “Pelo barulho?” (T5). O objetivo era que os alunos explicassem o que queriam dizer com aquela afirmação. O aluno A12, do mesmo grupo, faz uma Explicação seguida de uma Justificativa, apresentando a garantia do argumento: “É. Porque a borracha ela faz um som abafado, meio oco” (T6).

Podemos perceber que, apesar das interações acontecerem no grande grupo, os estudantes dos demais grupos não interagiram ou opinaram, mesmo diante da intervenção da professora no turno 7. Tal qual observado por Sasseron e Machado (2017), promover interações discursivas nas aulas tem suas dificuldades, por isso o professor precisa estar atento às falas e às respostas dos estudantes para instigá-los à participação e ao aprofundamento de suas conclusões.

As interações prosseguem e, no Quadro 9, apresentamos o segundo momento do episódio 3 (T8 a T21), onde o segundo grupo (G2) apresenta sua resposta para a questão.

**Quadro 9 – Episódio 3: Segundo momento (T8 a T21)**

<b>Turno</b>	<b>Transcrição das falas</b>	<b>Propósito epistêmico</b>	<b>Tipo de pergunta</b>	<b>Indicadores de AC</b>
8	A13: (Lendo) A partir dos testes realizados nesse experimento e também observações externas, concluímos que o objeto debaixo da tábua é uma esfera de borracha. Depois de lançarmos as bolas de gude percebemos que a direção da bola (bolas de gude) mudava, conforme o ângulo que era jogada e também pelo som emitido, característico de objeto de borracha.			Justificativa
9	P: Vocês fizeram outras ações pra chegar às conclusões? Tipo, consideraram direções de lançamento?	Explorar Qualificar	Pergunta exploratória sobre o processo	
10	A13: Sim. A gente colocou aqui que dependia do ângulo que jogava.			Explicação
11	A4: A gente colocou setas no desenho, professora, indicando.			Explicação
12	P: É sobre a possibilidade de as bolas de borracha saírem ou não do lugar embaixo da tábua? O que vocês responderam sobre isso?	Qualificar Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
13	A15: Pois é. Não sai do lugar. Mas se tiver colada (as bolas), tem que ser no chão, pois na tábua não teria jeito. A tábua saiu um pouco do rumo.			Explicação Justificativa
14	P: Mas vocês colocaram isso na resposta?			
15	A15: Não.			

16	A4: A gente colocou, mas depois tirou.			
17	A2: (Estudante do grupo G3, em tom de surpresa) vocês colocaram que tem cola na bola?			
18	A15: Não, colada com fita.			Explicação
19	A3: Mas a fita vai fazer ela grudar nas bolitas.			Previsão Raciocínio lógico
20	A15: Lógico que não. Se for de borracha, não.			Justificativa
21	A4: A nossa teoria é que estão grudadas no chão, porque a tábua moveu.			Levantamento de hipótese Justificativa

Fonte: elaborado pela autora

Neste momento do episódio, temos a resposta escrita do grupo que escolhemos para a análise (G2) e é possível observar que alguns dos pontos discutidos não foram citados na resposta escrita, lida pelo estudante A13 no turno 8. Por exemplo, a questão das bolas de borracha estarem fixas ou não embaixo da tábua. Observamos também que, apesar de se referirem ao objeto como “uma esfera de borracha”, no desenho que apresentaram o objeto é constituído por quatro bolas de borracha, conforme mostrado da Figura 9 da seção anterior (5.1). Nota-se a dificuldade que têm em expressar as ideias por meio da escrita.

A leitura feita traz uma Justificativa, pois fala que o objeto é uma esfera de borracha devido aos testes realizados, à mudança de direção, ao som.. A professora então, procura Explorar as ações do grupo por meio de uma Pergunta exploratória sobre o processo (T9), com o objetivo de provocar os estudantes a relacionarem os resultados encontrados às variáveis envolvidas. No caso, as direções de lançamento das bolas de gude e suas influências na definição do formato do objeto. Em resposta, A13 traz uma Explicação sobre a dependência do ângulo de lançamento (T10). Esta resposta é complementada por A4 quando explica que fizeram desenhos (T11), indicando por setas as direções, porém não citam o que dependia dessa variável, se o formato do objeto ou se o fato de ser feito de borracha.

Seria importante outros questionamentos para que o grupo tomasse consciência das ações que realizaram, porém a professora continua a Explorar, considerando outro fator: E sobre a possibilidade de as bolas de borracha saírem ou não do lugar embaixo da tábua? O que vocês responderam sobre isso? (T12). Nota-se que é uma Pergunta exploratória sobre o processo porque o grupo havia levantado esse questionamento no momento da manipulação dos materiais, mas ficaram muitas dúvidas entre eles sobre a questão. Após mencionar (Qualificar) as duas possibilidades que haviam sido levantadas pelo grupo, a professora quer saber o que responderam, mas não os ajuda a sanar as dúvidas.

No turno 13, A15 responde ao questionamento, aparecendo em suas falas evidências dos indicadores de AC Explicação, Previsão e Justificativa: “Pois é. Não sai do lugar. Mas se tiver colada (as bolas), tem que ser no chão, pois na tábua não teria jeito. A tábua saiu um pouco do rumo”. Ela explica que as bolas não saem do lugar e levanta a hipótese de que elas estão coladas no chão, justificando que na tábua não era possível, apresentando como garantia o fato da tábua ter saído do lugar. Ela se referia às consequências do choque das bolas de borracha com as bolas de gude. O raciocínio de A15 não faz sentido, pois se as bolas estivessem coladas no chão a tábua não se moveria, ou seja, como a tábua poderia se mover se as bolas não o fizeram (estavam coladas)?

No turno 17, uma estudante do grupo G3 (A2) interage com o grupo G2, questionando o fato de acreditarem ter cola nas bolas de borracha. Ela diz em tom de surpresa: “Vocês colocaram que tem cola na bola?” Por sua vez, A15 traz a Explicação dizendo que não era cola, mas sim fita (se referindo à fita adesiva - T18). Outro estudante do grupo G3 (A3) faz uma Previsão de que, se tivesse fita adesiva, as bolas de gude ficariam grudadas durante o choque: “Mas a fita vai fazer ela grudar nas bolitas” (T19).

Essa fala provocou A15 a uma Justificativa no turno 20: “Lógico que não. Se for de borracha, não.” Ela queria dizer que a fita não faria a bola de borracha grudar nas bolas de gude (afirmação) porque é de borracha (garantia).

Nota-se que as falas dos estudantes são resumidas, mas alguns indicadores de AC apareceram nas argumentações. Outro aspecto observado foi que as discordâncias de ideias, promovidas pelos membros de outro grupo, fomentaram o processo argumentativo, abrindo espaço para que os estudantes defendessem seu ponto de vista e explicitassem suas teorias, como mostra a fala de A4 no turno 21: “A nossa teoria é que estão grudadas no chão, porque a tábua moveu”. Nessa fala apareceram os indicadores Levantamento de hipótese (bolas grudadas no chão) e Justificativa (estão grudadas no chão porque a tábua se moveu). Observamos também que A4, apesar do argumento apresentado, ainda se encontra confusa com a questão, pois no segundo momento do episódio 2 (Quadro 7, turno 48) afirma que as bolas de borracha estariam grudadas na tábua. A professora poderia ter ajudado a esclarecer as dúvidas, levando os estudantes a repensar a questão, mas não o fez.

Após estas interações, a professora propõe que o último grupo (G3) apresente sua resposta. Feita a leitura da resposta, algumas questões foram colocadas pela professora para o grupo. Essa parte do episódio 3 chamamos de terceiro momento, conforme falas transcritas, compreendidas entre os turnos 22 e 37 e registradas no Quadro 10 a seguir.

**Quadro 10 – Episódio 3: Terceiro momento (T29 a T37)**

Turno	Transcrição das falas	Propósito epistêmico	Tipo de pergunta	Indicadores de AC
22	P: Entendi. Vamos ouvir o outro grupo?			
23	A3: Nós respondemos cada pergunta. (Começa a leitura). Há bolas de borracha ou silicone. Jogando bolas de gude por baixo da tábua, podemos notar que, em certos pontos, elas se repeliam de onde foram jogadas. Assim supomos que seriam bolas de borracha, pois a alta reversibilidade das bolas de borracha e de gude, ao se chocar, voltaria ou tomaria outra direção, não movendo a de borracha pelo alto atrito que nela atua... (é interrompido por risos)			Justificativa Raciocínio lógico
24	Alguns: Hum...linguagem difícil... (risos).			
25	A15: Hum, reversibilidade, atrito!! (Risos)			
26	A3: (Continuando a leitura), pelo alto atrito que nela atua e pelo suporte da tábua que tava por cima... (é interrompido novamente por risos)			Justificativa
27	P: Silêncio, pessoal. Vamos ouvir o colega, pra ver se vocês concordam com eles depois.			
28	A3: (Terminando a leitura) e ainda pelo suporte da tábua que tava por cima. Apenas estamos supondo uma teoria que pode ser concreta e por meio das ações chegamos a tal conclusão (aplausos e risos).			Justificativa
29	P: (Pede silêncio e questiona o grupo) E o formato do objeto embaixo da tábua?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
30	A3: O esquema tá aqui no desenho.			
31	P: E quantos objetos vocês acham que tem?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
32	A1: Quatro.			
33	P: Quatro objetos?	Explorar Retomar	Pergunta exploratória sobre o processo	
34	A3: Na verdade, um objeto com quatro bolas, num formato de triângulo.			Explicação
35	A2: Bolas de silicone ou borracha.			Explicação
36	P: E são iguais?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
37	A3: São.			Explicação

Fonte: elaborado pela autora

A resposta do grupo, lida por A3 no turno 23, apresenta os indicadores Justificativa e Raciocínio lógico. Por exemplo, ao afirmar que o objeto era constituído de bolas de borracha ou silicone, descrevem que observaram as bolas de gude se repelirem mudando de direção, ao se chocarem com o objeto. Apresentam a garantia na seguinte fala: “Assim supomos que seriam

bolas de borracha, pois a alta reversibilidade das bolas de borracha e de gude, ao se chocar, voltaria ou tomaria outra direção [...]”. Outra alegação do grupo nesse turno é que, apesar dos choques, as bolas de borracha não se moveriam em baixo da tábua. A Justificativa de tal alegação encontra-se no turno 26, “[...] pelo alto atrito que nela atua e pelo suporte da tábua que tava por cima...”, e repetida no turno 28.

Podemos observar que, apesar da professora Explorar as conclusões do grupo, as Perguntas exploratórias sobre o processo nos turnos 29 e 31 não fomentaram explicações e /ou justificativas ou outros indicadores de AC. As respostas foram objetivas e pontuais. A professora poderia, por exemplo, ter questionado sobre os porquês de tais respostas. Era necessário compreender o significado de algumas palavras utilizadas pelo grupo, mas devido ao tempo da aula e o fato do encontro acontecer no contraturno (os estudantes já estavam cansados), não prolongou a discussão.

A pergunta da professora no turno 33, “Quatro objetos?” , apresenta dois propósitos epistêmicos: Explorar e Retomar. Explorar as conclusões do grupo a respeito do objeto oculto e retomar a pergunta inicial em que os estudantes deveriam formular um modelo para o objeto oculto embaixo da tábua. Neste último, era como se quisesse perguntar: “Tem certeza que é mais de um objeto?” Esse questionamento leva A3 a complementar sua resposta no turno T34: “Na verdade, um objeto com quatro bolas, num formato de triângulo. ” Em sua fala usa o indicador de AC Explicação, quando diz que é um objeto, porém formado por quatro bolas em formato triangular. A resposta também é complementada por A2, no turno 35, com a Explicação que as bolas são feitas de silicone ou borracha. A professora poderia ter questionado o grupo por que eram de borracha ou silicone, mas não o fez.

A última pergunta da professora no recorte, “E são iguais? ” (T35), foi caracterizada como Pergunta exploratória sobre o processo, porém não suscitou nos estudantes, argumentações que traduzissem o ‘como’ ou o ‘porquê’ das conclusões apresentadas pelo grupo. A forma como foi formulada provocou respostas do tipo ‘sim’ ou ‘não’, e a resposta de A3 no turno 37 traduziu exatamente isso. O “São. ”, proferido pelo estudante, era como dizer: sim, são bolas iguais em tamanho, formato, material, que é uma Explicação. Porém, faltou por parte da professora perguntar o porquê.

Após a apresentação das conclusões pelos grupos, a professora discute com os estudantes sobre o formato do objeto. Chamamos de quarto momento do episódio 3, compreendido entre os turnos 38 e 40, conforme Quadro 11.

**Quadro 11 – Episódio 3: Quarto momento (T38 a T40)**

Turno	Transcrição das falas	Propósito epistêmico	Tipo de pergunta	Indicadores de AC
38	P: Agora que todos compartilharam suas ideias, vamos colocar no quadro os desenhos de cada grupo?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
39	P: Teve um dos grupos que apresentou duas possibilidades de objeto não foi? Coloca as duas no quadro.	Qualificar		
40	A12: (Desenha as duas opções em formato triangular) Por que a gente pensou que era triângulo (se referindo ao formato)? Porque nós colocou peso aqui (mostra um ponto no desenho da tábua) e aqui (mostra outro ponto). Aí essa parte desceu (inclinou). E depois colocou aqui e aqui (mostra pontos do lado oposto). Essa parte não desceu (inclinou). Por isso.			Justificativa Explicação Organização de informações Raciocínio lógico

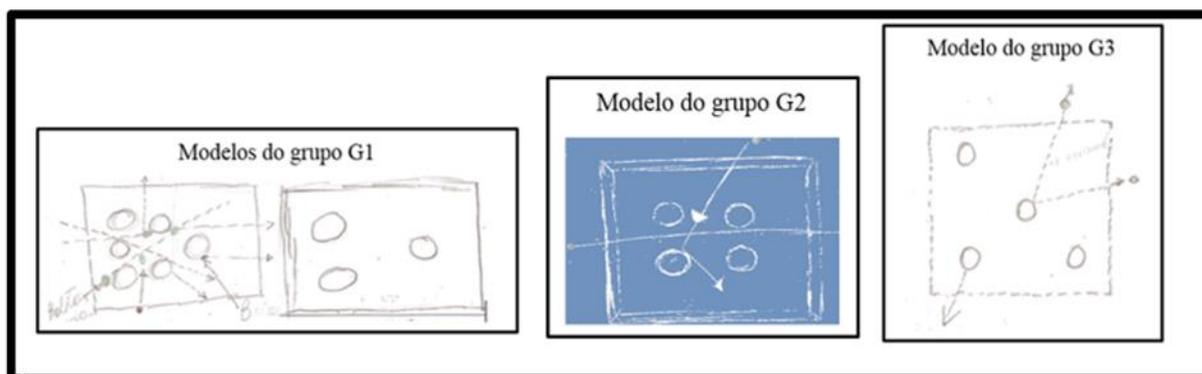
Fonte: elaborado pela autora

A professora inicia o diálogo solicitando que os grupos desenhem no quadro branco os objetos identificados por eles (T38). A seguir, sugere começar pelo grupo G1: “Teve um dos grupos que apresentou duas possibilidades de objeto não foi? Coloca as duas no quadro” (T39). Ao dizer que o grupo optou por duas possibilidades e pedir que as mostrassem aos demais, a professora se utiliza do Propósito Epistêmico Qualificar. O estudante A12, desenha os objetos e diz no turno 40: “Por que a gente pensou que era triângulo (se referindo ao formato) [...]?” Com essa pergunta, que na verdade é o anúncio de que faria uma Explicação, ele chama a atenção dos colegas e explica: “Porque nós colocou peso aqui (mostra um ponto no desenho da tábua) e aqui (mostra outro ponto). Aí essa parte desceu (inclinou). E depois colocou aqui e aqui (mostra pontos do lado oposto). Essa parte não desceu (inclinou). Por isso.”

Podemos observar que A12, além de fazer os desenhos no quadro, argumenta sobre o formato que deram para o objeto, trazendo em sua fala os indicadores de AC: Justificativa, quando justifica o motivo de acreditarem ter o objeto formato triangular; Explicação, quando explica o teste de hipótese que fizeram, colocando pesos em diferentes pontos da tábua; Organização de informações, quando mostra os resultados das ações, dizendo que ora a tábua descia (inclinava), ora não descia (não inclinava); Raciocínio lógico, quando conclui utilizando a expressão “Por isso”, pois o modo como organizou o pensamento o ajudou a concluir o formato triangular do objeto.

Após esse momento, a professora propõe que cada grupo faça seu desenho no quadro. A Figura 10, a seguir, mostra o modelo do objeto que cada grupo apresentou.

**Figura 10 – Modelos do objeto apresentados pelos grupos**



Fonte: arquivo pessoal da autora

A professora prossegue as discussões e faz o desenho do objeto no quadro, mostrando aos estudantes o real formato, as dimensões, do que era feito. Nos turnos de falas que se seguiram, de 41 e 50, a participação dos estudantes se limitou a frases curtas sobre o objeto, enquanto a professora desenhava, tais como: “Parece que tem uma bola no meio” (A12), “Mas no meio as bolitas passavam” (A15), “Esse aí era o formato de verdade?” (A4). Até este momento, as diferenças entre os modelos dos grupos não foram exploradas.

No momento seguinte, que chamamos de quinto momento do episódio 3, compreendido entre os turnos 51 a 74, tem-se um diálogo com algumas argumentações pelos estudantes sobre as conclusões apresentadas pela professora, conforme pode ser observado no Quadro 12. Em seguida, faremos a explicação das escolhas dos indicadores de AC, listados no quadro.

**Quadro 12 – Episódio3: Quinto momento (T51 a T74)**

Turno	Transcrição das falas	Propósito epistêmico	Tipo de pergunta	Indicadores de AC
51	P: Viram aqui? (Mostra o desenho). Tem um suporte para que elas (as bolas de borracha) fiquem rentes à tábua e sem saírem do lugar. Viu aqui, A15?	Sintetizar Retomar	Pergunta de sistematização	
52	A15: Eu falei que tinha alguma coisa prendendo elas. Eu falei que elas não tava soltas.			Explicação
53	P: A bola do centro é maior que as outras três. (Pega um dos objetos do experimento e mostra). Olha aqui ele (mostra um dos objetos utilizados na experimentação).	Sintetizar Explorar		
54	A17: Ah, por isso que as bolitas passavam direto (pega no objeto apontando os espaços vazios). (Outros alunos se aproximam e também pegam no objeto para observar)			Explicação
55	A1: Aneim (em tom de lamento), nós tinha feito desse jeito (apontando para			

	o desenho do grupo no quadro), aí a gente mudou.			
56	P: Sério? Nesse formato?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
57	A1: Foi.			
58	P: Pessoal, qual o grupo que vocês acham que aproximou mais?	Explorar	Pergunta de sistematização	
59	A13: O nosso tem quatro bolas de borracha.			Justificativa
60	A7: O nosso também tem.			Justificativa
61	A17: Mas, e o formato? O nosso não é triangular.			Explicação
62	A7: é o do grupo três.			
63	A17: Professora se você observar (aponta o desenho do grupo G3) se pegar essa bola de baixo e por mais pra cá (aponta no desenho) vai ficar igualzinho. É o deles mesmo (se refere ao desenho do grupo G3).			Organização de informações Explicação
64	P: Assim? (Desenha a mudança sugerida pela aluna).	Sintetizar		
65	A17: É.			
66	P: Todos concordam com a colega?			
67	Todos: sim.			
68	P: E eles tinham feito assim, depois mudaram. Era o formato do objeto, com a diferença que a bola do centro é maior que as outras. E os outros desenhos? O que faltou?	Sintetizar Problematizar	Pergunta de problematização	
69	A13: No nosso faltou a bola do meio.			Explicação
70	P: E ela era perceptível?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
71	A2: Era. As bolitas batiam mais era nela.			Justificativa
72	A15: Eu não concordo. No nosso caso, no meio era o que mais passava (se referindo à passagem das bolitas sem desviarem de direção quando lançadas debaixo da tábua). Por isso a gente nem colocou bola no meio.			Explicação Justificativa
73	A7: Professora, o grupo dois foi o único que falou do negócio que prendia as bolas.			Explicação
74	A3: Nós também colocamos umas hastes, mas na hora de responder na folha não colocamos.			Explicação

Fonte: elaborado pela autora

O episódio começa com a professora sintetizando as características reais do objeto investigado, com o objetivo de Retomar a hipótese levantada por A15, na etapa da manipulação dos materiais. Ela faz uma Pergunta de sistematização para a estudante, após

sintetizar as informações sobre o objeto: “Viram aqui? (Mostra o desenho do objeto real que fizera no quadro). Tem um suporte para que elas (as bolas de borracha) fiquem rentes à tábua e sem saírem do lugar. Viu aqui, A15?” (T51). A pergunta direcionada levou a estudante à seguinte Explicação: “Eu falei que tinha alguma coisa prendendo elas. Eu falei que elas não tava soltas” (T52).

No turno 53, a professora continua utilizando o Propósito Epistêmico Sintetizar, organizando as informações sobre o objeto e, ao mesmo tempo, procurando Explorar a argumentação dos estudantes. Ela mostra o objeto utilizado no experimento para eles e permite que o manuseiem. Aqui entendemos o Propósito Epistêmico Sintetizar como uma maneira de dar continuidade ao processo de investigação e não de concluí-lo.

Em resposta à ação da professora, A17, no turno 54, faz uma breve Explicação, quando diz: “Ah, por isso que as bolitas passavam direto (pega no objeto apontando os espaços vazios)”.

No turno 55, A1, diante da síntese apresentada pela professora no turno 53, toma consciência das ações do grupo; “Aneim (em tom de lamento), nós tinha feito desse jeito (apontando para o desenho do grupo no quadro), aí a gente mudou”. É possível observar que a estudante lamentava ter mudado de ideia, pois o primeiro desenho estava mais próximo do real. Carvalho (2013) destaca a importância da conscientização das ações, pois contribuirá para o processo de aprendizagem. Aqui a professora poderia ter aproveitado para perguntar o motivo de mudarem a explicação, mas não o fez. Perdeu a oportunidade de argumentação.

No turno 58, a professora procura Explorar a argumentação por meio de uma Pergunta de sistematização, “Pessoal, qual o grupo que vocês acham que aproximou mais?”, que pretendia instigar os estudantes a compararem os desenhos feitos pelos grupos com o objeto real, a fim de identificar o que mais se aproximou do formato correto. A13 apresenta a Justificativa que acertaram o número de bolas do objeto (T59), o que é corroborado por A7, no turno 60. Porém A17, do mesmo grupo de A13 (G2), questiona o colega: “Mas, e o formato? O nosso não é triangular” (T61). Ela considera que o grupo acertou o número de bolas, mas se utiliza do indicador de AC Explicação para dizer que erraram o formato do objeto porque não disseram ser triangular. E complementa suas argumentações no turno 63, por meio dos indicadores de AC (Organização de informações e Explicação), considerando que o grupo G3 foi quem apresentou uma resposta mais próxima do objeto real. Ela diz: “Professora se você observar (aponta o desenho do grupo três) se pegar essa bola de baixo e por mais pra cá (aponta no desenho) vai ficar igualzinho. É o deles mesmo”. Diante da fala da estudante, a professora sintetiza a informação fazendo as alterações sugeridas. O desenho fica no formato do objeto real, o que é concordado por todos no turno 67.

Após Sintetizar sobre o objeto, a professora continua a investigação por meio de uma Pergunta de problematização, proferida no final do turno 68: “[...] E os outros desenhos? O que faltou?”. Mais uma vez, o objetivo era que os estudantes observassem os desenhos e identificassem as diferenças em relação ao objeto real. Isso provocaria uma tomada de consciência das ações e a identificação dessas diferenças.

O estudante A13, do grupo G2, foi o primeiro a se manifestar, e o faz na fala que aparece no turno 69 por meio de uma Explicação: “No nosso faltou a bola do meio”. Ele estava querendo dizer que, pelo menos em um ponto, o desenho se assemelhava ao real. A professora explora essa explicação fazendo uma Pergunta exploratória sobre o processo: “E ela era perceptível?” (T70). Uma estudante do grupo G3 (A2) interfere justificando que as bolas de gude sempre batiam nela. A estudante A15, também do grupo G2, discorda da colega no turno 72, explicando que nas experimentações que fizeram as bolas de gude atravessavam livremente pelo meio e justifica que por isso não colocaram nenhum objeto nessa região. Foram momentos importantes para o processo de argumentação dos estudantes.

Ainda sobre a problematização provocada pela professora sobre o que faltou nos desenhos dos grupos, a fala de A3 (T74), do grupo G3, traz o indicador de AC Explicação, quando aponta a mudança de ideia de seu grupo no momento da atividade escrita. Ele diz: “Nós também colocamos umas hastes, mas na hora de responder na folha não colocamos”. Mais uma indicação de que eles não conseguem expressar todas as ideias por escrito. As falas escritas são sempre mais sucintas e incompletas que as discussões. Seria importante se a professora tivesse perguntado porque eles consideraram que eram hastes, mas ela não prosseguiu com a discussão.

O último momento da sistematização pelos grupos, ocorrida no episódio 3, pode ser visualizado no Quadro 13, a seguir, compreendendo os turnos de 75 até 88. Chamamos de sexto momento do episódio. A professora inicia o diálogo perguntando a opinião dos estudantes sobre o que acharam da atividade, em seguida faz as considerações finais.

**Quadro 13 – Episódio 3: Sexto momento (T75 a T88)**

Turno	Transcrição das falas	Propósito epistêmico	Tipo de pergunta	Indicadores de AC
75	P: Pessoal, escuta aqui. E o que vocês acharam de fazer essa atividade?	Explorar	Pergunta exploratória sobre o processo	
76	A4: Foi muito bom.			
77	A7: Eu gostei.			
78	P: Deu pra ter uma ideia de como os cientistas faziam? Não saber o que tem em determinado lugar, mas tentar identificar, procurar respostas. Foi assim	Sintetizar Explorar	Pergunta de sistematização	

	na formulação dos modelos atômicos. Dificil isso?			
79	A1: Nossa eles ficavam tentando, tentando, tentando... (em tom de admiração);			
80	A4: Esses cientistas não tinham vida não? Estudam o tempo todo pra chegar nas conclusões? (Risos).			
81	A2: Às vezes nem conseguem chegar a uma conclusão exata, já passam para outra.			
82	P: Isso que vocês fizeram aqui (mostra os desenhos) é semelhante ao experimento da caixa mágica. Lembram? (Fazendo alusão à aula anterior). É um modelo, porque vocês também não estavam vendo como funcionava dentro da caixa.	Retomar Sintetizar Qualificar		
83	A7: Professora, os desenhos aí a senhora viu? Parece que estão na ordem. O primeiro tá bem vago; o segundo, vai aproximando e o terceiro tá mais próximo do real.			Classificação de informações
84	P: Você tá dizendo que parece que vocês combinaram, né. Os desenhos do objeto foram seguindo uma ordem de aproximação do objeto real? É isso?	Qualificar Sintetizar	Pergunta de sistematização	
85	A7: É.			
86	P: Gente, mais alguma observação?	Explorar		
87	Alguns: Não.			
88	P: Então, no próximo encontro, nós iremos contextualizar esta atividade que vocês fizeram, estudando mais um dos modelos atômicos. Ok? Palmas pra vocês. Por hoje é só.			

Fonte: elaborado pela autora

A professora inicia o momento com uma Pergunta exploratória sobre o processo com o objetivo de Explorar a opinião dos estudantes sobre a atividade desenvolvida no encontro. Após ouvir dois estudantes (A4 e A7), valendo-se dos Propósitos Epistêmicos Sintetizar e Retomar, a professora, no turno 78, procura aplicar as ações realizadas pelos estudantes na atividade investigativa em outro contexto, mostrando que a atividade reflete a maneira que os cientistas desenvolviam suas pesquisas e que os modelos atômicos foram concebidos por meio da experimentação, sendo realizadas inferências baseadas nos dados que tinham em mãos na época.

A professora continuou a sistematização, retomando sobre uma atividade desenvolvida na aula anterior sobre modelagem científica. Ela sintetiza e qualifica os desenhos produzidos pelos estudantes naquela aula, quando diz: “[...] É um modelo, porque vocês também não

estavam vendo como funcionava dentro da caixa ” (T82). Essa fala incentiva A7 a expôr sua percepção sobre os modelos do objeto oculto elaborados pelos grupos que estavam desenhados no quadro: “Professora, os desenhos aí a senhora viu? Parece que estão na ordem. O primeiro tá bem vago; o segundo, vai aproximando e o terceiro tá mais próximo do real” (T83). Em sua fala, ela classifica as informações para concluir que houve uma certa ordem nos desenhos produzidos pelos grupos, pois o desenho do grupo G1 apresentou uma pequena semelhança, o do G2 aproximou mais um pouco e o do G3 ficou o mais próximo do objeto real. A estudante chegou a essa conclusão depois de fazer comparações entre os desenhos. A professora, então, utiliza os Propósitos Epistêmicos Qualificar e Sintetizar para reforçar as observações da estudante e tenta instigá-la a prosseguir com sua argumentação, dizendo: “Você tá dizendo que parece que vocês combinaram, né. Os desenhos do objeto foram seguindo uma ordem de aproximação do objeto real? É isso?” (T84). Porém, não houve mais inferências sobre o assunto, apenas a confirmação de A7 no turno 85.

O episódio se encerra com a fala da professora no turno 88, quando ela explica que a etapa de contextualização da atividade investigativa realizada acontecerá no próximo encontro, quando será trabalhado outro modelo atômico, no caso, o modelo de Ernest Rutherford.

Nesta seção foram analisados seis momentos do episódio 3. Observamos que os cinco Propósitos Epistêmicos foram utilizados pela professora em suas falas. O propósito Explorar com dezesseis ocorrências; Sintetizar, com seis; Qualificar com cinco; Retomar, com duas; Problematizar com apenas uma ocorrência. Por ser um momento destinado à sistematização das ideias, os propósitos Explorar e Sintetizar foram os mais recorrentes.

Quanto aos tipos de pergunta utilizados pela professora, três dos quatro tipos apareceram: Pergunta exploratória sobre o processo teve onze ocorrências; Pergunta de problematização teve uma ocorrência; e Pergunta de sistematização teve quatro ocorrências. Novamente as perguntas voltadas para a exploração de ideias, para que os estudantes argumentassem sobre suas conclusões, foram as mais recorrentes.

Sobre os indicadores de AC identificados nas falas dos estudantes, foram observados sete dos dez indicadores : Organização de informações, com duas ocorrências; Classificação de informações com uma ocorrência; Levantamento de hipótese, com duas ; Justificativa, com quinze; Explicação, com dezoito; Previsão, com uma; Raciocínio lógico com quatro ocorrências. Os indicadores mais recorrentes foram exatamente os que se relacionam com as variáveis e com a construção das conclusões, Justificativa e Explicação.

#### 5.4 Algumas considerações sobre os resultados

Em nossa análise, identificamos e classificamos as perguntas feitas pela professora e os Propósitos Epistêmicos que utiliza, ambos os aspectos considerados durante atividades de investigação. Observamos que em muitas das ocorrências, os processos de interações discursivas foram fomentadas e os estudantes evidenciaram em suas argumentações alguns indicadores de AC.

Outro aspecto que observamos foi que alguns Propósitos Epistêmicos suscitarão determinados tipos de indicadores de AC com maior frequência do que outros. Por exemplo, o Propósito Explorar, o mais utilizado pela professora, favoreceu o processo de argumentação, levando os estudantes a evidenciarem nas suas falas os indicadores Explicação, Justificativa, Organização de informações, Levantamento de hipótese e Previsão. Porém, podemos inferir que as maiores ocorrências são os três primeiros, principalmente, Explicação.

De fato, ao Explorar, o professor procura levar os estudantes à compreensão da situação que está sendo investigada. Uma vez engajado na interação e motivado a dar respostas ao problema, o estudante tentará explicar os fatos, conclusões e ideias.

Concluimos que a utilização dos Propósitos Epistêmicos e dos questionamentos da professora, durante a implementação da SEI, aguçaram a curiosidade dos estudantes e favoreceram o desenvolvimento da capacidade de analisar variáveis, organizar dados e informações, questionar, tirar conclusões sem se intimidar com medo de cometer erros, discordar de ideias, habilidades estas que evidenciam a ocorrência da AC.

Assim, voltando à nossa pergunta inicial, “Como atitudes do professor durante o desenvolvimento de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre a evolução dos modelos atômicos fomentam a argumentação de estudantes de ensino médio, com o objetivo de promover a Alfabetização Científica (AC)?”, verificamos que tanto as perguntas feitas pela professora (Pergunta de problematização, exploratória sobre o processo, de síntese e sobre dados), quanto os Propósitos Epistêmicos utilizados (Retomar, Qualificar, Sintetizar, Explorar e Problematizar) foram capazes de inserir os estudantes em situações argumentativas e de fomentar o processo de AC, apesar de em algumas situações, a professora não ter aproveitado as falas dos estudantes para instigar melhor as argumentações destes sobre o problema investigado.

É um desafio, para uma professora que sempre trabalhou de forma tradicional, implementar novas metodologias em sala de aula. E o ensino por investigação exige muita atenção, tempo e prática.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao desenvolver esta pesquisa, procuramos identificar como algumas atitudes do professor em sala de aula podem fomentar o processo argumentativo dos estudantes visando a AC, durante a aplicação de uma SEI sobre a evolução dos modelos atômicos.

Entendemos que o papel do professor no ensino de Física vai muito além de ser mero transmissor de conhecimentos. Assim, procuramos identificar como o professor, personagem crucial no desenvolvimento de atividades investigativas, se utiliza das perguntas e dos Propósitos Epistêmicos, definidos por Ferraz (2015), para a promoção da argumentação, com vistas a estimular a ocorrência de situações argumentativas.

Cabe ao professor atentar para alguns fatores importantes que norteiam o processo de ensino-aprendizagem, tais como: buscar metodologias que despertem nos estudantes o desejo de procurar o conhecimento; planejar atividades que fomentem a interação entre os estudantes, pois estas contribuem para o processo de argumentação e construção dos saberes; ter total conhecimento dos pressupostos que norteiam tais metodologias; ter domínio dos conhecimentos científicos que irá abordar e ter claro os objetivos que deseja alcançar.

Sabemos não ser possível uma generalização de conclusões, uma vez que a proposta foi pensada para a realidade de uma turma específica e que muitos fatores podem influenciar a prática pedagógica de um professor em sala de aula, como condições de trabalho, carga horária, logística do espaço e do tempo. Porém, ao longo da implementação da SEI foi possível proporcionar um ambiente de interações, de troca de ideias, de pesquisa em busca de respostas, de explicações, de levantamento de hipóteses, de respeito às ideias uns dos outros, de atitudes coerentes com os pressupostos do ensino por investigação e da AC.

O ensino por investigação é um desafio. Não é tarefa fácil para um professor abandonar as tendências do ensino por transmissão de conhecimentos enraizados em sua prática. Mesmo depois de muito estudo, pesquisa de referenciais adequados, contato com propostas inovadoras mediadas pela investigação e muita dedicação, às vezes nos deparamos com situações de sala de aula em que poderíamos adotar uma postura questionadora e não o fazemos. Adotar o ensino por investigação como proposta pedagógica exige do professor uma postura de mediador, de orientador, de arguidor e de incentivador, na busca pela participação dos estudantes como personagens centrais no processo.

Conforme análises dos dados discutidas neste trabalho, muitos foram os momentos em que a professora deixou de questionar, intervir, provocar, mediar situações que poderiam inserir os estudantes em situações de argumentação e construção do conhecimento. Outras situações,

porém, permitiram-nos identificar as atitudes tomadas pela professora para fomentar a argumentação, pois várias foram as ocorrências dos Propósitos Epistêmicos adotados por ela, que provocaram o surgimento de argumentações pelos estudantes. Sabemos também que fatores como as sequências das aulas, os textos, os recursos audiovisuais, as atividades de sistematização e, principalmente, as atividades investigativas, criaram condições para um ambiente encorajador e propício para a ocorrência das interações discursivas e as consequentes argumentações. Estas interações aconteceram mediadas pelas atitudes da professora e pela dinâmica do ensino por investigação. Dinâmica esta que inclui as interações sociais entre os estudantes. A presença dos indicadores de AC nos argumentos de muitos estudantes corroboram estas afirmações.

Salientamos que algumas dificuldades surgiram durante o desenvolvimento da pesquisa. Por exemplo, a quantidade de aulas planejadas exigiu que buscássemos parcerias com outros professores para nos cederem algumas aulas e, também, que ministrássemos algumas aulas no contraturno. Isso porque a disciplina de Física na escola tinha carga horária de três horas/aulas semanais. Além disso, as vinte aulas planejadas tornaram inviável explorar o processo de construção de todos os conhecimentos relacionados aos modelos atômicos. A ideia do quantum é um deles. Seria necessário trabalhar também a radiação do corpo negro e o pouco tempo para o desenvolvimento da sequência impossibilitava acrescentar mais aulas. Outra dificuldade foi a aplicação do produto educacional (a SEI) no final do ano letivo, período em que acontecem muitas avaliações. Uma sugestão para professores que queiram utilizar essa proposta é que façam as adaptações necessárias e não a desenvolvam no final do ano.

Ressaltamos que utilizar os descritores de AC como categorias para classificar as falas durante a SEI foi algo trabalhoso, porque nem sempre eles são bem definidos. Algumas discordâncias podem surgir por não serem categorias completamente precisas e bem delimitadas. No entanto, consideramos pertinente utilizar os descritores como categorias porque são ferramentas capazes de averiguar o processo de AC, mesmo que isso suscite algumas dificuldades.

Outra dificuldade foi o fato de o ensino por investigação ser algo novo para os estudantes, que se mostraram ansiosos por respostas. Acreditamos que isso possa ter limitado a argumentação, pois se mostraram desconfortáveis em ter que buscar respostas por si, ao invés de recebê-las prontas.

As atividades investigativas desenvolvidas permitiram aos estudantes vivenciar aspectos do fazer científico. Eles levantaram hipótese, testaram, consideraram variáveis, emitiram conclusões, organizaram ações, relataram suas ideias, compartilharam informações

entre si, respeitaram ideias contrárias, identificaram erros, reavaliaram conclusões, ou seja, desenvolveram habilidades típicas do processo de AC. Além disso, manifestaram interesse pelas atividades, participando ativamente do que foi proposto na SEI. Muitos deles chegaram a dizer que aprender Física de forma “diferente” foi proveitoso e enriquecedor.

A partir dessas constatações, podemos afirmar que o ensino de Física com atividades investigativas se mostrou atraente aos estudantes e que as atitudes tomadas pela professora, durante as investigações, contribuíram para o seu processo de argumentação, deixando evidências de que a AC entrou em processo.

Diante disso, nosso desejo é que tais propostas sejam conhecidas por demais professores de Ciências, talvez em seminários, formações continuadas, pois são possibilidades de renovação nas práticas pedagógicas para o ensino e muitos desconhecem tais possibilidades. Juntamente com essas propostas, esperamos que o produto educacional elaborado e implementado em sala de aula, descrito nessa dissertação, auxilie professores em sua prática e contribua para a melhoria do ensino de Física na educação básica.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira, 2004. p. 19-33.

BARRELO JR, N. **Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática da Física moderna**. 2010. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BLAZUS, M. O. **Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: interfaces de uma proposta didática para Mecânica Quântica**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2015.

BORGES, M. D. **Física moderna e contemporânea no ensino médio: uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita**. 2005. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, v.134, n. 248, 23 dez. 1996. Seção 1, p. 27834-27841. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm)>. Acesso em 27 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **Orientações Curriculares para o ensino médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2006. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book\\_volume\\_02\\_internet.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2017.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Básica. **Formação de professores do ensino médio: Caderno III - Ciências da Natureza**. Curitiba: UFPR/SEB, 2014.

\_\_\_\_\_. Lei nº 13.415 de 16 de fevereiro de 2017. Altera as Leis nos 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, DF, Parte 1, n. 35, 17 fev. 2017. Sessão 1, p. 1677-7042. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm#art4](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13415.htm#art4)>. Acesso em: 13 abr. 2017.

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do ensino médio.** 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o Diverso na Educação.** Uberlândia: EDUFU, 2011a. cap. 18, p. 253-266.

\_\_\_\_\_. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS, F. M. T.; GRECA, I. M. (Orgs.) **A pesquisa em ensino de Ciências no Brasil e suas metodologias.** 2.ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2011b, p. 13-47.

\_\_\_\_\_. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; PÉREZ, D. G. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações.** 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CHASSOT, A. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação,** Rio de Janeiro, n. 22, p. 89-100, jan./fev./mar./abr. 2003.

DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 34, n. 2, p. 2502.1-2502.7, abr./jun. 2012.

FERRAZ, A. T. **Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas de Física.** 2015. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

FRANÇA, A. C. G.; MARCONDES, M. E. R.; CARMO, M. P. do. Estrutura atômica e formação de íons: uma análise das ideias dos alunos do 3º ano do ensino médio. **Revista Química Nova na Escola,** São Paulo, v. 31, n. 4, p. 275-282, nov. 2009.

GOIÁS. Secretaria de Educação. **Currículo Referência da Rede Estadual de Educação de Goiás.** Goiás: SEE, 2012.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. Teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do ensino médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física,** São Paulo, v. 29, n.4, p. 575-583, dez. 2007.

GURGEL, I.; PIETROCOLA, M. O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** Florianópolis, v. 28, n. 1, p. 91-122, abr. 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. [Página inicial], 2017 Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/amorinopolis/panorama>>. Acesso em: 05 out. 2017.

KIKUCHI, L. A.; ORTIZ, A. J.; BATISTA, I. L. Ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: uma análise do que se tem discutido a respeito do assunto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IX, 2013, Águas de Lindóia. **Atas...** Águas de Lindóia: ABRAPEC, 2013. p. 1-9.

KRASILCHIK, M. **O professor e o Currículo de Ciências**. São Paulo: EDUSP, 1987. Cap. 1, p. 5-25.

LOCH, J.; GARCIA, N. M. D. Física Moderna e Contemporânea na sala de aula do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII, 2009, Florianópolis, **Atas...** Florianópolis: ABRAPEC, 2009. p. 1-12.

LUCKESI, C. C. Prática escolar: do erro como fonte de castigo ao erro como fonte de virtude. In: \_\_\_\_\_. **A construção do projeto de ensino e a avaliação**. São Paulo: FDE, 1990. (Série Ideias, n. 9).

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Avaliação do Ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, IV, 2003, Bauru, **Painéis...** Bauru: ABRAPEC, 2003. p. 15.

\_\_\_\_\_. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 6, n.1, p. 90-116, set./dez., 2007.

MACHADO, V. F. **A importância da pergunta na promoção da Alfabetização Científica dos alunos em aulas investigativas de Física**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

MARSULO, M. A. G.; SILVA, R. M. G. Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 4, n.3, 2005. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART3\\_Vol4\\_N3.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART3_Vol4_N3.pdf)>. Acesso em: 10 out. 2017.

NASCIMENTO, F.; FERNANDES, H.L. e MENDONÇA, V.M. O ensino de ciências no Brasil: história, formação de professores e desafios atuais. **Revista História, Sociedade e Educação no Brasil**, Campinas, n. 39, p. 225-249, set. 2010.

OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M. GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 447-454, 1 mar. 2007.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, mar. 2000.

SALES, G. L. ; et al. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 3501.1-3501.13, mar. 2008.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v.13, n. 3, p. 333-352, dez. 2008.

\_\_\_\_\_. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59-77, mar. 2011a.

\_\_\_\_\_. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e o padrão de Toulmin”. **Ciência & Educação**, v.17, n.1, p. 97-114, mar. 2011b.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 624, dez. 2011.

SILVA, A. F. G.; ANDRADE JÚNIOR, J. A.; NOBRE, F. A. S. Ensino de física moderna: um estudo de caso com ensino público e privado. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 7, n.1, p. 1-10, maio 2012.

SILVA, G. S. **A abordagem do modelo atômico de Bohr através de atividades experimentais e de modelagem**. 2013. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

SILVA, J. R. N.; ARENGHI, L. E. B.; LINO, A. Porque inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **R. B. E. C. T.**, Curitiba, v. 6, n. 1, Jan. /Abr. 2013.

SOUZA, M. A. M.; DANTAS, J. D. Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 27, n.1, p. 136-158, abr. 2010.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários: elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, n. 13, p. 5-24, Jan./Fev./Mar./Abr. 2000.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p.209-214, Florianópolis, dez. 1992.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação**. 1. ed., 18. reimp. São Paulo: Atlas, 2009.

TRÓPIA, G. Percursos históricos de ensinar ciências através de atividades investigativas. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.13, n.1, p.121-138, jan./abr. 2011.

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago. 1998.

VALENTE, L. **A física moderna e contemporânea no ensino médio: caminhos para a sala de aula**. 2009. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67 – 80, set./dez. 2011.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Termo de consentimento (diretora)

 <p style="margin: 0;"><b>INSTITUTO FEDERAL</b> <b>GOIÁS</b> Câmpus Jataí</p>	<p style="margin: 0;"><b>INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS</b> Comitê de Ética em Pesquisa – CEP Campus Jataí- Rua Riachuelo, 2090 Bairro Samuel Graham Cep 75804-020, Jataí-GO. (064) 3632 8600</p>
<b>TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE ESCLARECIMENTO</b>	

O Colégio Estadual Professora Analícia Cecília Barbosa da Silva está sendo convidado para participar, com uma de suas turmas do ensino médio (3ª série A), como voluntário de uma pesquisa. Meu nome é **ELISMAR GONÇALVES DA SILVA**, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é ensino de FÍSICA.

Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, como diretora da unidade de ensino convidada, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é da pesquisadora responsável. Em caso de recusa, não haverá nenhuma forma de prejuízo.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável **ELISMAR GONÇALVES DA SILVA** nos telefones: (064) 98448-9663 e (064) 3677-1149 (e-mail: elisgonsilva@yahoo.com.br).

Você também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do IFG Câmpus Jataí, nos telefones: (064) 3632 8600 Ramal 8652, em casos de dúvidas sobre os seus direitos.

### ***INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A PESQUISA***

Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa proposto no curso Mestrado Profissional em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Goiás campus Jataí cujo título é “UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS: CAMINHOS PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA”. O objetivo é desenvolver uma sequência de ensino utilizando atividades investigativas para o ensino/aprendizagem de tópicos de Física Moderna no ensino médio, especificamente sobre Modelos Atômicos. Pretendemos identificar as contribuições dessa sequência de ensino para a promoção da Alfabetização científica dos estudantes. Durante a realização da pesquisa, serão aplicados questionários, as aulas serão filmadas para posterior análise de dados e os alunos não terão prejuízo nos conteúdos escolares, pois a temática escolhida está de acordo com o currículo previsto para a turma no bimestre de aplicação. As atividades da pesquisa serão desenvolvidas em aproximadamente 10 horas/aulas de 50 minutos com início no final de outubro e encerramento em novembro do corrente ano. Caso seja necessário, haverá a possibilidade de complementação das atividades no turno noturno.

Não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela participação na pesquisa, mas a privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos será garantida. A pesquisa não traz qualquer risco.

Durante a pesquisa, a unidade escolar poderá recorrer à pesquisadora para sanar dúvidas, trocar ideias, dentre outros.

---

Pesquisadora: Elismar Gonçalves da Silva

 <p><b>INSTITUTO FEDERAL</b> <b>GOIÁS</b> Câmpus Jataí</p>	<p><b>INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS</b> Comitê de Ética em Pesquisa – CEP Campus Jataí- Rua Riachuelo, 2090 Bairro Samuel Graham CEP: 75804-020, Jataí-GO. (064) 3632 8600</p>
---	---

## **CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA TURMA DA 3ª SÉRIE A DO ENSINO MÉDIO COMO SUJEITO DA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_,  
RG/CPF \_\_\_\_\_ abaixo assinado,  
diretora do Colégio Estadual Professora Analícia Cecília Barbosa da Silva da cidade de Amarinópolis/GO, autorizo a implementação do projeto de pesquisa “UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS: CAMINHOS PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA”, na 3ª série A, do turno matutino. Fui devidamente informada e esclarecida pela pesquisadora ELISMAR GONÇALVES DA SILVA sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos e a relevância para o processo de ensino/aprendizagem. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção do acompanhamento/assistência/tratamento prestado aos sujeitos pesquisados, no caso, os alunos da 3ª série A.

Local e data: Amarinópolis – Go, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

**Carimbo da escola**

**Assinatura da diretora**

\_\_\_\_\_  
Teresinha Maria Fideles

## APÊNDICE B – Termo de consentimento (pais)

 <p><b>INSTITUTO FEDERAL</b> <b>GOIÁS</b> Câmpus Jataí</p>	<p><b>INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS</b> Comitê de Ética em Pesquisa – CEP Campus Jataí- Rua Riachuelo, 2090 Bairro Samuel Graham Cep 75804-020, Jataí-GO. (064) 3632 8600</p>
<p><b>TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE ESCLARECIMENTO</b></p>	

Seu (sua) filho (a) está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), de uma pesquisa. Meu nome é **ELISMAR GONÇALVES DA SILVA**, sou a pesquisadora responsável e minha área de atuação é ensino de FÍSICA.

Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar que seu (sua) filho (a) faça parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é da pesquisadora responsável. Em caso de recusa, seu (sua) filho (a) não será penalizado (a) de forma alguma.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com a pesquisadora responsável **ELISMAR GONÇALVES DA SILVA** nos telefones: (064) 98448-9663 e (064) 3677-1149 (e-mail: elisgonsilva@yahoo.com.br).

Você também poderá entrar em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa do IFG Câmpus Jataí, nos telefones: (064) 3632 8600 Ramal 8652, em casos de dúvidas sobre os seus direitos.

### **INFORMAÇÕES IMPORTANTES SOBRE A PESQUISA**

Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa proposto no curso Mestrado Profissional em Educação para Ciências e Matemática do Instituto Federal de Goiás campus Jataí, cujo título é “UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS: CAMINHOS PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA”. O objetivo é desenvolver uma sequência de ensino utilizando atividades investigativas para o ensino/aprendizagem de tópicos de Física Moderna no ensino médio, especificamente sobre Modelos Atômicos. Pretendemos identificar as contribuições dessa sequência de ensino para a promoção da Alfabetização Científica dos estudantes. Durante a realização da pesquisa, serão aplicados questionários, as aulas serão filmadas para posterior análise de dados e os alunos não terão prejuízo nos conteúdos escolares, pois a temática escolhida está de acordo com o currículo previsto para a turma no bimestre de aplicação. As atividades da pesquisa serão desenvolvidas em aproximadamente 10 horas/aulas de 50 minutos e, caso seja necessário, haverá a possibilidade de complementação das atividades no turno noturno.

Não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela participação na pesquisa, mas a privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa será garantida. A pesquisa não traz qualquer risco.

Durante a pesquisa, o aluno poderá recorrer ao pesquisador para sanar dúvidas, trocar ideias, solicitar ajuda em atividades, dentre outros.

---

Pesquisadora: Elismar Gonçalves da Silva

 <p><b>INSTITUTO FEDERAL</b> <b>GOIÁS</b> Câmpus Jataí</p>	<p><b>INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS</b> Comitê de Ética em Pesquisa – CEP Campus Jataí- Rua Riachuelo, 2090 Bairro Samuel Graham Cep 75804-020, Jataí-GO. (064) 3632 8600</p>
---	--

## CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DO (A) ALUNO (A) COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu, \_\_\_\_\_,  
RG/CPF \_\_\_\_\_ abaixo assinado,  
responsável pelo aluno(a) \_\_\_\_\_, da 3ª série A do Colégio Analícia Cecília, autorizo sua participação como sujeito no estudo UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO UTILIZANDO ATIVIDADES INVESTIGATIVAS: CAMINHOS PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora ELISMAR GONÇALVES DA SILVA sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da sua participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção do acompanhamento/ assistência/tratamento prestado ao sujeito pesquisado, no caso, meu/minha filho (a).

Local e data: Amarinópolis – Go, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2016.

Assinatura do responsável: \_\_\_\_\_

**APÊNDICE C – Questionário inicial****QUESTIONÁRIO DE LEVANTAMENTO INICIAL**

Aluno (a): \_\_\_\_\_ N° \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/2016

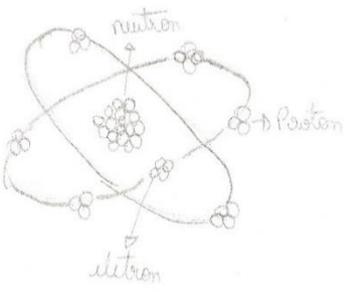
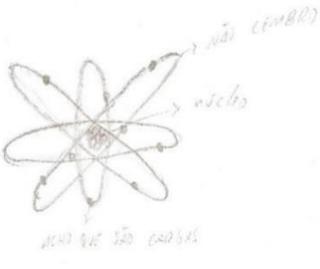
1. Para você o que é o “átomo”?

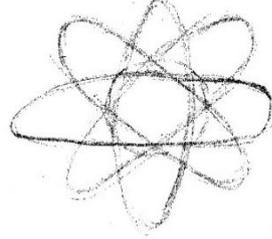
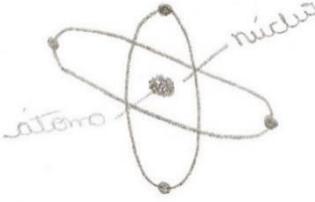
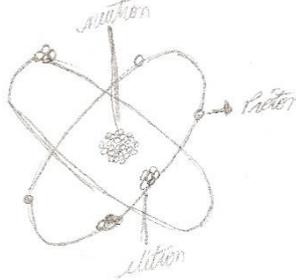
2. Represente um átomo de um elemento químico qualquer. Utilize desenhos, legendas e palavras para caracterizá-lo com o maior número de detalhes.

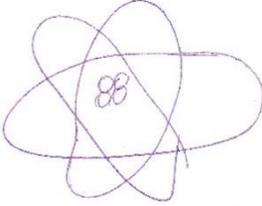
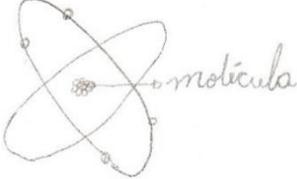
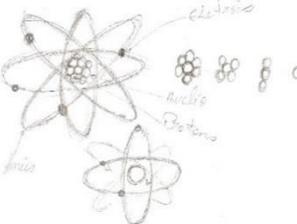
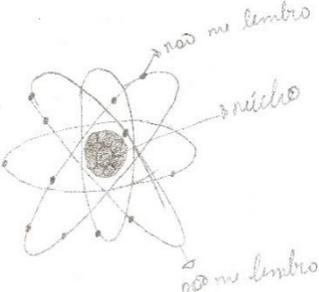
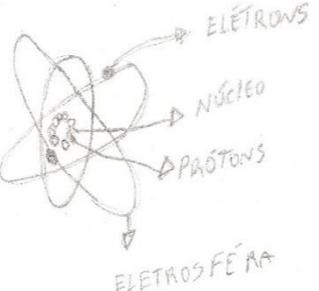
3. De acordo com suas concepções, qual é o tamanho de um “átomo”?

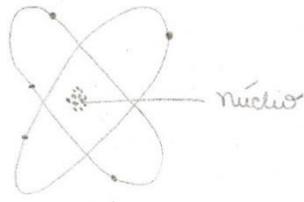
*“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas”. (Carl Sagan)*

**APÊNDICE D – Respostas dos estudantes no questionário inicial**

Aluno	O que é o “átomo”?	Represente um átomo qualquer.	Qual o tamanho de um átomo?
A1	<p><i>Um átomo é aquilo que compartilha, como o carbono que é tetravalente compartilhando 4 átomos (hidrogênio). Possuindo um núcleo, que é neutro, cargas positivas e negativas (próton e elétron).</i></p>		<p><i>O átomo não é visto a olho nu. Portanto ele é minúsculo.</i></p>
A2	<p><i>Átomo são moléculas covalentes que fazem ligações duplas e triplas com outros, como por exemplo o oxigênio, hidrogênio, nitrogênio e carbono. Além de serem pequenos.</i></p>	<p><i>Não me lembro, pois para dizer a verdade meu antigo professor de química só nos ensinava resumos. Só agora estou aprendendo coisas que não sabia.</i></p>	<p><i>Eles são pequenos, chegam a ser minúsculos.</i></p>
A3	<p><i>Átomo é uma partícula que está presente em todas as composições químicas, e da matéria.</i></p>		<p><i>É a menor partícula na composição da matéria. Portanto é microscópico, muito pequeno, não visível a olho nu. Mas em conjunto formando a matéria podemos vê-lo.</i></p>
A4	<p><i>O átomo é uma molécula dividida em partes. Ele está relacionado com a química e a física. Creio que faz parte do eletromagnetismo.</i></p>		<p><i>O tamanho de um átomo é minúsculo, não é visível a olho nu.</i></p>

			
A5	O átomo é uma molécula.		O átomo é pequeno e só pode ser visto com ajuda de microscópio.
A6	<i>(Ausente: não respondeu o questionário)</i>	<i>(Ausente: não respondeu o questionário)</i>	<i>(Ausente: não respondeu o questionário)</i>
A7	Algo relacionado a eletricidade, partículas que formam um objeto, é a menor partícula existente.		São partículas que jamais veremos a olho nu, e um microscópio para ter a possibilidade de ver tem que ser bem moderno.
A8	Átomo possui um núcleo positivo, envolto de uma carga negativa.		O átomo só pode ser visto com ajuda de um microscópio.
	Uma molécula pequena.		Pequeno.

A9			
A10	É uma molécula.		Tamanho pequeno.
A11	Átomo é a menor partícula encontrada pelo homem. O átomo é encontrado em tudo, até mesmo no espaço.		O átomo é uma minúscula partícula que só pode ser vista por aparelhos específicos e apropriados.
A12	É uma partícula e está presente em composições químicas.		O átomo é uma partícula minúscula, sendo ela não visível a olho nu. Seu tamanho exato eu não sei dizer.
A13	É a menor partícula conhecida pelo homem. São partículas compostas por elétrons, prótons, nêutrons e também núcleo e eletrosfera.		O átomo é de um tamanho imensurável se comparado com algum objeto do nosso cotidiano.

A14	<i>(Ausente: não respondeu o questionário)</i>	<i>(Ausente: não respondeu o questionário)</i>	<i>(Ausente: não respondeu o questionário)</i>
A15	<i>Uma molécula.</i>		<i>Pequeno.</i>
A16	<i>Eu não me lembro o que é átomo.</i>		<i>O tamanho de um átomo é do tamanho de uma bola.</i>
A17	<i>Átomo são as ligações entre um carbono, hidrogênio com outros, sendo ligações simples, duplas ou triplas.</i>	<i>Não me lembro como representar.</i>	<i>Pequeno.</i>

**APÊNDICE E - Atividade 1**

Aluno (a): \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

**Atividade 1 – CAIXA MÁGICA**

Na sua opinião, o que estaria acontecendo dentro da caixa que permite o movimento simultâneo dos palitos? Explique e desenhe como deverá ser o sistema (modelo) no interior da CAIXA.

---

---

---

---

---

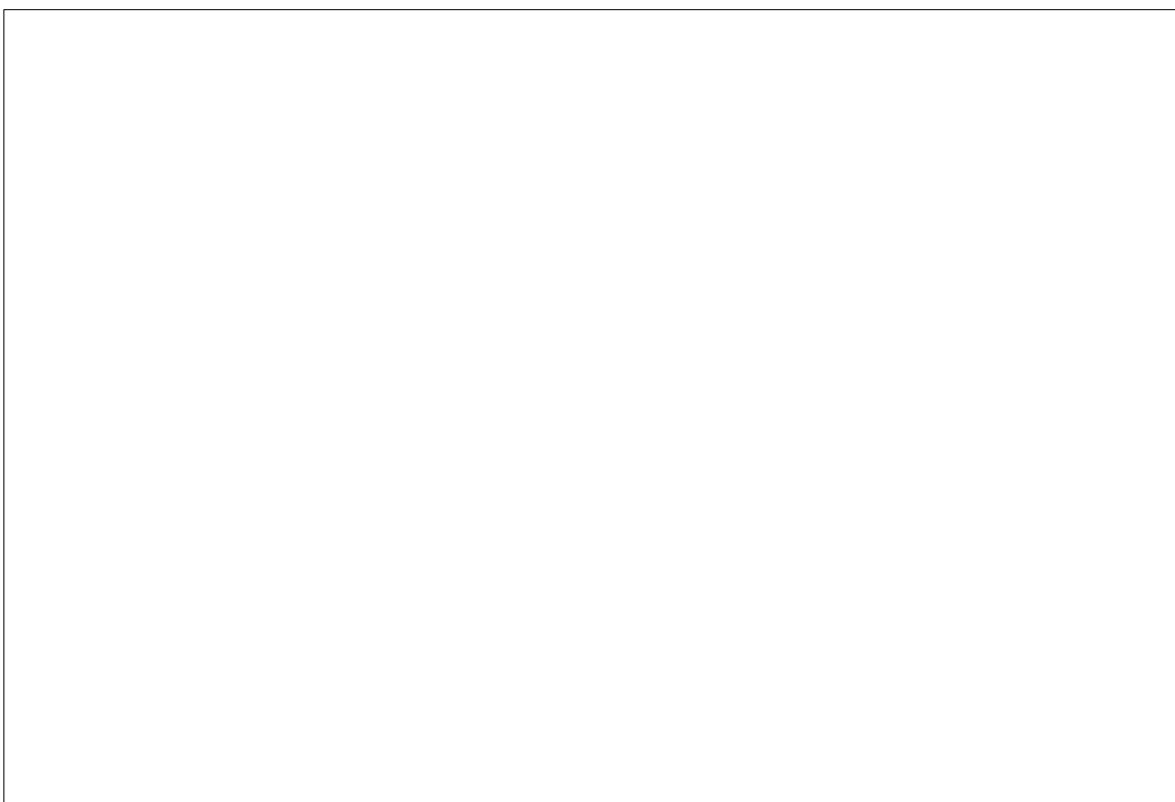
---

---

---

---

---



Obrigada pela participação!!!

## APÊNDICE F - Slides: Primeiro encontro

Slide 1

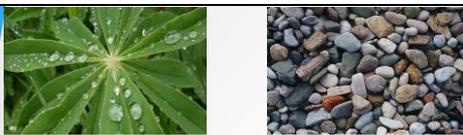
Colégio Estadual Professora Anália Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO  
Outubro de 2016

Slide 2



De que é feita a matéria?



Slide 3

As ideias de alguns filósofos gregos

**Leucipo e Demócrito**  
Século V a. C.

Influenciados por teorias antecessoras (Parmênides, Heráclito, Anaxágoras, Empédocles...) postularam:

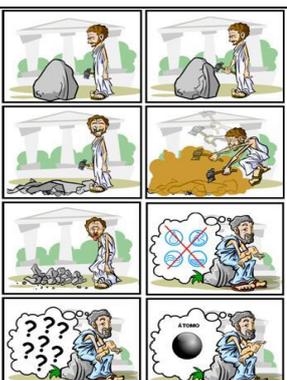
- O mundo seria formado por matéria e o vazio;
- A matéria seria formada por partículas minúsculas e indivisíveis, átomo (do grego **a-tomos**, o não divisível);
- Um átomo era imutável, mas um conjunto de átomos, arranjado de maneiras diferentes poderiam formar várias formas de matéria.



Slide 4

**PARA DEMÓCRITO**

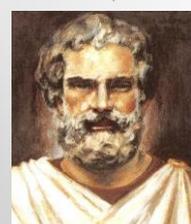
Os átomos são **indivisíveis, maciços, indestrutíveis, eternos e invisíveis**, podendo ser concebidos somente pelo **pensamento**, nunca percebidos pelos sentidos.



Slide 5

**Aristóteles rejeita o modelo de Demócrito**

**Aristóteles** (384 a.C. - 322 a.C.)



- Toda matéria seria contínua e composta por quatro elementos: **AR, ÁGUA, TERRA e FOGO**;
- A matéria poderia ser dividida indefinidamente.

Slide 6

**As ideias de Leucipo e Demócrito sobre o ÁTOMO só foram retomadas, aproximadamente, 2.200 anos depois.**

## Slide 7

**John Dalton (1766 – 1844)**



> Químico e meteorologista inglês, ;  
 > Estudou sobre a “cegueira das cores”, mal que ele mesmo sofria, conhecida hoje como **daltonismo**;  
 > Estudou diferentes reações químicas, medindo as massas dos reagentes antes e depois das reações;  
 > fez aproximadamente duzentas mil observações meteorológicas.

FONTE: [http://paintingandframe.com/uploadpic/ot-henry/bg/2-john\\_dalton\\_1766-1844.jpg](http://paintingandframe.com/uploadpic/ot-henry/bg/2-john_dalton_1766-1844.jpg)

## Slide 8

**Motivação de Dalton**

> As informações de que Lavoisier havia identificado que o ar atmosférico era composto, pelo menos, por dois gases de pesos diferentes.

**Dalton queria saber:**

> **As proporções desses gases na atmosfera;**  
 > **Se o vapor de água combinava com esses gases;**  
 > **Porque a gravidade não separava os gases de pesos diferentes, dentre outros questionamentos.** (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011)

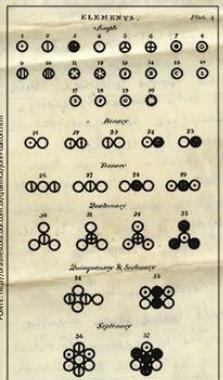
## Slide 9

**Em 1808, John Dalton propôs sua teoria atômica:**

> **Os átomos são esféricos, maciços, indivisíveis e indestrutíveis;**  
 > **Todos os átomos de um mesmo elemento são iguais em peso, forma e tamanho. Elementos químicos diferentes apresentam átomos com massas, formas e tamanhos diferentes.**  
 > **Os diferentes átomos se combinam em várias proporções, formando novos compostos;**  
 > **Uma reação química é um rearranjo de átomos. Não destroem ou criam átomos.**

## Slide 10

**Modelo da bola de bilhar**



1. Oxigênio 10. Mercúrio 19. Arsênio 28. Cálcio  
 2. Hidrogênio 11. Cobre 20. Cobalto 29. Magnésio  
 3. Nitrogênio 12. Ferro 21. Manganês 30. Bário  
 4. Carbono 13. Níquel 22. Urânio 31. Estrôncio  
 5. Enxofre 14. Látão 23. Tungstênio 32. Alumínio  
 6. Flúore 15. Chumbo 24. Tântalo 33. Silício  
 7. Ouro 16. Zinco 25. Cério 34. Iodo  
 8. Platina 17. Bismuto 26. Potássio 35. Sódio  
 9. Prata 18. Antimônio 27. Sódio 36. Zircônio

## Slide 11

**PROBLEMAS DO MODELO**

> A regra da máxima simplicidade. Segundo ela, por exemplo, a água deveria possuir a fórmula HO e a amônia NH, o que sabemos hoje que não é verdadeiro.

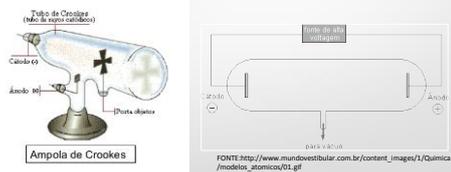
> Não contemplar a natureza elétrica da matéria ( Faraday, Ampère, Oersted).

## Slide 12

Os resultados obtidos pela Teoria Cinética dos Gases e a formulação do conceito de átomo científico, elaborado no século XIX, por Dalton, contribuíram para a aceitação da teoria atômica... (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011)

## Slide 13

No final do século XIX, a comunidade científica (Willian Crookes, Eugen Goldstein, Thomson, entre outros) estavam realizando experimentos com ampola de Crookes. Vários fenômenos foram observados.

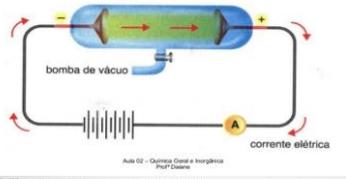


Fonte: <http://3.bp.blogspot.com/-A8z7R2c4cW/Tu1K0X54f0Q/AAAAAAAAABw/PSZ-67v0AT4n1600/images.jpg>

Fonte: [http://www.mundodestibular.com.br/content/images/1/Quimica/Modelos\\_atomicos03.gif](http://www.mundodestibular.com.br/content/images/1/Quimica/Modelos_atomicos03.gif)

## Slide 14

THOMSON  
Tubo de Raios Catódicos



Fonte: <http://img.scribdassets.com/img/original/131105050436-phapp0195/quimica-geral-auta-02-9-438.jpg?cb=1383627922>

Thomson testou tubos contendo 4 diferentes gases e utilizou 3 metais diferentes na constituição dos eletrodos chegando sempre aos mesmos valores para a relação  $e/m$ .

## Slide 15

Modelo Atômico de J. J. Thomson (1904)



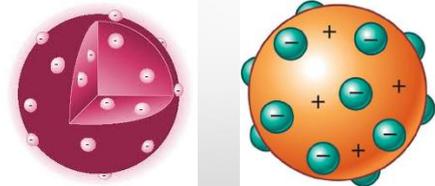
"Temos assim, em primeiro lugar, **uma esfera de eletricidade positiva uniforme** e, dentro dessa esfera, **um número de corpúsculos** dispostos em uma série de **anéis paralelos**, com o número de corpúsculos em um anel variando de anel para anel: **cada corpúsculo se move a alta velocidade** sobre a circunferência do anel no qual está situado e os anéis são dispostos de modo que aqueles que contêm **um grande número de corpúsculos estão próximos à superfície da esfera**, enquanto **aqueles em que há um número menor de corpúsculos estão mais no interior**" (THOMSON, 1904 apud PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 43).

Fonte: [https://www.if.ufrgs.br/revista142/revista/ver/noticia/thomson\\_lab.jpg](https://www.if.ufrgs.br/revista142/revista/ver/noticia/thomson_lab.jpg)

## Slide 16

ANALOGIA AO MODELO DE THOMSON

Pudim de passas



Fonte: [http://www.bru.usu.edu/image\\_gallery/uaid-8c22616-676-8814-8325-35-7184-28708?groupid=101376&=126850562203](http://www.bru.usu.edu/image_gallery/uaid-8c22616-676-8814-8325-35-7184-28708?groupid=101376&=126850562203)

Fonte: <http://br.pedagogia.uol.com.br/upload/contedo/imagens/atomo/thomson.jpg>

## Slide 17

CRÉDITOS

FOGAÇA, J. R. V. "John Dalton". *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilescola.uol.com.br/quimica/john-dalton.htm>>. Acesso em 28 de outubro de 2016.

<http://www.oversodoinverso.com.br/wp-content/uploads/2015/11/plantas1.jpg>

<http://remediosnaturais.info/wp-content/uploads/2014/03/pedraNosRins.jpg>

<https://www.emaze.com/@AOORZWIO/F%3C%8DSICA-AT%3C%94MICA---Apresenta%3C%A7%3C%A3o.pptx>

<https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/atomic-structure-and-properties/introduction-to-compounds/a/daltons-atomic-theory-version-2>

<http://data.whicdn.com/images/12132948/original.jpg>

LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o "pudim de passas" nos livros texto. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, n. 7, 2009. Anais... Florianópolis, 2009.

## Slide 18

PINHEIRO, L. A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/tapfv22\\_v6\\_pinheiro\\_costa\\_moreira.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapfv22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf). Acesso em: 28 out. 2016.

**APÊNDICE G - Atividade 2**

Aluno (a): \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

**Atividade 2**

Sobre os Modelos Atômicos de John Dalton e J. J. Thomson, responda as questões a seguir:

1 – Em que aspectos os resultados das experiências com os raios catódicos não foram explicados pelo modelo de Dalton, influenciando assim Thomson a formular um novo modelo para a estrutura atômica da matéria?

---

---

---

---

---

---

---

---

–

2 - Por que Thomson concluiu que os elétrons poderiam ser encontrados em átomos de todos os elementos?

---

---

---

---

---

---

---

---

**APÊNDICE H - Atividade 3****Atividade 3**

Componentes do grupo:

Aluno (a):	_____	n°	_____
Aluno (a):	_____	n°	_____
Aluno (a):	_____	n°	_____
Aluno (a):	_____	n°	_____
Aluno (a):	_____	n°	_____

Sobre o aparato experimental, **o que há debaixo da tábua?** Como chegaram à resposta (ações)? Por que chegaram a tal conclusão? Elabore um modelo que represente esse objeto.

---

---

---

---

---

---

---

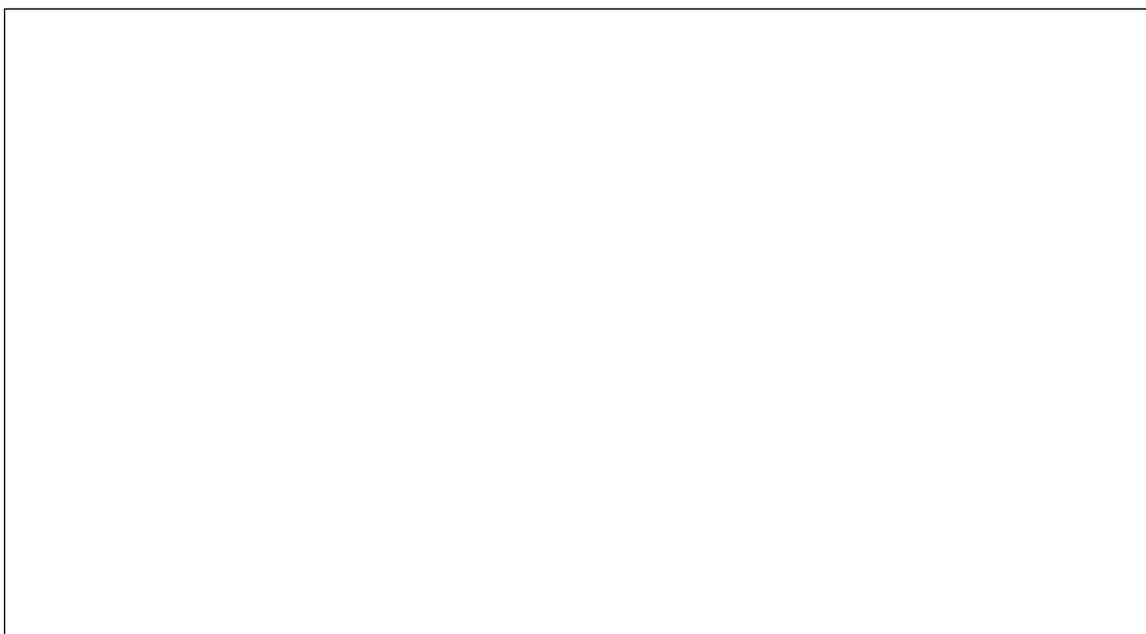
---

---

---

---

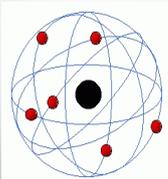
---



## APÊNDICE I - Slides: Terceiro encontro

Slide 1

O "modelo" de Ernest Rutherford



FONTE: [http://at.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_at%C3%B4mico\\_de\\_Rutherford](http://at.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico_de_Rutherford)

Slide 2

**Ernest Rutherford (1871 - 1937)**

- Rutherford estudou em escolas públicas e em 1893 graduou-se em Matemática e Ciências Físicas pela Universidade da Nova Zelândia;
- Estudou no laboratório de Cavendish, no Trinity College, em Cambridge, na Inglaterra. Era coordenado por Joseph John Thomson;
- Foi professor no Canadá em 1898 e em 1907 na Inglaterra, em Manchester;
- Recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1908 por seus trabalhos sobre radioatividade e teoria nuclear;
- Dirigiu o laboratório de Cavendish até o fim de sua vida;
- Em 1931 foi condecorado Barão Rutherford de Nelson. Morreu em 1937 após aguardar uma cirurgia que só poderia ser realizada por um médico nobre, assim como ele.



FONTE: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Ernest\\_Rutherford](http://pt.wikipedia.org/wiki/Ernest_Rutherford)

Slide 3

**Experimento de Rutherford**

Em 1909, Rutherford propõe a dois de seus alunos - Johannes Hans Wilhelm Geiger e Ernest Marsden - que bombardeassem finas folhas de metais com as partículas alfa.



FONTE: <http://www.aulaonline.com.br/quimica/le-atomo-erutherford.html>

Slide 4

O que Rutherford observou?

Slide 5

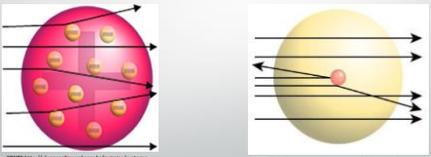
**Rutherford observou que:**

- 1 - A maioria das partículas alfa atravessam a lâmina de ouro sem sofrer desvios.
- 2 - Algumas partículas alfa sofreram desvios de até 90° ao atravessar a lâmina de ouro.
- 3 - Algumas partículas alfa **RETORNARAM**.

**Então, como explicar esse fato?**

Slide 6

Segundo o modelo de Thomson, os elétrons do metal seriam os únicos a defletirem as partículas  $\alpha$ ; além disso, como eles tinham uma massa muito menor que as partículas  $\alpha$  não poderiam provocar deflexões maiores do que as previstas no modelo de Thomson (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 51-52).



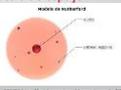
FONTE: <http://www.aulaonline.com.br/quimica/le-atomo-erutherford.html>

Slide 7

**Para explicar suas observações, Rutherford concluiu (em 1911) que:**

- 1 - Dentro do átomo havia algo muitas vezes maior que o elétron e comparável à massa da partícula alfa (positiva) - um núcleo central em que toda carga positiva estaria concentrada.
- 2 - O núcleo estaria rodeado por uma distribuição uniforme de elétrons, configuração essa que seria a responsável por manter o átomo neutro.
- 3 - O núcleo seria dez mil vezes menor que o valor estimado para o raio atômico, ou seja, a maior parte do átomo se constituía de espaço vazio.
- 4 - massa deste núcleo representava quase toda a massa do átomo.

**Surge o modelo planetário do átomo.**



FONTE: <http://mirkesventura.blogspot.com.br/2013/03/10-Modelo-planetario-do-atom.html>

## Slide 8

**Dimensão do espaço vazio - analogias**

**Segundo o modelo atômico de Rutherford, o tamanho do átomo seria 10 mil vezes maior que seu núcleo**

"Para se ter uma ideia, digamos que o núcleo do átomo fosse do tamanho de uma bola de pingue pongue e fosse colocado no centro de um estádio de futebol. O átomo então seria do tamanho do estádio inteiro" (NISENBAUM, s.d. p. 18)

"Se a circunferência média de um átomo fosse semelhante à do Maracanã, seu núcleo seria como uma ervilha, enquanto os elétrons, girando a altíssimas velocidades, seriam como grãos de poeira.

**Diffícil de visualizar? Veja outra comparação**

"Se o núcleo de um átomo tivesse as dimensões de um grão de areia, os elétrons, em média, estariam orbitando a cem metros de distância dele." (<http://www.redescala.com.br/>)



FONTE: <http://2.bp.blogspot.com/-2g6H0C02A24/qaq1m7t5IAA/AAAAAAAAAAU/7U925216R1U/1000000.jpg>

## Slide 9

**Relembrando**

**ESTRUTURA DA MATERIA**

GREGOS PENSAMENTO Sec. V a. C.	DALTON EXPERIMENTAÇÃO COM GASES 1205	THOMSON RAIOS CÁTODICOS 1204	RUTHERFORD RAIOS CATÓDICOS 1911
Ar Água Terra Fogo	Esférico Máximo Indivisível Indestrutível	Efera positiva Elétrons	Região dos elétrons Núcleo

## Slide 10

**CRÉDITOS**

NISENBAUM, Moisés André. A **Estrutura Atômica**. Disponível em: [http://web.cccad.puc-rio.br/condigital/uvol/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SI\\_estrutura\\_atmica.pdf](http://web.cccad.puc-rio.br/condigital/uvol/Sala%20de%20Leitura/conteudos/SI_estrutura_atmica.pdf). Acesso em: 13 out. 2016.

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Educação. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Estudo do átomo e modelos. Disponível em: <http://www1.educacao.pe.gov.br/qan/>. Acesso em: 15 out. 2016.

<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/o-atomoo-rutherford.html>

<http://mirkesventura.blogspot.com.br/2013/11/aula-virtual-sobre-estrutura-atmica.html>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_at%C3%B4mico\\_de\\_Rutherford](https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico_de_Rutherford)

<http://2.bp.blogspot.com/-AUgyexmF1g/195o6s4qx9I/AAAAAAAAAIU/hQdgl2c5f8/s1600/5-Rutherford.jpg>

PINHEIRO, L. A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/publicat/paf/y22\\_v6\\_pinheiro\\_costa\\_moreira.pdf](http://www.if.ufrgs.br/publicat/paf/y22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf). Acesso em: 28 out. 2016.

<http://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-geral/modelo-atomico-rutherford.htm>

<http://www.sq.com.br/biografias/rutherford/>



## APÊNDICE K – Slides: Quarto encontro

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

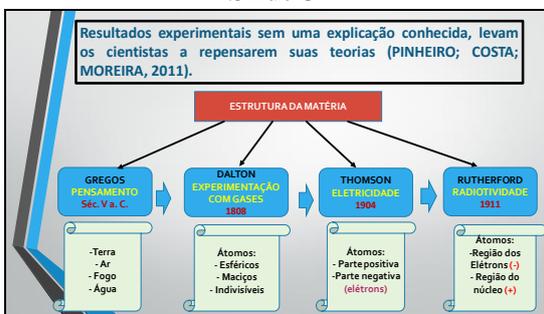
Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO  
Outubro de 2016

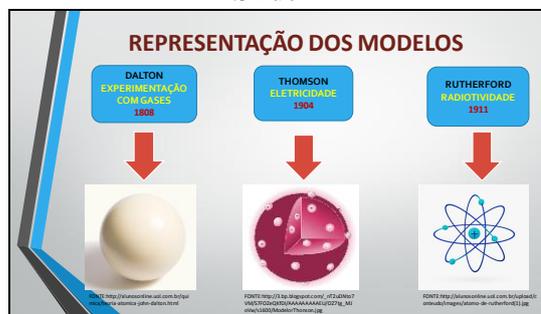
Slide 2

**RETOMADA**

Slide 3



Slide 4



Slide 5

**ESTUDO DA LUZ**

Contribuições para a  
formulação dos modelos  
atômicos

FONTE: <https://www.youtube.com/watch?v=Vh0h9k9vYp0&list=PL4080808080808080>

Slide 6

**Retrospecto histórico**

**Isaac Newton (1666):** demonstrou que a luz branca, como a luz do Sol, ao passar por um prisma, se decompõe em luz de diferentes cores (arco-íris). Newton defendia o modelo **corpuscular** da luz, ou seja que a luz era formada por "corpúsculos" ou partículas.

**James Clark Maxwell (1873):** Defendeu o modelo **ondulatório** da luz. Definiu que a luz consistia em ondas eletromagnéticas de comprimento de onda extremamente curto, visível ao olho humano entre 400 e 700nm. A teoria ondulatória chega ao apogeu.

**Heinrich Hertz (1888):** produziu micro-ondas, de origem evidentemente eletromagnética e mostrou que estas possuíam todas as propriedades das ondas de luz, consagrando experimentalmente a teoria eletromagnética da luz de Maxwell.

### Slide 7

A luz é um tipo de energia radiante que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas. Tem uma enorme velocidade de propagação. O meio que ela se propaga com maior velocidade é o vácuo.

$c = 3,0 \times 10^5 \text{ km/s} = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

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

FONTE: [http://www.careqg.br/show/educacao/99\\_Egitur\\_Bebecacoejag/mo32014/ondas2103MQ2DmnvzC3ACVAC7CA3N3b3.htm](http://www.careqg.br/show/educacao/99_Egitur_Bebecacoejag/mo32014/ondas2103MQ2DmnvzC3ACVAC7CA3N3b3.htm)

### Slide 8

### Espectro eletromagnético

Espectro Visível - Luz  
1/70 do espectro eletromagnético

1 nm =  $\frac{1}{1.000.000}$  m

FONTE: <http://imglog.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>

### Slide 9

### Espectro visível ao Homem

Comprimento de onda (m)	Frequência (Hz)	Temperatura (K)
$10^{-15}$ a $10^2$	$10^{23}$ a $10^5$	$1 \text{ K}$ a $10 \text{ Bilhões K}$

FONTE: [http://www.artemregulherme.web.br.com/blog/wp-content/uploads/2015/02/espectro\\_electromagnetico.jpg](http://www.artemregulherme.web.br.com/blog/wp-content/uploads/2015/02/espectro_electromagnetico.jpg)

### Slide 10

Penetra a atmosfera terrestre?

Comprimento de onda (m)

Ordem de tamanho de ...

Frequência (Hz)

Temperatura dos corpos que emitem nesse comprimento de onda (K)

FONTE: [http://www.bp.blogspot.com/\\_n7aUNto7VM/SyFOZeQKDI/AAAAAAAUEU/OZtg\\_Mu0VwVss6oI/ModelorThomson.jpg](http://www.bp.blogspot.com/_n7aUNto7VM/SyFOZeQKDI/AAAAAAAUEU/OZtg_Mu0VwVss6oI/ModelorThomson.jpg)

### Slide 11

A teoria ondulatória da luz prevaleceu até o final do século XIX, quando alguns resultados experimentais não se ajustaram à Física clássica.

### Slide 12

Algumas particularidades sobre a luz (17'28'' - 33'08'')?

FONTE: <http://imglog.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>

### Slide 13

### Créditos

- <http://www.apolo11.com/espectro.php>
- <http://carlosorsi.blogspot.com.br/>
- <http://blog.cancaonova.com/diarioespiritual/files/2012/02/Deus-%C3%A9-Luz.jpg>
- <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/astromos-encontram-planeta-que-orbita-a-redor-de-um-gemeo-do-sol.html>
- <http://pfdocx.com/doc/130691/seminario-snct-infes>
- [http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/1/17776/5428089105\\_d8e2facc2a\\_o.jpg](http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/1/17776/5428089105_d8e2facc2a_o.jpg)
- <https://bloggrafico.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>
- [http://escolakids.uol.com.br/public/kupload/image/prisma\(1\).jpg](http://escolakids.uol.com.br/public/kupload/image/prisma(1).jpg)
- [http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide\\_7.jpg](http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide_7.jpg)
- <http://alunosonline.uol.com.br/quimica/teoria-atomica-john-dalton.html>

### Slide 14

- <https://lytimg.com/vi/khh9NYWm9V/hqdefault.jpg>
- [http://3.bp.blogspot.com/\\_n7aUNto7VM/SyFOZeQKDI/AAAAAAAUEU/OZtg\\_Mu0VwVss6oI/ModelorThomson.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_n7aUNto7VM/SyFOZeQKDI/AAAAAAAUEU/OZtg_Mu0VwVss6oI/ModelorThomson.jpg)

**APÊNDICE L – Atividade 5**Alunos (as): \_\_\_\_\_ n<sup>os</sup> \_\_\_\_\_**Atividade 5 – parte 1**

1- Considerando diferentes fontes, pode-se dizer que a luz emitida por elas apresenta espectros diferentes entre si? Ou haveria algumas com espectros iguais? Justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Alunos (as): \_\_\_\_\_ n<sup>os</sup> \_\_\_\_\_**Atividade 5 – parte 2**

2 – Utilizando seu espectroscópio, observe e descreva o espectro de cada fonte disponível.

Sugestão: Organize seus dados, representando os espectros observados com lápis de cor.

3 - Faça comparações, sistematize seus resultados e verifique se confirmam a resposta à questão 1, proposta antes da observação dos espectros.

### APÊNDICE M – Slides: Quinto encontro

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO  
Outubro de 2016

Slide 2

**ESPECTROSCOPIA**

FONTE: [http://img.gigamonks.com/330386465/330386465\\_7.jpg](http://img.gigamonks.com/330386465/330386465_7.jpg)

Slide 3

**Espectroscopia**

Espectroscopia é o estudo da luz através de suas componentes, que aparecem quando a luz passa através de um prisma ou de uma rede de difração.

FONTE: [http://www2.ufrpe.br/~fzlc/afis/afis06/afis0606/afis0606\\_7.jpg](http://www2.ufrpe.br/~fzlc/afis/afis06/afis0606/afis0606_7.jpg)

Chamamos de **Espectro** à intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda. Quase todas as informações sobre as propriedades físicas de um objeto podem ser obtidas a partir de seu espectro.

Slide 4

**Algumas inquietações dos cientistas no início do século XIX (1801 a 1900)**

**Experiências observando a luz das estrelas:**

- indicavam que cada uma apresentava um conjunto de cores diferentes;
- Detectaram também a presença de linhas escuras sobrepostas às cores observadas.

Slide 5

**Retrospecto histórico**

**1814: Joseph von Fraunhofer:** as linhas escuras são imagens da fenda do espectrógrafo em diferentes comprimentos de onda. Até 1820, ele havia contado 574 linhas escuras no espectro solar. Posteriormente, nomeadas por linhas de Fraunhofer.

FONTE: <http://www.ap0131.com/espectro.php>

Slide 6

**Retrospecto histórico**

**1856: Robert W. Bunsen e Gustav R. Kirchhoff:** Identificaram as linhas com os elementos químicos;

FONTE: <http://www.ap0131.com/espectro.php>

- 1 - Um corpo opaco quente produz um espectro contínuo, seja sólido, líquido ou gasoso.
- 2 - Qualquer gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes, atualmente chamadas de "linhas de emissão", sendo que o número e a posição destas linhas dependem unicamente dos elementos químicos presentes no gás.
- 3 - Se a luz de um sólido (que produz espectro contínuo) passar por um gás com temperatura mais baixa, o gás frio causa o aparecimento de linhas escuras, atualmente chamadas de "linhas de absorção", sendo que a quantidade dessas linhas depende apenas dos elementos químicos presentes no gás.

Slide 7

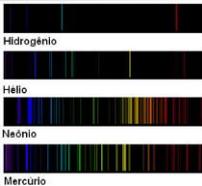
Como é possível conhecer a composição química das estrelas, dos planetas, se esses corpos encontram-se tão distantes de nós?"



FONTE: <http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/>

Slide 8

Por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?



Nem o modelo ATÔMICO de Thomson nem o de Rutherford explicavam o problema das linhas espectrais (vídeo 36'35"-40'54").

**DESAFIO**

ELABORAÇÃO DE UM MODELO COMPATÍVEL COM OS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

FONTE: <https://www.youtube.com/watch?v=36354054>

Slide 9

Créditos

<http://www.apolo11.com/espectro.php>  
<http://carlosorsi.blogspot.com.br/>  
<http://blog.cancaonova.com/diarioespiritual/files/2012/02/Deus-%C3%A9-Luz.jpg>  
<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/1/astronomos-encontram-planeta-que-orbita-aoredor-de-um-gemeo-do-sol.html>  
<http://ptdocz.com/doc/130692/seminario-snct-infes>  
[http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/-1/17776/5428089105\\_d8e2facc2a\\_o.jpg](http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/-1/17776/5428089105_d8e2facc2a_o.jpg)  
<https://blogdografico.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>  
[http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma\(1\).jpg](http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma(1).jpg)  
[http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide\\_7.jpg](http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide_7.jpg)  
<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/teoria-atmica-john-dalton.html>

Slide 10

<https://i.yimg.com/vi/kh9hNYWw9Y/hqdefault.jpg>  
[http://2.bp.blogspot.com/\\_nTzuDNt07VM/5yFOZeQKfDI/AAAAAAAAAEU/OZytg\\_MJoVwks6oq/ModeloThomson.jpg](http://2.bp.blogspot.com/_nTzuDNt07VM/5yFOZeQKfDI/AAAAAAAAAEU/OZytg_MJoVwks6oq/ModeloThomson.jpg)

**APÊNDICE N – Slides: Sexto encontro**

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO  
Novembro de 2016

Slide 2

**Ano de 1900:  
Energia em pacotes  
e a  
Teoria quântica**



FONTE: <http://equimmar.blogspot.com.br/>

Slide 3

**Contexto histórico**

Conferência na Royal Society em março de 1900

- “Não há nada mais a descobrir em Física” - recomendou que os jovens não se dedicassem à Física, pois faltavam apenas alguns detalhes pouco interessantes a serem desenvolvidos.
- Existiam apenas “duas pequenas nuvens” no horizonte da física.

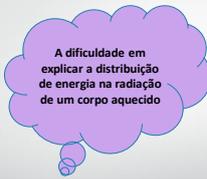


Lord Kelvin (1824-1907)  
Físico inglês

FONTE: <http://www.foto.com.br/>

Slide 4

Uma das “nuvens”



A dificuldade em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido

Essa “pequena nuvem” desencadeou o surgimento de um das teorias que revolucionou a Física no século XX: a teoria quântica.

Slide 5

**Max Planck e a ideia do quantum**

Aumentando-se gradativamente a temperatura de um corpo, ele começa a emitir luz visível, de início a luz vermelha, passando a seguir para a amarela, a verde, a azul e, em altas temperaturas, a luz branca, chegando à região do ultravioleta do espectro eletromagnético.

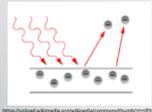


Para Planck, a energia era descontínua e transmitida em “pacotes”, os **Quanta** de energia.

FONTE: <https://www.iml.edu.com/joomla/quem-foi-max-planck-e-o-quantum/>

Slide 6

**O efeito fotoelétrico**



**Definição:** É quando a incidência de luz (fótons) provoca a ejeção de elétrons de um metal.

1887 – Heinrich Hertz – A luz poderia gerar faíscas

1905 – Albert Einstein – Propôs a quantização da luz, que se comporta como onda e como partícula.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/0202Photoelectric\\_effect.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/0202Photoelectric_effect.png)

Slide 7

**Einstein e o efeito fotoelétrico**

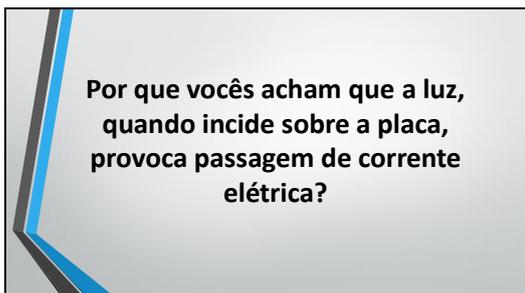


FONTE: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetospendidos/objetos/2005/04/04fotoeletrico/05e/05e.htm>

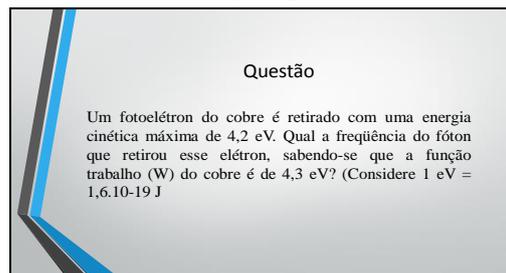
Slide 8

**A simulação**  
(Pergunta inicial)

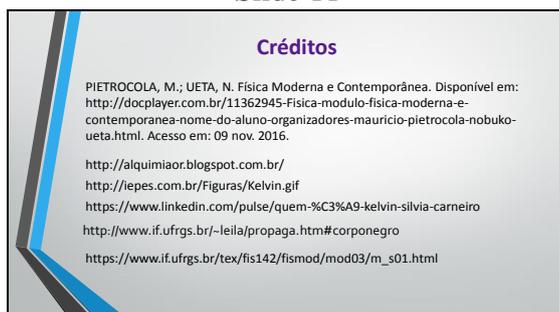
## Slide 9



## Slide 10



## Slide 11



**APÊNDICE O – Atividade 6**

Alunos (as): \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

**Atividade 6 – Efeito fotoelétrico****Responda à questão:**

Quais os fatores que influenciam na ocorrência do efeito fotoelétrico, ou seja, em que condições ou o que interfere para que ocorra esse fenômeno? Explique como foi possível chegar às conclusões (Descrever os passos seguidos).

(Sugestão: registrem todas as ações implementadas e os respectivos resultados. É importante organizar seus dados para depois analisar os resultados e chegar a uma conclusão).

**APÊNDICE P – Atividade 7**

Aluno (a) \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

**Atividade 7****Sobre o efeito fotoelétrico, responda as seguintes questões:**

1 – Como você definiria o efeito fotoelétrico?

2 - Dois feixes de luz de mesma frequência, mas de intensidades diferentes incidem sobre duas placas metálicas de mesmo material. Qual delas poderá ejetar mais elétrons da placa? Justifique.

3 - Para que a prata exiba o efeito fotoelétrico é necessário que ela tenha uma frequência de corte de  $1,14 \cdot 10^{15}$  Hz. Determine a função trabalho (W), em Joule para “arrancar” um elétron de uma placa de prata. Considere  $h = 6,6 \cdot 10^{-34}$  J.s

APÊNDICE Q – Slides: Sétimo encontro

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos:  
O átomo de Bohr**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorimópolis/GO  
Novembro de 2026

Slide 2

**RETOMADA**

Slide 3



Slide 4

**Átomo de Rutherford - 1911**

- O átomo não é máscio. Tem um núcleo central positivo (prótons) muito pequeno em relação ao átomo;
- Elétrons negativos muito leves giram ao redor do núcleo em órbitas circulares, neutralizando a carga nuclear;
- Modelo planetário.

FONTES: <http://abracosmologia.com.br/3/atomos/como-foi-descoberto-hoje-que-temos-o-nucleo-central/>  
<http://www.melhoresaulas.com.br/questoes-2015/102468/questoes-2015/102468/>

Slide 5

**Problemas no modelo de Rutherford**

- 1 - Como explicar que partículas com cargas de mesmo sinal se concentravam no núcleo do átomo?
- 2 - Como explicar que os elétrons, partículas carregadas e em movimento acelerado, não perdiam energia realizando um movimento em espiral em volta do núcleo e colapsando neste?

FONTES: <http://gifs.transformenergia.com.br/atomos-cargas-opostas-eletrons.gif>  
<http://meublogdofisica.blogspot.com.br/2010/04/energia.html>  
<http://www.fisica.ufpb.br/~fismec/objetivosaprendizagem/Fisica2015/efeito-fotoeletrico/Atomiza.htm>

Slide 6

**Por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?**

**Como explicar o efeito fotoeletrico pelas leis da Física clássica?**

FONTES: <http://www.fisica.ufpb.br/~fismec/objetivosaprendizagem/Fisica2015/efeito-fotoeletrico/Atomiza.htm>  
<http://www.fisica.ufpb.br/~fismec/objetivosaprendizagem/Fisica2015/efeito-fotoeletrico/56ef/Atomiza.htm>

Slide 7

**A ideia da Quantização**

**Max Planck 1900**

A radiação emitida por um corpo aquecido ocorre em pequenos "pacotes" ( $E = h \cdot f$ )

FONTES: <http://www.biblioteca.com.br/pagina/questoes-NC2949-atomos-silvia-luzanna>

Slide 8

**O efeito fotoeletrico**

**Albert Einstein 1905**

A luz tem uma estrutura descontínua e é absorvida em porções independentes, ou seja, a radiação é formada por *quanta* (fótons). ( $E = h \cdot f$ )

FONTES: <http://www.fisica.ufpb.br/~fismec/objetivosaprendizagem/Fisica2015/efeito-fotoeletrico/56ef/Atomiza.htm>

Slide 9

**Niels Bohr - 1913**

**Quantização do átomo**

FONTE: <http://br.blogspot.com>  
CM7575gU/150/3F707N/AAAAAAAAAAQ/259FCyqM3M3/152/Bohr\_atom-7AA4.jpg

Slide 10

**Qual a cor do fogo?**

Slide 11

**Niels Bohr - 1913**

- Físico dinamarquês, foi professor de Física na Universidade de Copenhague e em 1916 foi nomeado diretor do Instituto de Física Teórica.
- Com 22 anos recebeu a medalha de ouro da Sociedade Científica Dinamarquesa por seus estudos sobre tensão superficial.
- Em 1911 completou seu doutorado em Física.
- Estudou na Universidade Victoria, em Manchester na Inglaterra, com o físico neozelandês, Ernest Rutherford.
- Em 1913 Niels Bohr publicou sua teoria básica sobre a estrutura do átomo, ampliando a teoria de Ernest Rutherford;
- Ganhou o Prêmio Nobel de Física, em 1922, por seu trabalho sobre a estrutura do átomo.

FONTE: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels\\_Bohr](https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr)

Slide 12

**Os postulados de NIELS BOHR**

- 1- Um elétron em um átomo se move em órbita circular ao redor do núcleo sob a influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica
- 2 - Em vez de infinitas órbitas, possíveis na mecânica clássica, um elétron se move apenas em uma órbita na qual seu movimento angular é múltiplo inteiro de (constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s, dividida por  $2\pi$ ).
- 3- A energia total do elétron permanece constante. Isso ocorre porque o elétron que se move em uma órbita não emite radiação eletromagnética.
- 4- É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total  $E_i$ , muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total  $E_f$ . A frequência da radiação emitida é igual a :  $f = \frac{E_i - E_f}{h}$

Slide 13

**$E = hf = E_f - E_i$**

onde  $h$  é a constante de Planck ( $6.63 \times 10^{-34}$  J.s =  $4.14 \times 10^{-15}$  ev.s),  $f$  é a frequência da radiação emitida,  $E_i$  e  $E_f$  são energias dos estados inicial e final.

FONTE: <http://br-quimica.blogspot.com> [br/quimica.blogspot.com](http://br/quimica.blogspot.com)

Slide 14

**Átomo de hidrogênio**

A energia em cada estado estacionário, ou nível  $n$ , é dada por:

**$E_n = -13,6/n^2$**

FONTE: <http://br-quimica.blogspot.com> [br/quimica.blogspot.com](http://br/quimica.blogspot.com)

Slide 15

**O salto quântico**

FONTE: <http://br-quimica.blogspot.com> [br/quimica.blogspot.com](http://br/quimica.blogspot.com)

Slide 16

**O átomo de Bohr explicou as raíes escuras observadas por Joseph Fraunhofer**

Video "[Escondido na luz](#)" (33' - 37')

## Slide 17

## Questões

- 1 - Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr, ao estudar espectros de emissão de determinadas substâncias, propôs um novo modelo para o átomo. A respeito desse modelo atômico, coloque (V) ou (F):
- ( ) Os elétrons não se encontram em qualquer posição dentro do átomo, eles giram ao redor do núcleo em órbitas fixas e com energia definida.
  - ( ) Os elétrons, ao se movimentarem numa órbita fixa, não absorvem nem emitem energia
  - ( ) Elétrons e prótons encontram-se igualmente distribuídos uniformemente ao longo de uma esfera.
  - ( ) Os elétrons movem-se em torno do núcleo numa órbita circular, sob a influência da atração coulombiana entre elétrons e núcleo.
  - ( ) Quando um elétron salta de uma órbita mais energética para uma órbita menos energética, ele não emite energia.

## Slide 18

2 - Considere que o elétron no átomo de hidrogênio “salte” do nível de energia  $n = 3$  para o estado fundamental (nível  $n = 1$ ). Baseando-se no diagrama de níveis para o átomo de hidrogênio, responda:

- a) Ao realizar esse “salto”, o elétron absorveu ou emitiu energia?
- b) Qual o valor, em elétron volt, dessa energia, envolvida?
- c) Qual o valor da energia, em Joule, e da frequência do fóton ao realizar essa transição de níveis?

## Slide 19

## Créditos

CAVALCANTE, Kleber G. "Postulados de Bohr"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/postulados-bohr.htm>>. Acesso em 17 de novembro de 2016.  
<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/espectros-eletronicos-estrutura-atomo.htm>  
[https://www.ebiografia.com/niels\\_bohr/](https://www.ebiografia.com/niels_bohr/)  
<https://www.linkedin.com/pulse/quem-%C3%A9-kelvin-silvia-carneiro>  
<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/imagens/erro-do-modelo-atomico.jpg>  
<http://files.transformacaoenergia.webnode.com.br/200000006-2e3732f2e9/carga-eletrica-3.gif>  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels\\_Bohr](https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr)  
[http://images.slideplayer.com.br/16/4989222/slides/slide\\_12.jpg](http://images.slideplayer.com.br/16/4989222/slides/slide_12.jpg)  
<https://dl.dropboxusercontent.com/u/55973481/%C3%81tomo%20de%20Bohr.pdf>

PIETROCOLA, M.; UETA, N. Física Moderna e Contemporânea. Disponível em: <http://docplayer.com.br/11362945-Fisica-moderna-e-contemporanea-nome-do-aluno-organizadores-mauricio-pietrocola-nobuko-ueta.html>. Acesso em: 09 nov. 2016.

**APÊNDICE R – Atividade 8**

Aluno (a) \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

**Atividade 8**

Na atividade experimental do Teste de Chamas, cada material utilizado emitirá uma determinada cor quando for submetido ao aquecimento. Os recipientes nos quais serão aquecidos foram previamente identificados por números. Durante o aquecimento, observe o que ocorre e faça suas anotações. Registre as diferentes cores apresentadas pelos diferentes materiais.

**APÊNDICE S – Atividade 9**

Aluno (a) \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

**Atividade 9**

Resolver as questões:

1 - Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr, ao estudar espectros de emissão de determinadas substâncias, propôs um novo modelo para o átomo. A respeito desse modelo atômico, coloque (V) ou (F):

- ( ) Os elétrons não se encontram em qualquer posição dentro do átomo, eles giram ao redor do núcleo em órbitas fixas e com energia definida.
- ( ) Os elétrons, ao se movimentarem numa órbita fixa, não absorvem nem emitem energia.
- ( ) Elétrons e prótons encontram-se igualmente distribuídos uniformemente ao longo de uma esfera.
- ( ) Os elétrons movem-se em torno do núcleo numa órbita circular, sob a influência da atração coulombiana entre elétrons e núcleo.
- ( ) Quando um elétron salta de uma órbita mais energética para uma órbita menos energética, ele não emite energia.

2 - Considere que o elétron no átomo de hidrogênio “salte” do nível de energia  $n = 3$  para o estado fundamental (nível  $n = 1$ ). Baseando-se no diagrama de níveis para o átomo de hidrogênio, responda:

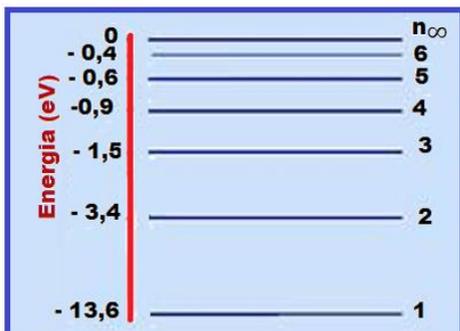
A - Ao realizar esse “salto”, o elétron absorveu ou emitiu energia?

B - Qual o valor, em elétron volt, dessa energia, envolvida?

C - Qual o valor da energia, em Joule, e da frequência do fóton ao realizar essa transição de níveis?

**APÊNDICE T – Atividade 10****Atividade 10****Questões para resolver em casa**

1 – A figura abaixo mostra os níveis de energia para o átomo de hidrogênio. Responda:



A – Após incidir sobre ele uma luz, um elétron salta do nível  $n=2$  para o nível  $n=5$ . Nesse processo houve emissão ou absorção de energia?

B – Após algum tempo o elétron retorna a até o nível  $n=2$  em dois saltos: de 5 para 4 e de 4 para 3. Calcule a energia liberada e a frequência dos fótons emitidos em cada salto.

2 – Descreva o que você entendeu por QUANTIZAÇÃO, processo descrito por Planck, Einstein e Bohr.

**APÊNDICE U – Questionário final**

Aluno (a): \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

**Questionário final**

1 – Conforme estudamos, o conceito de átomo mudou bastante no decorrer da história da civilização. Escreva um texto sobre os principais modelos elaborados para explicar o átomo. Mencione as principais características, as diferenças entre eles e explique porque os modelos tiveram que ser substituídos com o passar dos anos.

---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---



---

2 – Em nossas aulas de Espectroscopia foram observados os espectros discretos de algumas lâmpadas (fluorescente, vapor de sódio, vapor de mercúrio). Em outra atividade, a do Teste de Chamas, também foram observadas as diferentes cores obtidas na queima de alguns tipos de sais. Como os espectros discretos e as diferentes cores emitidas pelos elementos químicos aquecidos podem ser explicados pelo modelo atômico de Bohr?

---



---



---



---



---



**APÊNDICE V – O produto educacional**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM EDUCAÇÃO PARA CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
PRODUTO EDUCACIONAL**



**SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA**  
**A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS**

**ELISMAR GONÇALVES DA SILVA**  
**MARTA JOÃO FRANCISCO SILVA SOUZA**

**JATAÍ**  
**2017**

## APRESENTAÇÃO

Caro colega professor (a),

A sequência de ensino investigativa aqui apresentada compõe o Produto Educacional da dissertação de Mestrado em Educação para Ciências e Matemática de Elismar Gonçalves da Silva, defendida no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí. Pretendemos que seja um recurso didático para auxiliar você, professor (a) de Física, em seus planejamentos.

O objetivo dessa proposta foi ensinar sobre a evolução dos modelos atômicos, abordando tópicos de Física Moderna no ensino médio. Buscamos promover, por meio de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), a argumentação dos estudantes e o desenvolvimento de habilidades próprias de cidadãos alfabetizados cientificamente, ou seja, cidadãos conscientes e capazes de utilizar os conhecimentos científicos aprendidos na escola para resolver problemas cotidianos.

Os encontros descritos nessa sequência foram planejados para uma turma com dificuldades na leitura e na expressão de ideias por meio da escrita, mas você poderá adaptá-los à realidade de seus alunos. As atividades investigativas, os materiais utilizados, as estratégias de ensino utilizadas poderão contribuir de forma significativa para sua prática em sala de aula. Assim, apresentamos as temáticas que nortearam nossa pesquisa de Mestrado e contribuiram para a elaboração desta SEI.

Conscientes da importância do papel do professor como mediador no processo de ensino-aprendizagem de Ciências, esperamos que este material possa contribuir com o planejamento de suas aulas e para a melhoria do ensino de Física na educação básica.

Bom trabalho!

**SUMÁRIO**

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	04
<b>A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO</b> .....	06
<b>O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO</b> .....	07
<b>A SEQUÊNCIA DE ENSINO: A EVOLUÇÃO DOS MODELOS</b>	
<b>ATÔMICOS</b> .....	12
<b>Primeiro encontro: aulas 1, 2 e 3</b> .....	13
<b>Segundo encontro: aulas 4 e 5</b> .....	16
<b>Terceiro encontro: aulas 6 e 7</b> .....	18
<b>Quarto encontro: aulas 8 e 9</b> .....	20
<b>Quinto encontro: aulas 10, 11 e 12</b> .....	21
<b>Sexto encontro: aulas 13, 14 e 15</b> .....	24
<b>Sétimo encontro: aulas 16, 17 e 18</b> .....	27
<b>Oitavo encontro: aulas 19 e 20</b> .....	31
<b>ALGUMAS CONSIDERAÇÕES</b> .....	32
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	33
<b>ANEXOS</b> .....	35

## INTRODUÇÃO

Esta proposta buscou elaborar e implementar em sala de aula uma sequência de ensino, cujas atividades sejam capazes de permitir aos estudantes fazer uso de procedimentos científicos em outros contextos e a aprender sobre Ciências de forma diferente da memorização mecânica do ensino tradicional, conforme proposto por Carvalho (2013). Para isso, propomos atividades a partir de problematizações, abordagens de conceitos priorizando a história da Ciência e metodologias que incluam a leitura de textos científicos e a produção escrita.

Os PCN+ propõem um ensino de Física que faça sentido para os estudantes, que considere as tecnologias presentes na sociedade e que esteja voltado para a formação de cidadãos conscientes e capazes de compreender, intervir e participar do meio em que vivem (BRASIL, 2002).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) estas competências e habilidades estão relacionadas à investigação e compreensão, à linguagem física e sua comunicação e à contextualização histórico-social. Daí a necessidade de promover um ensino de Física contextualizado e integrado às vivências dos estudantes, tal qual sugerido no documento. Uma Física que explique a formação do arco-íris, os raios lasers, os talões da conta de luz, o consumo de combustíveis, a televisão, as células fotoelétricas, dentre outros, e que explique ainda os princípios e conceitos que levem à compreensão de tais assuntos (BRASIL, 1999).

Diante de todas essas expectativas, a presente proposta visa propiciar aos estudantes um ambiente de interações sociais, oportunizar momentos de discussões, promover a resolução de problemas e a argumentação, e fomentar o desenvolvimento de habilidades que indiquem estar em processo a Alfabetização Científica (AC), aqui entendida como o processo que conduz os estudantes a se valer da Ciência na resolução de problemas e na tomada de decisões em situações cotidianas (SASSERON; MACHADO, 2017).

Para que você, professor (a) tenha em mãos um material que o (a) auxilie a

planejar suas aulas, estruturamos esta proposta abordando os seguintes pontos:

- Breve discussão sobre a inserção de tópicos de Física Moderna (FM) no ensino médio;
- Alguns pressupostos e conceitos do ensino por investigação, abordando as características da SEI, bem como as concepções alusivas à AC dos estudantes;
- Descrição da sequência de ensino, explicando cada encontro, as atividades investigativas elaboradas, os materiais utilizados, as atividades escritas propostas, os textos e vídeos selecionados, os *slides* para apresentação em *Power Point*, dentre outros.

No final apresentamos algumas considerações para você que fará uso de nossa sequência em sua prática pedagógica.

## A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

Entendemos que as novas perspectivas de preparar os estudantes do ensino médio para a cidadania, para a vida e para o aprendizado permanente, demandam um ensino de Física que considere os avanços científicos e tecnológicos para um melhor entendimento do mundo atual. E isso implica se valer dos tópicos de FM na grade curricular.

Nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio são apresentados exemplos de ações que o professor poderá implementar ao trabalhar os temas estruturadores de Física, propostos pelos PCN+. Esse documento faz menção, inclusive, ao uso da História e Filosofia da Ciência (HFC) e do enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), com potencial para contribuir nesse novo cenário do ensino de Física.

Autores como Terrazan (1992) e Ostermann e Moreira (2000) defendem que os conteúdos de FM influenciam na compreensão do mundo criado pelo homem atual, contribuindo para a formação de cidadãos capazes de intervir no meio em que vivem, justificando assim a importância de se pensar formas para a inserção da temática no ensino médio.

Sabemos que as dificuldades encontradas por professores, para a inserção de tópicos de FMC em sala de aula, vão desde os problemas relacionados à carga horária limitada às escolhas dos conteúdos a abordar. Mas é possível desenvolver um bom trabalho. Para isso, cada professor (a) precisa desenvolver a capacidade de investigar propostas e metodologias utilizadas por outros profissionais de educação, de organizar e selecionar os assuntos de maneira que façam sentido para os estudantes e estejam ancorados nos objetivos de ensino estabelecidos, de refletir sobre sua prática.

Implementar propostas com o uso de metodologias com abordagem investigativa tem sido uma opção adotada por muitos professores e tem contribuído para a inserção de tópicos de FM no ensino médio, para a motivação dos estudantes e para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem de Ciências.

## O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Para que nossos colegas professores (as) compreendam as bases dos estudos que deram origem à sequência de ensino apresentada neste produto educacional, explicitaremos as perspectivas do ensino por investigação e os elementos necessários para o planejamento de atividades investigativas. Em seguida, discutiremos sobre os conceitos e propósitos da AC, a relação entre argumentação e ensino por investigação e o papel do professor como agente motivador nesse processo.

### **Perspectivas do ensino por investigação**

Carvalho (2013) salienta que as transformações pelas quais passou a sociedade do século XX também atingiram a escola, enquanto transmissora do conhecimento. Dois fatores são apontados pela autora como influenciadores nesse processo: o primeiro foi o aumento considerável do conhecimento científico nesse período; o segundo, os trabalhos de pesquisadores (epistemólogos e psicólogos) sobre como os conhecimentos são produzidos, individual e socialmente. A autora esclarece quais são essas influências. De Piaget, a importância da problematização e dos conhecimentos prévios na construção do conhecimento científico; de Vigotsky, o processo de construção do conhecimento por meio das interações sociais. Tais aspectos são características principais do ensino por investigação que ela defende.

Assim, promover um ensino de Ciências voltado para a formação de cidadãos atuantes na sociedade é a perspectiva do ensino por investigação, que passa a requerer uma nova postura da escola.

Segundo Zômpero e Laburú (2011), há várias denominações e abordagens para o ensino por investigação, mas alguns aspectos ou etapas são comuns a todas elas. São eles:

- Deve partir de problemas;
- Emissão de hipóteses diante de um problema;

- Plano de ação para o processo investigativo e resolução do problema (manipulação/imaginação);
- Sistematização do conhecimento (informações) para construções de novos conceitos;
- Comunicação do conhecimento (oralidade ou escrita).

Carvalho (2013) argumenta que, apesar de tais aspectos estarem bem próximos aos adotados pelos cientistas em suas práticas, o que se propõe no ensino por investigação é proporcionar um ambiente investigativo nas aulas de Ciências, a fim de proporcionar aos estudantes a construção do conhecimento, interagindo com a cultura científica.

### **As Atividades Investigativas**

Uma vez que estamos nos reportando ao ensino de Ciências, em especial ao ensino de Física, com o objetivo de conduzir os estudantes a se valerem dos conhecimentos científicos para tomada de decisões, características dos alfabetizados cientificamente, a prática pedagógica nesse processo precisa ir além da transmissão de conhecimento.

Azevedo (2004) enfatiza sobre a importância das atividades investigativas no ensino de Física, uma vez que têm o potencial de desenvolver nos estudantes habilidades como pensar, dialogar, justificar ideias, argumentar e aplicar os conhecimentos em situações diversas. Tais habilidades estão diretamente relacionadas ao que propõe Carvalho (2011) sobre os aspectos cruciais a serem considerados ao se planejar as atividades estruturantes da SEI. São eles:

- Iniciar a construção do conhecimento por meio de um problema;
- Levar o estudante da ação manipulativa para a intelectual;
- Promover a tomada de consciência das ações;
- Proporcionar momentos para as explicações científicas.

Entendemos que esses pontos são cruciais para desenvolver nos estudantes habilidades como observar, manipular, questionar, testar hipóteses, sistematizar ideias.

Outros pontos elencados pela autora e que devem ser considerados ao elaborar atividades investigativas são:

- A participação do estudante no processo;
- A interação aluno-aluno;
- O professor como elaborador de questões;
- Um ambiente encorajador;
- Considerar os conhecimentos prévios dos estudantes;
- Propor problemas significativos;
- Abranger a relação CTS;
- Passagem da linguagem cotidiana para a científica

A partir dos pontos elencados, Carvalho (2013) propõe o desenvolvimento da SEI seguindo as seguintes etapas: a) proposição do problema e distribuição do material pelo professor, b) resolução do problema pelos alunos (em grupos), c) sistematização dos conhecimentos construídos, d) comunicação do conhecimento por meio da escrita e/ou desenhos.

Após estas etapas, que podem ser adaptadas a cada realidade de ensino, é importante a introdução, pelo professor, de atividades de sistematização e contextualização dos conhecimentos aprendidos. Estas podem ser feitas por meio de textos científicos, vídeos, filmes, história da ciência, dentre outros.

Portanto, corroborando as ideias dos referenciais aqui discutidos, acreditamos que as atividades investigativas são propícias para o ensino de Física no ensino médio por facilitar o desenvolvimento de conhecimentos conceituais e procedimentais, por ampliar a liberdade de pensar dos estudantes e por contribuir para a construção de sua autonomia intelectual.

### **A Alfabetização Científica**

A AC tem sido defendida por muitos pesquisadores como um dos objetivos das Ciências, no sentido de proporcionar aos estudantes a compreensão da natureza da

Ciência enquanto formação humana e relacionar o conhecimento científico discutido na escola com seus problemas cotidianos.

Sasseron e Machado (2017) relacionam o termo ao ensino de Ciências “[...] cujo objetivo é a formação do indivíduo que o permita resolver problemas de seu dia a dia, levando em conta os saberes das Ciências [...]” (SASSERON; MACHADO, 2017, p. 11).

Ao discorrer sobre o processo de investigação, Sasseron e Machado (2017) citam os “Indicadores da Alfabetização Científica” propostos por Sasseron (2008) como possibilidade de averiguação do processo de AC em curso. Esses indicadores estão diretamente relacionados com as ações de estudantes e professores durante atividades investigativas e devem ser encontrados no modo como os estudantes reagem, em sala de aula, quando há um problema a ser resolvido.

Os indicadores propostos por Sasseron (2008) foram arranjados em três grupos: 1) os que se relacionam aos trabalhos com os dados (**seriação de informações, organização de informações e classificação de informações**); 2) os que se relacionam à estruturação do pensamento dos estudantes (**raciocínio lógico e raciocínio proporcional**); 3) os que se relacionam com o entendimento da situação analisada (**levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação**).

Para Sasseron (2008), os indicadores aqui listados são “algumas competências”, que se desenvolvem quando se busca relações entre um problema investigado e as construções mentais necessárias para compreendê-lo. Daí a importância das atividades investigativas no ensino de Ciências, onde os estudantes são levados da posição passiva da aprendizagem para a de atores principais na construção do conhecimento.

Para o melhor entendimento destes descritores e como identificá-los nas ações e falas dos estudantes, durante uma atividade investigativa, sugerimos aos professores (as) a leitura do trabalho da autora.

### **A argumentação no ensino por investigação e o papel do professor**

Ao falar em ensino por investigação, enquanto metodologia que visa o processo

de AC dos estudantes, precisamos considerar as interações discursivas em sala de aula e o papel de você, professor (a), como mediador nesse processo. Não é possível pensar o ensino por investigação sem atentar para as diversas formas de interações mediadas pela linguagem.

Nessa perspectiva, reforçamos a importância do papel do (a) professor (a) no processo ensino-aprendizagem, pois cabe a este (a) a responsabilidade do planejamento das atividades e o seu desenvolvimento na sala de aula, bem como a orientação durante as interações aluno-objetos, aluno-aluno, aluno-professor, aluno-conhecimento.

Assim, a argumentação deve ser estimulada para que os estudantes expressem suas ideias, pois por meio da linguagem se constrói os significados e estes, por sua vez, desencadeiam o processo de aprendizagem.

Sobre esse processo de argumentação em sala de aula, Sasseron e Carvalho (2011), ao desenvolverem seus trabalhos com SEI, propuseram o chamado ciclo argumentativo, que procurou entender a construção de argumentos pelos estudantes em sala de aula. O ciclo está relacionado com as etapas de desenvolvimento de uma SEI e seus movimentos com os dados do início da investigação, com a investigação em si para a resolução do problema e com a etapa final de sistematização e apropriação dos conhecimentos.

A seguir discorreremos sobre os aspectos da sequência de ensino proposta neste trabalho, apresentando as etapas desenvolvidas, as atividades propostas, os encontros, os materiais utilizados e como você, professor (a), poderá conduzir a implementação dos encontros.

## A SEQUÊNCIA DE ENSINO: A EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

### Alguns esclarecimentos

A sequência de ensino aqui abordada foi planejada com o propósito de promover o ensino de tópicos de Física Moderna, utilizando algumas atividades investigativas, leitura de textos, história da ciência, simulação computacional. Nesse contexto, podemos delinear seu planejamento da sequência em duas etapas: a primeira, que incluiu a seleção dos conteúdos e a sondagem dos conhecimentos prévios; a segunda, a redefinição dos conteúdos e a estruturação das aulas, que incluiu todos os aspectos inerente a elas, como: seleção de textos, vídeos, elaboração de *slides*, materiais didáticos, atividades experimentais, atividades escritas, dentre outros.

Esta sequência foi planejada para ser desenvolvida em uma turma de terceira série de ensino médio de uma escola pública de Goiás e a escolha dos conteúdos se deu, principalmente, mediante consulta ao currículo proposto pela rede estadual para o quarto bimestre, por se tratar dos tópicos de Física Moderna, e estes estarem previstos para o final do período letivo.

A primeira ideia foi abordar os seguintes conteúdos: efeito fotoelétrico, dualidade onda partícula e átomo de Bohr. Aplicamos um questionário inicial para sondagem dos conhecimentos prévios da turma sobre o átomo. O questionário inicial continha as seguintes questões:

- 1 - Para você, o que é o átomo?;
- 2 - Represente um átomo de um elemento químico qualquer. Utilize desenhos, legends e palavras para caracterizá-lo com o maior número de detalhes;
- 3 - De acordo com suas concepções, qual é o tamanho de um átomo?.

Pelos resultados do questionário, constatamos que a maioria da turma apresentou dificuldades em conceituar átomo e ainda o definiu com base em outros conceitos estudados na escola, como moléculas, ligações químicas, eletricidade.

Assim, optamos por trabalhar os tópicos de Física Moderna previstos no currículo, inserindo-os no contexto da história da evolução dos modelos atômicos. Os conteúdos trabalhados foram: modelagem científica, primeiros modelos atômicos, a descoberta do elétron, o modelo de Ernest Rutherford, estudo da espectroscopia, efeito fotoelétrico e modelo de Niels Bohr.

Nossos objetivos gerais foram:

- estimular os estudantes a resolver problemas, a argumentar, a trabalhar em grupo e a expressar opiniões de forma clara, utilizando a linguagem verbal e escrita;
- fomentar o desenvolvimento de habilidades que indiquem estar em processo a AC dos estudantes, tais como: levantar hipóteses, testar hipóteses, organizar dados, explicar e justificar fenômenos, prever situações e utilizar o raciocínio lógico na resolução de problemas;
- proporcionar um ambiente de interações sociais, oportunizando momentos de discussões;
- instigar os estudantes a refletir sobre a evolução histórica dos modelos atômicos e a desenvolver uma visão atualizada do mundo que os cercam.

A sequência foi planejada para ser desenvolvida em oito em oito encontros, perfazendo um total de vinte horas/aulas de cinquenta minutos, havendo a possibilidade de encontros no contraturno, em comum acordo com a turma e com a direção da escola.

Caso você professor (a) opte por utilizar nossa sequência na íntegra, outra possibilidade é buscar parceria com colegas de outras disciplinas e conseguir algumas aulas extras. A seguir, apresentamos os encontros, com a quantidade de aulas ministradas em cada um deles, os conteúdos a serem trabalhados e as atividades propostas.

### **Primeiro encontro: aulas 1, 2 e 3**

Os objetivos específicos do primeiro encontro são:

- proporcionar momentos para levantamento de hipótese, argumentação, resolução de problemas e manipulação de materiais;

- compreender a importância dos modelos no meio científico;
- analisar a evolução histórica e compreender as características dos modelos da estrutura atômica, de Demócrito a Dalton;
- compreender a influência da descoberta do elétron para a evolução dos modelos atômicos.

Os conteúdos a serem abordados são: apresentação da proposta; atividade investigativa 1: A Caixa Mágica; modelagem científica: o papel dos modelos e das representações no meio científico; modelos da estrutura atômica: de Demócrito a Dalton; a descoberta do elétron.

#### ➤ Aula 1: Apresentação da proposta e início da atividade investigativa 1

Professor (a), inicie a aula com uma breve apresentação da proposta que será desenvolvida nos oito encontros. Em seguida, proponha o início da atividade investigativa 1, que consiste na apresentação de uma pequena caixa de papelão com dois palitos, um em cada lado da caixa, ligados entre si por um sistema de transmissão de forças existente dentro da caixa, que não pode ser visto. A caixa deve ser construída de forma que, quando se movimenta um dos palitos, o outro também se movimenta do lado oposto. A ilustração da caixa, construída para esta sequência, pode ser vista na Figura 1, a seguir.



Figura 1 - Caixa utilizada na atividade investigativa 1

Após apresentar a caixa, proponha o seguinte problema: “O que está acontecendo dentro da caixa que permite o movimento simultâneo dos palitos? ”. Incentive os estudantes a elaborar suas hipóteses sobre o funcionamento da caixa, fazendo

perguntas do tipo: “Por que quando movimentamos um dos palitos, o outro também movimenta? Como vocês podem descrever o interior da caixa? ”. Este é o momento em que os estudantes devem argumentar e explicitar as hipóteses levantadas.

O próximo passo é permitir que os estudantes, em grupo, manuseiem a caixa e respondam ao problema proposto. Depois de todos manusearem a caixa e trocar ideias, cada estudante deverá responder, em uma folha à parte, a seguinte questão:

“Na sua opinião, o que estaria acontecendo dentro da caixa que permite o movimento simultâneo dos palitos? Explique e desenhe como deverá ser o sistema (modelo) no interior da caixa”.

#### ➤ Aula 2: Roda de conversa e leitura de texto científico

Este é o momento em que os estudantes devem justificar suas escolhas, opiniões e respostas sobre o funcionamento da caixa. Na verdade, apesar de ser colocado um problema para resolução, é importante deixar claro para os alunos que pode haver várias respostas, dependendo do ponto de vista de cada um durante a manipulação do material. No final, o segredo na caixa não deve ser revelado aos estudantes, pois o objetivo é que compreendam que a maioria dos modelos científicos não podem ser verificados, porque são representações. Após as discussões, entregue aos estudantes o texto “A Modelagem Científica” (ANEXO A). Proceder com a leitura compartilhada e a discussão das ideias principais.

#### ➤ Aula 3: Modelos da estrutura atômica de Demócrito a Dalton

Inicie a aula com o vídeo “Do micro ao macrocosmo”, disponível no site [https://www.youtube.com/watch?v=Pq\\_bb-4WPyM&t=77s](https://www.youtube.com/watch?v=Pq_bb-4WPyM&t=77s). O objetivo é chamar a atenção dos estudantes para o mundo micro, das coisas infinitamente pequenas, invisíveis a olho nu, pois é onde se encontram os átomos.

Em seguida, utilizando-se de *slides* (ANEXO B - *slides* nº 1 ao nº 12), faça uma abordagem histórica e de forma dialogada, sobre a evolução do conceito de átomo, apresentando os principais filósofos e cientistas do século IV a.C. ao século XX d.C.) que

tentaram explicar a composição da matéria, apontando as principais características dos modelos da estrutura atômica propostos nesse período. Em seguida, complementa a sistematização apresentando o vídeo “A descoberta do elétron”, disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=4g0tX6WcUvo> e, de forma dialogada, faça a abordagem do modelo atômico proposto por J.J. Thomson, conhecido como “Pudim de passas”. Sugerimos, também, os *slides* (ANEXO B – *slides* nº 13 ao nº 16) como suporte didático.

Após a abordagem do modelo de Thomson, sugerimos o texto “Modelos atômicos” (ANEXO C), que contém as principais ideias discutidas na aula, para que os estudantes leiam em casa para discussão no próximo encontro. O objetivo dessa proposta é incentivar a prática da leitura e apresentar os primeiros modelos atômicos formulados.

Após esse momento, em folha à parte para ser recolhida, solicite que os estudantes respondam a atividade 2, composta por duas questões: “1) Em que aspectos os resultados das experiências com os raios catódicos não foram explicados por Dalton, influenciando assim Thomson a formular um novo modelo para a estrutura atômica da matéria?; 2) Por que Thomson concluiu que os elétrons poderiam ser encontrados em átomos de todos os elementos?”.

### **Segundo encontro: aulas 4 e 5**

Os objetivos específicos para esse encontro são:

- Resolver um problema, utilizando um aparato experimental, estimulando os estudantes a pensar, dialogar, sistematizar e justificar ideias;
- Ter noção de como é feito o trabalho dos cientistas ao realizarem pesquisas relacionadas ao mundo microscópico;
- Ser capaz de argumentar sobre os resultados da experimentação.

O conteúdo para este encontro é o desenvolvimento da atividade investigativa 2 intitulada “Imaginando o invisível”. Para o desenvolvimento da atividade, que deve ser realizada em grupo, são necessários os seguintes materiais: bolas de gude, um aparato

construído por nós com hastes de ferro em formato de “Y” e quatro bolas de borracha acopladas nas pontas das hastes para formar um único objeto, uma placa quadrada de madeira compensada, conforme pode ser observado na Figura 2.

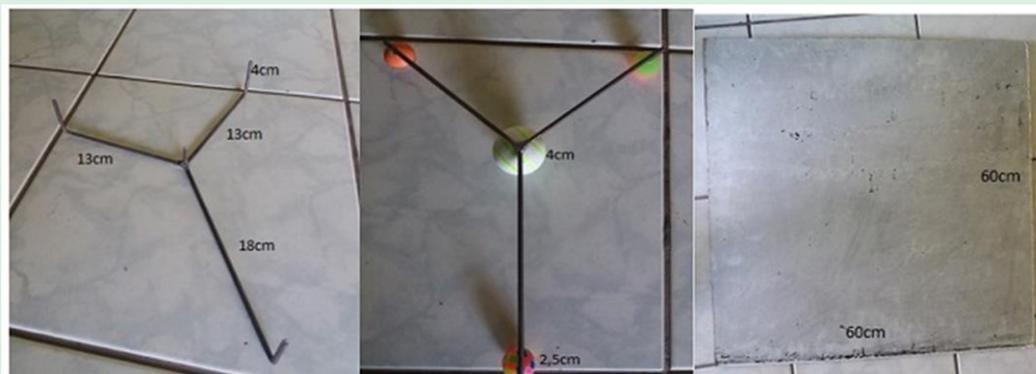


Figura 2 - Materiais para a atividade investigativa 2

Para acoplar as bolas de borracha nas pontas das hastes é só fazer um furo com prego ou arame. Para a base de madeira, reaproveitamos pedaços de quadro branco, disponíveis na escola. A placa é colocada sobre o objeto, de forma que este fica oculto. Na construção do aparato experimental, buscamos fazer uma alusão ao experimento de Rutherford, assunto do próximo encontro. O objetivo da atividade é inserir os estudantes em uma atividade investigativa e proporcionar momentos para que elaborem hipóteses, testem estas hipóteses, organizem dados, elaborem plano de ação, pensem, organizem ideias, expliquem, justifiquem, façam previsões, ou seja, utilizem habilidades próprias do fazer científico para resolver um problema.

É importante salientar que a sala destinada à manipulação dos materiais seja diferente, pois parte do material a ser utilizado não pode ser visto pelos estudantes. Coloque um conjunto de materiais para cada grupo, mantendo uma certa distância entre eles.

#### ➤ Aula 4: Proposição do problema e manipulação dos materiais

Professor (a), inicie a aula com uma revisão sobre os modelos atômicos já estudados, debatendo as ideias do texto que os estudantes levaram para leitura em casa. Nesse momento é importante instigar os estudantes a argumentar sobre os conceitos já

aprendidos, fazendo perguntas do tipo: “ Por que os modelos foram elaborados? Qual era o contexto histórico na época? A ciência é imutável? Por que? ” Explique que a atividade investigativa 2 consiste na resolução de um problema utilizando os materiais disponíveis. Saliente que eles não podem olhar debaixo da placa. Apresente o seguinte problema: “O que há debaixo da tábua? Elabore um modelo que represente esse objeto, justificando e explicando sua resposta”.

Cada grupo deverá responder ao problema proposto utilizando os materiais disponíveis. Espera-se que os estudantes discutam em grupo e pensem estratégias para descobrir o que há debaixo da tábua. As hipóteses levantadas, as ações, o modelo para o objeto oculto, devem ser registrados por cada grupo. Durante a realização da atividade, você, professor (a), desempenha um papel de mediador (a), fazendo questionamentos sobre as ações dos grupos, a fim de direcioná-los para a resolução do problema.

#### ➤ Aula 5: Registro das ideias por escrito e sistematização

Após a manipulação dos materiais, proponha aos grupos que respondam às seguintes questões: “Sobre o aparato experimental, o que há debaixo da tábua? Como chegaram à resposta (ações)? Por que chegaram a tal conclusão? Elabore um modelo que represente esse objeto”. Espera-se que os estudantes argumentem por escrito sobre “como” fizeram e “porque” chegaram às conclusões discutidas no grupo. Em seguida, promova uma discussão para que cada grupo relate suas conclusões. Seu papel nessa discussão é crucial, pois é o momento em que os questionamentos precisam ser feitos de forma direcionada, no sentido de buscar nas falas dos estudantes as informações sobre o que realizaram. Por meio de questionamentos conduza a sistematização das ideias, fazendo alusão ao trabalho dos cientistas em suas pesquisas.

#### **Terceiro encontro: aulas 6 e 7**

Os objetivos específicos para esse encontro são:

- mostrar a necessidade de um novo modelo para explicar o átomo, após o experimento realizado por Rutherford;

- compreender a estrutura do modelo de Rutherford e o contexto histórico em que foi concebido;
- diferenciar os modelos de Dalton, Thomson e Rutherford.

O conteúdo a ser abordado no encontro é o modelo atômico de Ernest Rutherford.

#### ➤ Aula 6: Introdução ao modelo de Rutherford

Inicie a aula fazendo uma revisão sobre o modelo atômico de Thomson com alguns questionamentos: “Como foi chamado o modelo? O que Thomson descobriu? O que ele utilizou em suas experimentações?” É importante fazer a revisão, chamando a atenção sobre as diferenças entre os modelos e os fatores que favoreceram as rupturas de um modelo para o outro, a fim de proporcionar a compreensão da evolução dos modelos atômicos ao longo dos anos. Promova uma discussão, questionando os estudantes sobre os pontos importantes.

Após a revisão dos modelos já estudados, sugerimos os *slides* (ANEXO D) e o vídeo “Experimento de Rutherford”, disponível no site <https://www.youtube.com/watch?v=CRU1ltJs2SQ>, para apresentar o contexto histórico da época, os experimentos e as características do modelo atômico de Ernest Rutherford. Contextualize a atividade investigativa do encontro anterior, fazendo um paralelo entre a investigação realizada e os experimentos realizados sob a orientação de Ernest Rutherford em 1909. Instigue os estudantes a apresentarem as possíveis semelhanças.

#### ➤ Aula 7: Avaliação

Ao final do encontro, proponha uma produção textual individual, onde os estudantes devem escrever o que aprenderam sobre os modelos atômicos já estudados. Entregue a atividade em folha impressa com a seguinte instrução: “Redija um texto explicitando o que mais lhe chamou a atenção no estudo da evolução dos modelos atômicos até o momento. Mencione os acontecimentos que ocorreram para que fosse necessário substituir um modelo por outro. Dê um título ao seu texto”.

### Quarto encontro: aulas 8 e 9

Os objetivos específicos previstos para esse encontro são:

- Discutir sobre a importância dos estudos sobre a luz no contexto histórico da evolução dos modelos atômicos;
- Construir um espectroscópio caseiro simples.

Os conteúdos a serem abordados são: desenvolvimento da espectroscopia, o problema das linhas espectrais de Joseph V. Fraunhofer e os modelos atômicos, construção de um espectroscópio caseiro simples.

#### ➤ Aula 8: Estudo da luz

Inicie o encontro com uma revisão sobre os modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford. Para isso, utilize os *slides* (ANEXO E – *slides* nº 1 ao nº 4). Objetiva-se com essa revisão, reforçar as características dos modelos e os acontecimentos que marcaram a ruptura de um modelo para outro. Em seguida, para sondar o conhecimento prévio sobre o assunto da aula, proponha o seguinte questionamento: “O que é a luz?”. Ouça as respostas dos estudantes, para posterior inferência.

Retomando os slides (nº 5 ao nº 14) apresente o retrospecto histórico sobre a natureza ondulatória da luz. Discorra sobre o espectro eletromagnético de Maxwell, entregando um exemplar impresso dele, para cada estudante. Relembre com os alunos as características das ondas, como período, amplitude, comprimento de onda, frequência. Para provocar uma maior discussão, instigue os estudantes com questionamentos, como: “O que é a frequência de uma onda? E comprimento de onda? Qual a velocidade de propagação de uma onda eletromagnética?”. As discussões sobre a natureza ondulatória da luz têm o objetivo de preparar os estudantes para a retomada da teoria corpuscular, que provocará a formulação de outro modelo atômico.

Após as discussões, apresente parte do vídeo da série “Cosmos: Uma Odisseia do Espaço-Tempo”, apresentada pelo físico Neil deGrasse Tyson, intitulado “Escondido na luz” (iniciar em 17’28” até 33’08”). Este trecho trata das descobertas de Isaac Newton

sobre a luz e as descobertas de Joseph V. Fraunhofer sobre as linhas espectrais escuras. O vídeo está disponível no site <http://www.dailymotion.com/video/x2fduwe> (último acesso em 13 de setembro de 2017). Explique que espectro é a separação da luz em suas cores componentes e que as linhas espectrais escuras descobertas por Fraunhofer foram um fator desencadeador para a formulação de um novo modelo atômico. Daí a razão de inserirmos em nossa sequência tópicos relacionados à espectroscopia.

➤ **Aula 9: Construção do espectroscópio caseiro simples**

Professor (a), explique que o espectroscópio é um instrumento utilizado para observar os espectros da luz emitida e proponha a construção de um espectroscópio caseiro, a fim de serem utilizados para observação de espectros de algumas fontes de luz no próximo encontro. Para isso, utilize o roteiro proposto por Brockington (2005) (ANEXO F). Conforme este roteiro, os materiais utilizados na construção dos espectroscópios são: fita isolante, fita adesiva, papel color set preto, 1 CD, cola, régua, estilete, tesoura, tubo de papelão (ex.: tubo de papel higiênico), e devem ser disponibilizados aos estudantes para que cada um faça o seu instrumento. Um espectroscópio pronto está mostrado na Figura 3.



**Figura 3 - Espectroscópio caseiro simples (BROCKINGTON, 2005)**

É importante que você professor (a), durante a confecção do material, oriente os estudantes no desenvolvimento da atividade, para que os espectroscópios sejam construídos conforme o roteiro.

**Quinto encontro: aulas 10, 11 e 12**

Os objetivos específicos desse encontro são:

- Observar fontes de luz, identificando os tipos de espectros de emissão característicos de cada uma delas, se contínuo ou discreto;
- Descrever as cores dos espectros das lâmpadas observadas;
- Compreender os aspectos da espectroscopia que não foram explicados pelos modelos atômicos de Thomson e Rutherford.

Os conteúdos a serem abordados são: espectros de algumas fontes luminosas, tipos de espectros: contínuo e discreto, estudos da espectroscopia na formulação dos modelos atômicos.

O ideal é que o encontro aconteça no turno noturno em um ambiente escuro, de preferência, para uma melhor visualização dos espectros das lâmpadas. Se não for possível, você professor (a) deve tentar escurecer o ambiente, com cortinas por exemplo.

A atividade envolve a observação das seguintes lâmpadas: fluorescente tubular, fluorescente compacta, de Led, incandescente, luz negra, de vapor de mercúrio e de vapor de sódio. O objetivo é observar diferentes tipos de espectros, para que os estudantes identifiquem quais lâmpadas apresentam espectro contínuo e quais apresentam espectro discreto. Providencie também algumas redes de difração, para o caso de possíveis falhas no funcionamento dos espectroscópios caseiros. Observe uma lâmpada de cada vez.

Na Figura 4 podem ser visualizados alguns materiais para a aula. Da esquerda para a direita os materiais: rede de difração, lâmpada de vapor de mercúrio, base com soquete acoplado e alguns tipos de lâmpadas.



Figura 4 - Materiais utilizados para observar os espectros

➤ **Aula 10: Formação dos grupos e levantamento de hipóteses**

Professor (a), inicie esta aula fazendo uma revisão sobre as observações dos espectros discretos por Joseph V. Fraunhofer. Explique que os espectros de algumas fontes luminosas serão observados. Forme grupos com três pessoas e apresente as lâmpadas. Peça que cada grupo responda, por escrito, à seguinte questão: “Considerando as diferentes fontes luminosas, pode-se dizer que as luzes emitidas por elas apresentam espectros diferentes? Ou haveria algumas com espectros iguais? Justifique sua resposta.” Pretende-se com esse questionamento que os estudantes levantem hipóteses sobre os espectros das lâmpadas, trocando ideias com os colegas do grupo.

Após o levantamento das hipóteses pelos grupos, prossiga com a atividade, ligando as diferentes lâmpadas, uma de cada vez, para que os estudantes observem os seus espectros.

➤ **Aula 11: Observação dos espectros das lâmpadas**

Durante a observação, oriente os grupos a descrever os espectros de cada lâmpada, respondendo às questões: “1) Utilizando seu espectroscópio observe e descreva o espectro de cada fonte disponível. Sugestão: Organize seus dados, representando os espectros observados com lápis de cor; 2) Faça comparações, sistematize seus resultados e verifique se confirmam a resposta ao questionamento feito antes da observação dos espectros”. Espera-se que os estudantes percebam que as lâmpadas de gás emitem espectros discretos, diferentes dos espectros contínuos das lâmpadas de emissão por aquecimento de sólido.

A seguir, imagens do momento de observação dos espectros, ao implementarmos a sequência em sala de aula (Figura 5):



**Figura 5: Observação dos espectros das lâmpadas**

➤ **Aula 12: Sistematização dos conceitos**

Após a observação dos espectros, utilize *slides* (ANEXO G) e explique sobre a importância da espectroscopia para os estudos dos modelos atômicos. É importante que os estudantes compreendam que as informações sobre as propriedades físicas de um objeto podem ser obtidas a partir de seu espectro. A seguir, apresente a parte final do vídeo “Escondido na luz” da série Cosmos (iniciar em 36’35” até 40’54”), que explica como a observação dos espectros da luz das estrelas permite identificar o que há na atmosfera desses corpos celestes.

Após a exibição do vídeo, você professor (a), deve fazer o seguinte questionamento aos estudantes: “Mas, por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?”. Explique que os modelos atômicos de Thomson e de Rutherford não esclareciam o problema das raias espectrais e que no próximo encontro será abordado outro assunto que também contribuiu para a formulação dos modelos atômicos.

**Sexto encontro: aulas 13, 14 e 15**

Como esta sequência de ensino foi pensada para a abordagem da evolução histórica dos modelos atômicos, incluímos o efeito fotoelétrico, pois foi o responsável em abalar as bases do modelo ondulatório da luz e retomar as discussões sobre o modelo corpuscular. Assim, os objetivos específicos para esse encontro são:

- identificar as variáveis relevantes na ocorrência do efeito fotoelétrico;
- Compreender a importância dos resultados do efeito fotoelétrico para a retomada do modelo corpuscular da luz e, conseqüentemente, para a compreensão da estrutura da matéria.

Os conteúdos a serem abordados são: efeito fotoelétrico, atividade investigativa 3: simulação computacional do efeito fotoelétrico.

O encontro deve acontecer no laboratório de informática. Na Figura 6, apresentamos a interface do objeto de aprendizagem proposto para a abordagem do efeito fotoelétrico, disponível no site <http://www.fisica.ufpb.br/>.

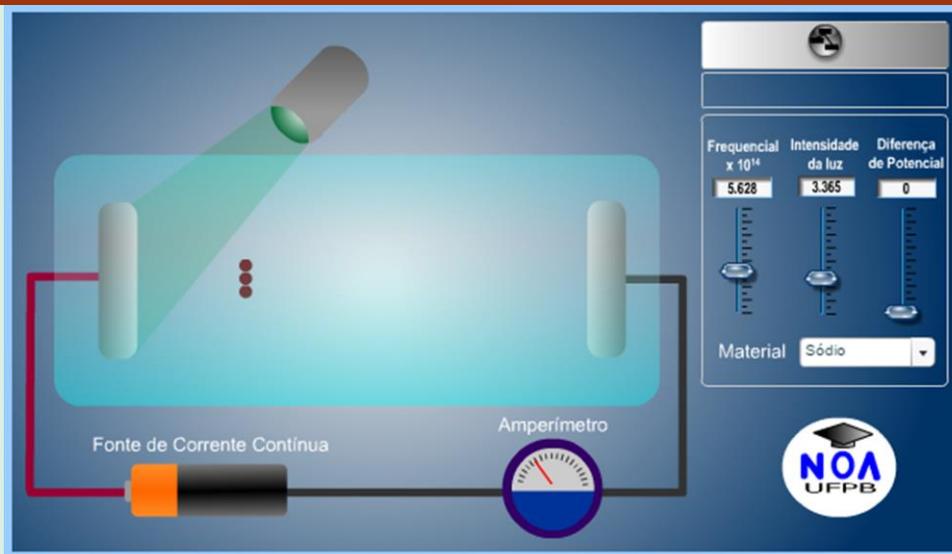


Figura 6 - Objeto de aprendizagem: o Efeito Fotoelétrico

Conforme a ilustração, o objeto de aprendizagem simula um circuito elétrico acoplado a um tubo de vácuo contendo duas placas de metal, uma de cada lado e separadas por uma certa distância. Há uma fonte de luz, representada por uma lanterna, responsável em incidir luz sobre uma das placas de metal. É possível perceber que algumas variáveis podem ser alteradas, tais como: a frequência da luz incidente, a intensidade da luz, a diferença de potencial entre as placas metálicas e o tipo de material de que são feitas as placas. Além disso, há um amperímetro na parte inferior, indicador de que há passagem de corrente elétrica de uma placa para a outra.

➤ **Aula 13: Introdução ao efeito fotoelétrico e problematização**

Inicie a aula promovendo uma pequena discussão sobre o encontro anterior, onde os estudantes observaram os espectros de alguns tipos de lâmpadas. Pergunte sobre suas percepções sobre os espectros das luzes emitidas. Em seguida, utilize os *slides* (ANEXO H) e fale sobre a quantização da energia proposta por Max Planck em 1900, ao estudar a emissão de radiação por um corpo aquecido. E depois sobre a quantização da luz proposta por Albert Einstein em 1905, estudos que marcaram o nascimento da Física Quântica e que deram início a novas formulações para o modelo atômico.

Concluídas as discussões, mostre o objeto de aprendizagem (utilize o projetor multimídia), explicando aos estudantes o significado de cada variável. Em seguida,

solicite que os estudantes se dividam em duplas para realização da atividade investigativa 3, ou de acordo com a disponibilidade de computadores. O objetivo é que os estudantes troquem ideias entre si, manipulem o simulador e resolvam o seguinte problema: “Quais os fatores que influenciam na ocorrência do efeito fotoelétrico, ou seja, em que condições ou o que interfere para que ocorra o fenômeno?”. Ao apresentar a pergunta, peça aos estudantes que emitam suas hipóteses, para que exponham suas concepções prévias sobre o problema apresentado.

➤ **Aula 14: Atividade com a simulação e resolução do problema**

Nessa aula, os estudantes manipulam o simulador para a resolução do problema proposto. Espera-se que eles percebam, gradualmente, como funciona o simulador, a influência das variáveis para a ocorrência do fenômeno e quais as situações em que não ocorre (por exemplo, perceber que para determinado valor de frequência, e determinado material, nenhum elétron será ejetado da placa de metal). Durante o processo, cabe a você professor (a) orientar os estudantes, tirando dúvidas, direcionando ações com questionamentos e instigando a discussão de ideias, para que haja interações discursivas entre eles. A ideia é levar os estudantes a pensar, refletir sobre suas ações, discutir, explicar, levantar hipóteses, testar essas hipóteses, e argumentar sobre suas ideias. Por fim, peça que sintetizem suas conclusões, por escrito, respondendo à questão: “Quais os fatores que influenciam na ocorrência do efeito fotoelétrico, ou seja, em que condições ou o que interfere para que ocorra esse fenômeno? Explique como foi possível chegar às conclusões (descrever os passos seguidos) ”.

➤ **Aula 15: Sistematização das conclusões pelos estudantes e contextualização**

Terminada a atividade, promova uma roda de conversa sobre as respostas à questão, para que os estudantes argumentem sobre “como” fizeram e os “porquês” de suas ações e conclusões, e para que exponham as dificuldades encontradas. Utilizando o simulador, sistematize os conceitos sobre o efeito fotoelétrico, discutindo sobre os sobre os conceitos aprendidos. Assim, pode ser feita a sistematização sobre as variáveis

envolvidas na ocorrência do efeito fotoelétrico e sobre as conclusões propostas por Einstein, a partir das respostas dos estudantes. Nesse momento, introduza a equação do efeito fotoelétrico, que relaciona a energia cinética ( $E_c$ ) do elétron ejetado da superfície de um metal à frequência da luz incidente ( $f$ ) e à energia necessária para arrancar o elétron do material, que é a função trabalho ( $W$ ) do metal ( $E_c = hf - W$ , onde  $h$  é a constante de Planck).

Para complementar a sistematização do conteúdo, resolva com os estudantes a questão: “Um fotoelétron do cobre é retirado com uma energia cinética máxima de 4,2 eV. Qual a frequência do fóton que retirou esse elétron, sabendo-se que a função trabalho ( $W$ ) do cobre é de 4,3 eV? (Considere  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ )”. Em seguida, contextualize explicando sobre o funcionamento das portas de *shoppings* e das lâmpadas da iluminação pública, que funcionam, automaticamente, com o uso de fotocélulas.

No final da aula, entregue uma cópia impressa do texto “O físico e o fóton” (ANEXO I), disponível no site [http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o\\_fisico\\_e\\_o\\_foton](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o_fisico_e_o_foton). Neste texto, o professor faz uma abordagem histórica do efeito fotoelétrico e a repercussão das descobertas de Einstein na comunidade científica da época. Oriente aos estudantes para que façam a leitura e resolvam as questões: “1) Como você definiria o efeito fotoelétrico?; 2) Dois feixes de luz de mesma frequência, mas de intensidades diferentes incidem sobre duas placas metálicas de mesmo material. Qual delas poderá ejetar mais elétrons da placa? Justifique; 3) Para que a prata exiba o efeito fotoelétrico é necessário que ela tenha uma frequência de corte de  $1,14 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$ . Determine a função trabalho ( $W$ ), em Joule, para “arrancar” um elétron de uma placa de prata. Considere  $h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ ”. O objetivo dessas questões é ampliar a sistematização do conteúdo, incentivar a prática da leitura, levar os estudantes a compreender a importância das pesquisas de Einstein e verificar a aprendizagem dos conceitos.

### **Sétimo encontro: aulas 16, 17 e 18**

Os objetivos específicos para este encontro são:

- relembrar as principais características dos modelos atômicos de Dalton, Thomson e Rutherford;
- identificar as principais características do modelo de Bohr;
- compreender como diferentes materiais emitem luz, segundo o modelo de Bohr.

Os conteúdos a serem abordados são: revisão dos modelos atômicos estudados, atividade experimental do Teste das Chamas, o modelo atômico de Niels Bohr.

Para este encontro, propomos a realização de uma atividade experimental demonstrativa, o Teste das Chamas, que consiste na queima de diferentes substâncias por meio da adição de um combustível (álcool etílico), onde cada substância apresenta uma cor característica, quando entra em combustão. Pensamos a atividade para sistematizar os conceitos de espectro contínuo e discreto, possibilitar discussões sobre as limitações do modelo atômico de Rutherford e introduzir o modelo de Bohr por meio de um elemento do cotidiano, o fogo.

Para a atividade do Teste das Chamas são necessários diferentes materiais, como: sulfato de cobre, sulfato de lítio, sulfato de sódio, carbonato de sódio e tiras de magnésio. Além destes, um par de luvas, álcool etílico, colheres descartáveis, cápsulas de porcelana, pinça metálica, fósforo e uma caixa de papelão com seu interior forrado com papel cartão preto, para melhor visualização da chama, caso o ambiente seja claro. Os procedimentos devem ser realizados por você professor (a), a fim de não colocar os estudantes em risco. A proposta é colocar os materiais nas cápsulas de porcelana e iniciar a queima, um de cada vez. Acrescente uma porção de álcool etílico e ponha fogo. Com a pinça, misture a substância, enquanto acontece a queima. Se for necessário, ir acrescentando porções do material no fogo, utilizando para isso a colher descartável.

Na Figura 7, apresentamos os materiais que utilizamos para a realização do Teste das Chamas, durante a implementação dessa sequência de ensino.



**Figura 7 - Materiais para a atividade do Teste das Chamas**

➤ **Aula 16: Revisão dos modelos atômicos e problematização**

Inicie a aula, utilizando os *slides* elaborados para este momento (ANEXO J - nº 1 ao nº 10). Em uma exposição dialogada, faça uma breve revisão dos modelos atômicos. Explique o modelo de Rutherford e aborde os problemas do início do século XX que não foram explicados por ele, a saber, os espectros discretos dos elementos e o efeito fotoelétrico. Relembre a ideia de quantização proposta por Planck e Einstein, pois foi a partir dela que Bohr postulou seu modelo. Espera-se com a revisão que os estudantes compreendam a evolução dos modelos atômicos ao longo do tempo e a necessidade de um outro modelo que explique os espectros discretos e o efeito fotoelétrico.

Após a revisão, continue a aula fazendo a seguinte pergunta: “Qual a cor do fogo? ”. A pergunta tem como finalidade despertar o interesse dos estudantes para a atividade experimental e provocar dúvidas nas concepções que trazem sobre a cor do fogo. Em seguida, apresente os materiais da atividade, para que anotem os nomes das substâncias e imaginem a cor da chama produzida por cada uma delas.

➤ **Aula 17: Atividade experimental do Teste das Chamas**

Antes de iniciar a queima dos materiais, oriente os estudantes a registrarem suas observações, durante a atividade, respondendo à questão impressa em folha para ser recolhida: “Na atividade experimental do Teste das Chamas, cada material utilizado emitirá uma determinada cor quando for submetido ao aquecimento. Os recipientes nos quais serão aquecidos foram previamente identificados por números. Durante a

queima, observe o que ocorre e faça suas anotações. Registre as diferentes cores apresentadas pelos diferentes materiais”. Espera-se que eles percebam que cada substância, ao ser aquecida, emite luz em uma cor característica.

Na Figura 8, o resultado da queima de algumas substâncias, durante a nossa implementação da sequência em sala de aula.



**Figura 8: Queima de algumas substâncias, durante nossa implementação**

Professor (a), terminada a atividade do Teste das chamas, retome aos *slides* (nº 11 ao nº 16) e, de forma expositiva e dialogada, apresente os postulados propostos por Niels Bohr para o modelo atômico e explique como tal modelo resolveu o problema da instabilidade do átomo de Rutherford e do espectro discreto do átomo de hidrogênio.

Em seguida, para sistematizar o conteúdo, apresente mais uma parte do vídeo “Escondido na luz” da série Cosmos (iniciar em 33’ até 37’08’’). Esse trecho mostra, por meio de simulações, movimentos semelhantes ao salto quântico dos elétrons e as linhas escuras produzidas, bem como as cores produzidas pelas ondas luminosas emitidas.

Após o vídeo, mostre a relação do salto quântico do elétron, proposto por Bohr, com as cores obtidas na atividade experimental do Teste das Chamas.

#### ➤ Aula 18: Resolução de exercícios

Após as discussões, resolva com os estudantes, de forma dialogada e participativa, algumas questões sobre o átomo de Bohr, instigando-os ao raciocínio, à discussão e à sistematização de conceitos. As questões propostas, encontram-se no Anexo K. O objetivo da atividade é reforçar a compreensão dos estudantes sobre os postulados de Bohr.

## Oitavo encontro: aulas 19 e 20

Propomos para o último encontro a avaliação final, após a implementação da sequência de ensino. Para isso, foram pensados dois instrumentos: um questionário final e uma roda de conversa com os estudantes.

### ➤ Aula 19: Aplicação do questionário final

Nessa aula, os estudantes respondem o questionário final (ANEXO L), que contém questões abertas, onde os estudantes, são desafiados a escrever sobre os modelos atômicos, suas características, as diferenças entre eles, o contexto em que foram formulados; sobre o modelo atômico proposto por Bohr e como seus postulados explicaram os espectros discretos e as diferentes cores emitidas por elementos químicos aquecidos; sobre a importância das hipóteses erradas para o avanço da ciência; e por fim, sobre suas percepções a respeito das atividades e/ou conteúdos desenvolvidos durante o desenvolvimento da sequência. Oriente para que o façam, individualmente, e sem consulta a nenhum tipo de material de pesquisa, a fim de que se possa verificar o conhecimento apreendido por cada estudante.

### ➤ Aula 20: Roda de conversa com os estudantes

Após a resolução do questionário final por todos os estudantes, recolha a atividade e proponha uma roda de conversa sobre os principais tópicos abordados no desenvolvimento das atividades. Para este momento, inicie perguntando: “O que é o átomo? ”. O propósito da pergunta é retomar às concepções iniciais dos estudantes, quando responderam o questionário inicial. A roda de conversa tem como objetivos estimular os estudantes a se expressar oralmente sobre os conceitos abordados na sequência, reforçar os conhecimentos aprendidos e proporcionar momentos para argumentar, explicar, listar, opinar sobre o que aprenderam.

## ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Sabemos que é um desafio iminente para professores de Física encontrar caminhos que instiguem os estudantes a participar ativamente do processo de ensino-aprendizagem.

Esperamos que este produto educacional possa proporcionar a você professor (a) de Física oportunidade de assumir o papel de mediador na construção do conhecimento dos seus estudantes. Que as aulas aqui descritas os auxiliem no planejamento de suas atividades e provoquem em vocês reflexões sobre a prática pedagógica e sobre a importância da mediação na construção do conhecimento científico.

Salientamos que esta sequência de ensino é uma proposta e, como tal, pode ser adaptada de acordo com as necessidades e realidades de cada escola. Portanto, você professor (a) tem total liberdade de adequar como assim o desejar. Sugerimos a leitura dos referenciais adotados nesta sequência, para uma melhor compreensão de nossa proposta.

**Bom trabalho e bons estudos!!!**

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. (Org.). **Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Pioneira, 2004. p. 19-33.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC/SEB, 2002.

CARVALHO, A. M. P. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). In: LONGHINI, M. D. (Org.). **O uno e o Diverso na Educação**. Uberlândia: EDUFU, 2011. cap. 18, p. 253-266.

\_\_\_\_\_. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

BROCKINGTON, G. **A realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do ensino médio**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 23-48, mar. 2000.

SASSERON, L. H. **Alfabetização Científica no Ensino Fundamental: Estrutura e Indicadores deste processo em sala de aula**. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e o padrão de Toulmin”. **Ciência & Educação**, v.17, n.1, p. 97-114, mar. 2011.

SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização Científica na prática: inovando a forma de ensinar física**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p.209-214, Florianópolis, dez. 1992.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C.E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Rev. Ensaio**, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67 – 80, set./dez. 2011.

**ANEXO A - Texto: A modelagem científica****A modelagem científica**

35

Rafael Vasques Brandão - Inês Solano Araújo - Eliane Angela Veit

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Nos referimos à modelagem científica como um processo de criação de modelos com a finalidade de compreender a realidade.

(...)

Assim, os cientistas produzem conhecimento científico formulando questões de pesquisa sobre objetos (ou fatos) reais ou supostos como tais. Por exemplo, átomos, moléculas, células, sistemas, processos, máquinas e sociedades, etc. Nesse processo, eles formulam hipóteses e elaboram modelos conceituais que, encaixados em teorias gerais, poderão se constituir em modelos teóricos capazes de gerar resultados que possam ser confrontados com os resultados empíricos provenientes da experimentação. Porém, quão bem um modelo teórico representa o comportamento de um objeto ou fenômeno físico? A adequação de modelos teóricos aos fatos depende basicamente: a) das questões que pretendem responder; b) do grau de precisão desejável em suas previsões; c) da quantidade de informações disponíveis sobre a realidade; e d) das idealizações que são feitas a respeito dos seus referentes.

Adicionalmente, é desejável que os modelos sejam compatíveis com grande parte do conhecimento científico previamente estabelecido. Estes requisitos de cientificidade, embora necessários, de modo algum são suficientes quando alcançados independentemente. Contudo, nenhum modelo teórico tem a pretensão de representar completamente qualquer sistema ou fenômeno físico. Em geral, eles são concebidos para descrever certos fenômenos que exibem estrutura e/ou comportamento semelhantes. Por isso, possuem um domínio de validade. Por concentrarem-se em um número limitado de características essenciais, espera-se que, mais cedo ou mais tarde, falhem ao representar aspectos da realidade. Nesses casos, dizemos que o domínio de validade do modelo foi extrapolado.

De forma semelhante, as teorias gerais também possuem limitações. O exemplo clássico é o da mecânica newtoniana que descreve com boa aproximação o movimento de objetos macroscópicos usuais, porém, com o surgimento de outras teorias, suas leis e princípios demonstraram-se limitados para a descrição do movimento nas regiões de altas velocidades (da ordem da velocidade da luz), e de pequenas dimensões (escalas atômica e subatômica).

(...)

Fragmentos do texto “A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física” - Física na Escola, v. 9, n. 1, 2008.

## ANEXO B – Slides da aula 3

36

## Slide 1

**Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva**  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

**Professora: Elismar Gonçalves da Silva**

**Amorinópolis/GO**  
**Outubro de 2016**

## Slide 2

Slide 2: De que é feita a matéria?

Imagens: Uma folha verde com gotas de água, pedras coloridas, uma criança olhando para cima, e uma coleção de eletrônicos.

Fontes: <http://www.avespadoiverso.com.br/wp-content/uploads/2015/11/plantas1.jpg>; <http://remediosnaturais.info/wp-content/uploads/2014/03/pedrascoloridas.jpg>; <http://data.whicdn.com/images/12122948/original.jpg>; <http://www.gradientes.com.br/site/images/banner1.jpg>

## Slide 3

**As ideias de alguns filósofos gregos**

**Leucipo e Demócrito**  
Século V a. C.

Influenciados por teorias antecessoras (Parmênides, Heráclito, Anaxágoras, Empédocles...) postularam:

- O mundo seria formado por matéria e o vazio;
- A matéria seria formada por partículas minúsculas e indivisíveis, átomo (do grego **a-tomos**, o não divisível);
- Um átomo era imutável, mas um conjunto de átomos, arranjado de maneiras diferentes poderiam formar várias formas de matéria.

Fonte: <https://www.amae.com/@ADQRZWIQ/P1C2N8D5ICA-ATNCR98AMICA-Apresentat9C38A79C39A30.pptx>

## Slide 4

**PARA DEMÓCRITO**

Os átomos são **indivisíveis, maciços, indestrutíveis, eternos e invisíveis**, podendo ser concebidos somente pelo **pensamento**, nunca percebidos pelos sentidos.

Fonte: <http://tomdaquimica.zip.net/images/demo.jpg>

## Slide 5

**Aristóteles rejeita o modelo de Demócrito**

**Aristóteles** (384 a.C. - 322 a.C.)

- Toda matéria seria contínua e composta por quatro elementos: **AR, ÁGUA, TERRA e FOGO**;
- A matéria poderia ser dividida indefinidamente.

Fonte: [https://projetochronos.files.wordpress.com/2009/06/tudo\\_de\\_milto.jpg](https://projetochronos.files.wordpress.com/2009/06/tudo_de_milto.jpg)

## Slide 6

**As ideias de Leucipo e Demócrito sobre o ÁTOMO só foram retomadas, aproximadamente, 2.200 anos depois.**

## Slide 7

## John Dalton (1766 – 1844)



FONTE: [http://paintedgeneframe.com/uploadpic/ot-henr/09/2\\_soon\\_dalton\\_1766-1844.jpg](http://paintedgeneframe.com/uploadpic/ot-henr/09/2_soon_dalton_1766-1844.jpg)

- Químico e meteorologista inglês, ;
- Estudou sobre a “cegueira das cores”, mal que ele mesmo sofria, conhecida hoje como **daltonismo**;
- Estudou diferentes reações químicas, medindo as massas dos reagentes antes e depois das reações;
- fez aproximadamente duzentas mil observações meteorológicas.

## Slide 8

37

## Motivação de Dalton

- As informações de que Lavoisier havia identificado que o ar atmosférico era composto, pelo menos, por dois gases de pesos diferentes.

## Dalton queria saber:

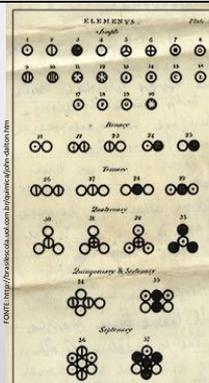
- **As proporções desses gases na atmosfera;**
  - **Se o vapor de água combinava com esses gases;**
  - **Porque a gravidade não separava os gases de pesos diferentes, dentre outros questionamentos.**
- (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011)

## Slide 9

## Em 1808, John Dalton propôs sua teoria atômica:

- **Os átomos são esféricos, maciços, indivisíveis e indestrutíveis;**
- **Todos os átomos de um mesmo elemento são iguais em peso, forma e tamanho. Elementos químicos diferentes apresentam átomos com massas, formas e tamanhos diferentes.**
- **Os diferentes átomos se combinam em várias proporções, formando novos compostos;**
- **Uma reação química é um rearranjo de átomos. Não destroem ou criam átomos.**

## Slide 10



## Modelo da bola de bilhar

1. Oxigênio	10. Mercúrio	19. Arsênio	28. Cálcio
2. Hidrogênio	11. Cobre	20. Cobalto	29. Magnésio
3. Nitrogênio	12. Ferro	21. Manganês	30. Bário
4. Carbono	13. Níquel	22. Urânio	31. Estôncio
5. Enxofre	14. Látão	23. Tungstênio	32. Alumínio
6. Fósforo	15. Chumbo	24. Titânio	33. Silício
7. Ouro	16. Zinco	25. Cério	34. Lítio
8. Platina	17. Bismuto	26. Polônio	35. Berílio
9. Prata	18. Antimônio	27. Sódio	36. Zinco

## Slide 11

## PROBLEMAS DO MODELO

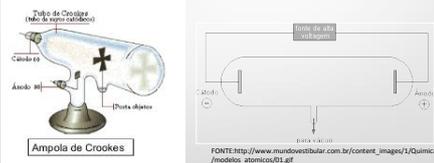
- A regra da máxima simplicidade. Segundo ela, por exemplo, a água deveria possuir a fórmula HO e a amônia NH, o que sabemos hoje que não é verdadeiro.
- Não contemplar a natureza elétrica da matéria ( Faraday, Ampère, Oersted).

## Slide 12

Os resultados obtidos pela Teoria Cinética dos Gases e a formulação do conceito de átomo científico, elaborado no século XIX, por Dalton, contribuíram para a aceitação da teoria atômica... (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011)

Slide 13

No final do século XIX, a comunidade científica (Willian Crookes, Eugen Goldsrein, Thomson, entre outros) estavam realizando experimentos com ampola de Crookes. Vários fenômenos foram observados.



Ampliação de uma imagem da ampola de Crookes

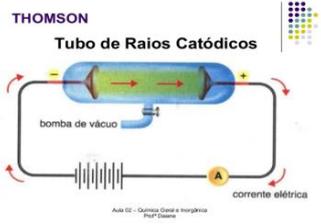
Fonte: <http://3.bp.blogspot.com/-k9C7RCKC8vT/u90QZS8QAAAAAAABwPSZ-6YudT4s1800/images.jpg>

Fonte: [http://www.mundovestibular.com.br/content\\_images/3/Quimica/modulo\\_atomica01.gif](http://www.mundovestibular.com.br/content_images/3/Quimica/modulo_atomica01.gif)

Slide 14

**THOMSON**

Tubo de Raios Catódicos



bomba de vácuo

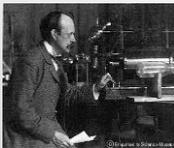
corrente elétrica

Fonte: <http://image.sldsharadon.com/aula02-131/109050435-ppapp0196/quimica-geral-aula-02-9-438.jpg?b=1383627922>

Thomson testou tubos contendo 4 diferentes gases e utilizou 3 metais diferentes na constituição dos eletrodos chegando sempre aos mesmos valores para a relação  $e/m$ .

Slide 15

### Modelo Atômico de J. J. Thomson (1904)



Fonte: [https://www.if.ufrgs.br/fov/tst142/tomod/verbetes/thomson\\_lab.jpg](https://www.if.ufrgs.br/fov/tst142/tomod/verbetes/thomson_lab.jpg)

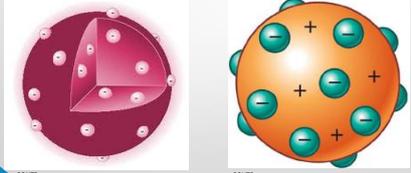
“Temos assim, em primeiro lugar, **uma esfera de eletricidade positiva uniforme** e, dentro dessa esfera, **um número de corpúsculos** dispostos em uma série de anéis paralelos, com o número de corpúsculos em um anel variando de anel para anel: **cada corpúsculo se move a alta velocidade** sobre a circunferência do anel no qual está situado e os anéis são dispostos de modo que aqueles que contêm **um grande número de corpúsculos estão próximos à superfície da esfera**, enquanto **aqueles em que há um número menor de corpúsculos estão mais no interior**” (THOMSON, 1904 apud PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, P. 43).

38

Slide 16

**ANALOGIA AO MODELO DE THOMSON**

**Pudim de passas**



Fonte: [https://www.if.ufrgs.br/fov/tst142/tomod/verbetes/thomson\\_lab.jpg](https://www.if.ufrgs.br/fov/tst142/tomod/verbetes/thomson_lab.jpg)

Fonte: <http://brasil Escola.uol.com.br/aplicad/contudo/Imagem/atomos/thomson.jpg>

Slide 17

### CRÉDITOS

FOGAÇA, J. R. V. "John Dalton". *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilescuela.uol.com.br/quimica/john-dalton.htm>>. Acesso em 28 de outubro de 2016.

<http://www.oversodoinverso.com.br/wp-content/uploads/2015/11/plantas1.jpg>

<http://remediosnaturais.info/wp-content/uploads/2014/03/pedraNosRins.jpg>

<https://www.emaze.com/@AOORZWIO/F%3C%8D5ICA-AT%3C%94MICA---Apresenta%3C%A7%3C%A3o.pptx>

<https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/atomic-structure-and-properties/introduction-to-compounds/a/daltons-atomic-theory-version-2>

<http://data.whicdn.com/images/12132948/original.jpg>

LOPES, C. V. M.; MARTINS, R. A. J. J. Thomson e o uso de analogias para explicar os modelos atômicos: o "pudim de passas" nos livros texto. ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, n. 7, 2009. *Anais...* Florianópolis, 2009.

Slide 18

PINHEIRO, L.A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22\\_v6\\_pinheiro\\_costa\\_moreira.pdf](http://www.if.ufrgs.br/public/tapf/v22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf). Acesso em: 28 out. 2016.

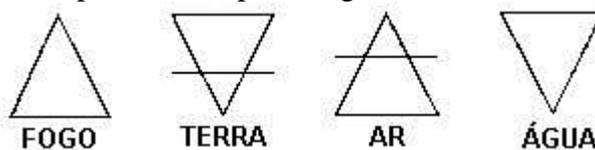
## ANEXO C - Texto: Evolução do modelo atômico

### EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO

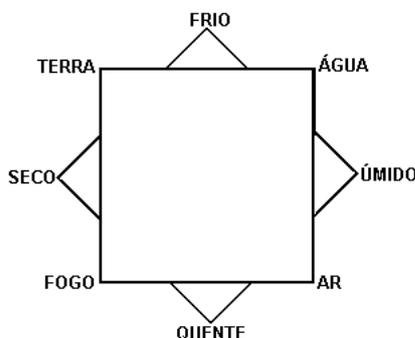
39

#### Ideia filosófica sobre a constituição da matéria

A preocupação com a constituição da matéria surgiu por volta do século V a.C., na Grécia. O filósofo grego Empédocles (490 a.C. – 430 a.C.), estabeleceu a “Teoria dos Quatro Elementos Imutáveis” onde acreditava que toda matéria era constituída por quatro elementos: água, terra, fogo e ar, que eram representados pelos seguintes símbolos:



Esses 4 elementos básicos eram aliados às quatro qualidades: quente, frio, seco e úmido:



Tudo na natureza seria formado pela combinação desses quatro elementos, em diferentes proporções.

Leucipo de Mileto (aprox. 500 a.C.) nos deu a primeira noção de átomo, partindo da própria semântica da palavra: ÁTOMO vem do grego “A-TOMOS” e significa INDIVISÍVEL. Ele acreditava também que o vácuo não existia somente no mundo em que vivemos, mas muito além, no infinito espaço do cosmos. Achava, ainda, que existia um número infinito de mundos, todos compostos de um número infinito de átomos.

Demócrito de Abdera (aprox. 460 a.C.), discípulo de Leucipo, explicou que a matéria era constituída de partículas em perpétuo movimento e dotadas das seguintes qualidades: indivisibilidade, invisibilidade (pelo seu tamanho extremamente pequeno), solidez, eternidade (por ser perfeita, segundo ele), cercada por espaços vazios (o que explicava o seu movimento e diferentes densidades) e dotada de um infinito número de formas (explicando a diversidade na natureza). Com isso, os filósofos gregos Leucipo e Demócrito desenvolveram a seguinte ideia filosófica:

- No universo há duas coisas, os átomos e o vácuo. O mundo é, portanto, composto de montes de matéria em um mar de vazio total.
- Os átomos são substâncias sólidas, infinitos em número e forma e, a maioria deles, se não todos, muito pequenos para serem vistos.
- Um átomo não poderia ser cortado ou dividido de qualquer maneira, e é completamente sólido. Todos os átomos estão em perpétuo movimento no vácuo.

#### Modelo atômico de Dalton



Em 1808, John Dalton a partir da ideia filosófica de átomo estabelecida por Leucipo e Demócrito, realizou experimentos fundamentados nas Leis Ponderais, propôs uma Teoria Atômica, também conhecida como modelo da bola de bilhar, a qual expressa, de um modo geral, o seguinte:

- O átomo é constituído de partículas esféricas, maciças, indestrutíveis e indivisíveis.
- A combinação de átomos de elementos diferentes, numa proporção de números inteiros, origina substâncias químicas diferentes.
- Numa transformação química, os átomos não são criados nem destruídos: são simplesmente rearranjados, originando novas substâncias químicas.
- Elementos químicos diferentes apresentam átomos com massas, formas e tamanhos diferentes.
- Um conjunto de átomos com as mesmas massas, formas e tamanhos apresenta as mesmas propriedades e constitui um elemento químico.

Na época de Dalton haviam sido isolados apenas 36 elementos químicos e ainda se utilizavam símbolos vindos da alquimia para representar tais elementos. O próprio Dalton foi autor de uma destas simbologias. Veja a ilustração a seguir adaptada de um de seus livros:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36				

*New System of Chemical Philosophy, Vol. 1. Part 1*

1. Oxigênio	10. Mercúrio	19. Arsênio	28. Cálcio
2. Hidrogênio	11. Cobre	20. Cobalto	29. Magnés
3. Nitrogênio	12. Ferro	21. Manganês	30. Bário
4. Carbono	13. Níquel	22. Urânio	31. Estrônc
5. Enxofre	14. Latão	23. Tungstênio	32. Alumini
6. Fósforo	15. Chumbo	24. Titânio	33. Silício
7. Ouro	16. Zinco	25. Cério	34. Ítrio
8. Platina	17. Bismuto	26. Potássio	35. Berílio
9. Prata	18. Antimônio	27. Sódio	36. Zircôníc

Os símbolos de Dalton não eram muito diferentes dos símbolos mais antigos da alquimia, porém traziam uma inovação. Cada átomo possuía um símbolo próprio e a fórmula de um composto era representada pela combinação destes símbolos. Veja os exemplos:

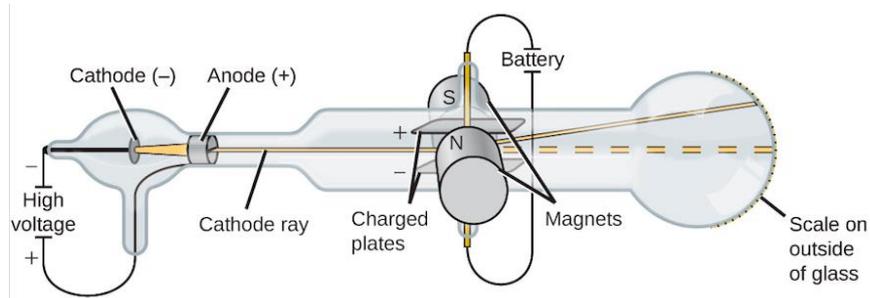


A nomenclatura utilizada por Dalton, que é basicamente a mesma utilizada até hoje, foi introduzida pelo Francês Antoine Lavoisier, em 1787, no livro *Methods of Chemical Nomenclature*. O uso de símbolos abstratos só terminou por volta de 1813-1814, com Berzelius, que, além de ter isolado o cálcio, bário, estrôncio, silício, titânio e o zircônio, também descobriu o selênio, o tório e o cério. Quando Berzelius decidiu que era hora de mudar as coisas ele realmente mudou. Tendo em vista que os símbolos antigos não eram fáceis de escrever, desfiguravam os livros e não colaboravam em nada para a sua memorização, Berzelius propôs que os símbolos fossem representados por letras, baseadas na letra inicial do nome em Latim de cada substância elementar. (...)

Texto extraído do Portal e Estudos em Química, disponível em: [http://www.profpc.com.br/evolu%C3%A7%C3%A3o\\_at%C3%B4mica.htm#Idéia\\_filosófica\\_sobre\\_a\\_constituição\\_da\\_matéria](http://www.profpc.com.br/evolu%C3%A7%C3%A3o_at%C3%B4mica.htm#Idéia_filosófica_sobre_a_constituição_da_matéria). Acesso em 25 set. 2016.

### J.J. Thomson e a descoberta do elétron

No final do século XIX, o físico J.J. Thomson começou a fazer experimentos com *tubos de raios catódicos*. Tubos de raios catódicos são tubos de vidro lacrados dos quais a maior parte do ar foi retirada. É aplicada uma alta voltagem através de dois eletrodos em uma das extremidades do tubo, o que faz com que um feixe de partículas flua do cátodo (o eletrodo carregado negativamente) para o ânodo (o eletrodo carregado positivamente). Os tubos são chamados tubos de raios catódicos porque o feixe de partículas, ou “raio catódico”, se origina no cátodo. É possível detectar o raio pintando um material conhecido como *fósforo* na extremidade do tubo, além do ânodo. O fósforo emite centelhas, ou luz, quando atingido pelo raio catódico.



*Diagrama do tubo de raios catódicos de J.J. Thomson. O raio origina-se no cátodo e passa através de uma fenda no ânodo. O raio catódico é desviado da placa elétrica de carga negativa, e em direção à placa elétrica de carga positiva. O tamanho do desvio do raio pelo campo magnético ajudou Thomson a determinar a razão entre massa e carga das partículas.*

Para testar as propriedades das partículas, Thomson colocou duas placas elétricas ao redor do raio catódico. O raio catódico desviou-se da placa elétrica de carga negativa e foi em direção à placa elétrica de carga positiva. Isso indicou que o raio catódico era composto de partículas carregadas negativamente.

Thomson também colocou dois ímãs em cada lado do tubo, e observou que este campo magnético também desviava o raio catódico. Os resultados desses experimentos ajudaram Thomson a determinar a razão entre *massa e carga* das partículas do raio catódico, o que levou a uma fascinante descoberta - a de que a massa de cada partícula era muito, muito menor que a de qualquer átomo conhecido. Thomson repetiu seus experimentos usando diferentes metais como materiais de eletrodo, e descobriu que as propriedades do raio catódico permaneciam constantes independentemente do material catódico de onde se originavam. A partir destas evidências, Thomson chegou às seguintes conclusões:

O raio catódico é composto de partículas carregadas negativamente.

As partículas devem ser partes do átomo, pois a massa de cada partícula é apenas 1/2000 da massa de um átomo de hidrogênio.

Essas partículas subatômicas podem ser encontradas nos átomos de todos os elementos.

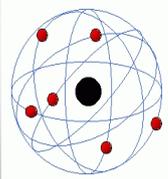
Apesar de inicialmente controversas, as descobertas de Thomson foram gradualmente aceitas pelos cientistas. Por fim, suas partículas de raios catódicos receberam um nome mais familiar: *elétrons*. A descoberta do elétron refutou a parte da teoria atômica de Dalton que pressupunha que os átomos fossem indivisíveis. Para dar conta da existência dos elétrons, um modelo atômico completamente novo seria necessário.

Texto extraído do site: <https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/electronic-structure-of-atoms/history-of-atomic-structure/a/discovery-of-the-electron-and-nucleus>. Acesso em: 29 out. 2016.

ANEXO D – Slides da aula 6

Slide 1

### O "modelo" de Ernest Rutherford



Fonte: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_at%C3%B4mico\\_de\\_Rutherford](http://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%B4mico_de_Rutherford)

Slide 2

### Ernest Rutherford (1871 - 1937)

- Rutherford estudou em escolas públicas e em 1893 graduou-se em Matemática e Ciências Físicas pela Universidade da Nova Zelândia;
- Estudou no laboratório de Cavendish, no Trinity College, em Cambridge, na Inglaterra. Era coordenado por Joseph John Thomson;
- Foi professor no Canadá em 1898 e em 1907 na Inglaterra, em Manchester;
- Recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1908 por seus trabalhos sobre radioatividade e teoria nuclear;
- Dirigiu o laboratório de Cavendish até o fim de sua vida;
- Em 1931 foi condecorado Barão Rutherford de Nelson. Morreu em 1937 após aguardar uma cirurgia que só poderia ser realizada por um médico nobre, assim como ele.

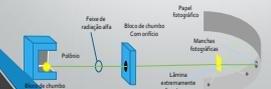


Fonte: <http://ca.blogpost.com/~039a9e9d7f039a9d8AAAAA/Alfa%20e%20beta%20Rutherford.jpg>

Slide 3

### Experimento de Rutherford

Em 1909, Rutherford propõe a dois de seus alunos - Johannes Hans Wilhelm Geiger e Ernest Marsden - que bombardeassem finas folhas de metais com as partículas alfa.



Slide 4

### O que Rutherford observou?

Slide 5

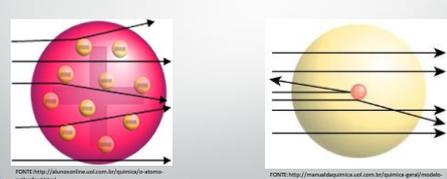
### Rutherford observou que:

- 1 - A maioria das partículas alfa atravessam a lâmina de ouro sem sofrer desvios.
- 2 - Algumas partículas alfa sofreram desvios de até 90° ao atravessar a lâmina de ouro.
- 3 - Algumas partículas alfa RETORNARAM.

Então, como explicar esse fato?

Slide 6

Segundo o modelo de Thomson, os elétrons do metal seriam os únicos a defletirem as partículas  $\alpha$ ; além disso, como eles tinham uma massa muito menor que as partículas  $\alpha$  não poderiam provocar deflexões maiores do que as previstas no modelo de Thomson (PINHEIRO; COSTA; MOREIRA, 2011, p. 51-52).



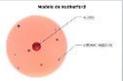
Fonte: <http://www.monografias.com.br/quimica/atomos-rutherford.html>

Fonte: <http://www.monografias.com.br/quimica/atomos-rutherford.html>

### Slide 7

**Para explicar suas observações, Rutherford concluiu (em 1911) que:**

- 1 - Dentro do átomo havia algo muitas vezes maior que o elétron e comparável à massa da partícula alfa (positiva) - um núcleo central em que toda carga positiva estaria concentrada.
- 2 - O núcleo estaria rodeado por uma distribuição uniforme de elétrons, configuração essa que seria a responsável por manter o átomo neutro
- 3 - O núcleo seria dez mil vezes menor que o valor estimado para o raio atômico, ou seja, a maior parte do átomo se constituía de espaço vazio.
- 4 - massa deste núcleo representava quase toda a massa do átomo.



**Surge o modelo planetário do átomo.**

### Slide 8

**Dimensão do espaço vazio - analogias**

Segundo o modelo atômico de Rutherford, o tamanho do átomo seria 10 mil vezes maior que seu núcleo

"Para se ter uma ideia, digamos que o núcleo do átomo fosse do tamanho de uma bola de pingue pongue e fosse colocado no centro de um estádio de futebol. O átomo então seria do tamanho do estádio inteiro" (NISENBAUM, s.d. p. 18)

"Se a circunferência média de um átomo fosse semelhante à do Maracanã, seu núcleo seria como uma ervilha, enquanto os elétrons, girando a altíssimas velocidades, seriam como grãos de poeira.

**Difícil de visualizar? Veja outra comparação**

"Se o núcleo de um átomo tivesse as dimensões de um grão de areia, os elétrons, em média, estariam orbitando a cem metros de distância dele." (<http://www.redescola.com.br/>)



### Slide 9

**Relembrando**

**ESTRUTURA DA MATÉRIA**

<p><b>GREGOS</b> PENSAMENTO Sec. V a. C.</p> <p>Ar Água Terra Fogo</p>	<p><b>DALTON</b> EXPERIMENTAÇÃO COMBUSTES 1808</p> <p>Esférico Maciço Indivisível Indestrutível</p>	<p><b>THOMSON</b> Modelo CATORNICOS 1904</p> <p>Esfera positiva Elétrons</p>	<p><b>RUTHERFORD</b> RADIOATIVIDADE 1911</p> <p>Região dos elétrons Núcleo</p>
--	---	--	--

### Slide 10

**CRÉDITOS**

NISENBAUM, Moisés André. A Estrutura Atômica. Disponível em: [http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Letras/contadores/SL\\_estrutura\\_atmica.pdf](http://web.ccead.puc-rio.br/condigital/mvsl/Sala%20de%20Letras/contadores/SL_estrutura_atmica.pdf). Acesso em: 13 out. 2016.

PERNAMBUCO. Secretaria Estadual de Educação. Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Estudo do átomo e modelos. Disponível em: <http://www1.educacao.pe.gov.br/cpar/>. Acesso em: 15 out. 2016.

<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/o-atomo-rutherford.html>

<http://mirkesventura.blogspot.com.br/2013/11/aula-virtual-sobre-estrutura-atmica.html>

[https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo\\_at%C3%BAnico\\_de\\_Rutherford](https://pt.wikipedia.org/wiki/Modelo_at%C3%BAnico_de_Rutherford)

<https://2.bp.blogspot.com/-AUjyemF1g/795o64qx9I/AAAAAAAAAIU/hQdgl2c5f68/s1600/5-Rutherford.jpg>

PINHEIRO, L.A.; COSTA, S. S. C.; MOREIRA, M. A. Do átomo grego ao Modelo Padrão: os indivisíveis de hoje. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2011. Disponível em: [http://www.if.ufrgs.br/publicap/fv22\\_v6\\_pinheiro\\_costa\\_moreira.pdf](http://www.if.ufrgs.br/publicap/fv22_v6_pinheiro_costa_moreira.pdf). Acesso em: 28 out. 2016.

<http://manualdaquimica.uol.com.br/quimica-geral/modelo-atomico-rutherford.htm>

<http://www.sq.com.br/biografias/rutherford/>

ANEXO E – Slides da aula 7

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

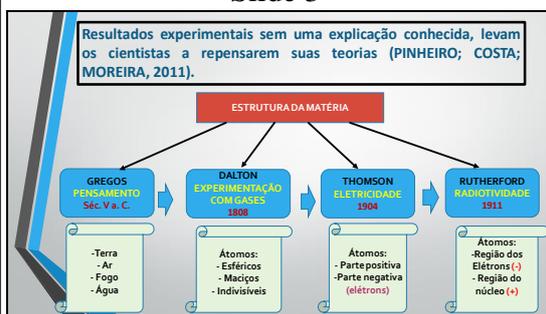
Amorinópolis/GO  
Outubro de 2016

Slide 2

45

**RETOMADA**

Slide 3



Slide 4

**REPRESENTAÇÃO DOS MODELOS**

The slide shows three models of atoms with arrows pointing to their visual representations:

- DALTON EXPERIMENTAÇÃO COM GASES 1808**: Represented by a yellow sphere.
- THOMSON ELETRICIDADE 1904**: Represented by a red sphere with white dots inside.
- RUTHERFORD RADIODIADIAÇÃO 1911**: Represented by a blue nucleus with electrons orbiting in a circular path.

Slide 5

**ESTUDO DA LUZ**  
Contribuições para a formulação dos modelos atômicos

The slide features a photograph of a prism dispersing light into a spectrum of colors.

Slide 6

**Retrospecto histórico**

**Isaac Newton (1666)**: demonstrou que a luz branca, como a luz do Sol, ao passar por um prisma, se decompõe em luz de diferentes cores (arco-íris). Newton defendia o modelo **corpúscular** da luz, ou seja que a luz era formada por "corpúsculos" ou partículas.

**James Clark Maxwell (1873)**: Defendeu o modelo **ondulatório** da luz. Definiu que a luz consistia em ondas eletromagnéticas de comprimento de onda extremamente curto, visível ao olho humano entre 400 e 700nm. A teoria ondulatória chega ao apogeu.

**Heinrich Hertz (1888)**: produziu micro-ondas, de origem evidentemente eletromagnética e mostrou que estas possuíam todas as propriedades das ondas de luz, consagrando experimentalmente a teoria eletromagnética da luz de Maxwell.

Slide 7

A luz é um tipo de energia radiante que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas. Tem uma enorme velocidade de propagação. O meio que ela se propaga com maior velocidade é o vácuo.

$c = 3,0 \times 10^8 \text{ km/s} = 3,0 \times 10^8 \text{ m/s}$

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

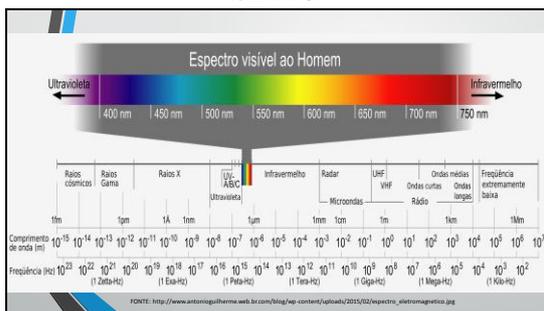
The slide includes a diagram of an electromagnetic wave and an image of a radio tower.

Slide 8

**Espectro eletromagnético**

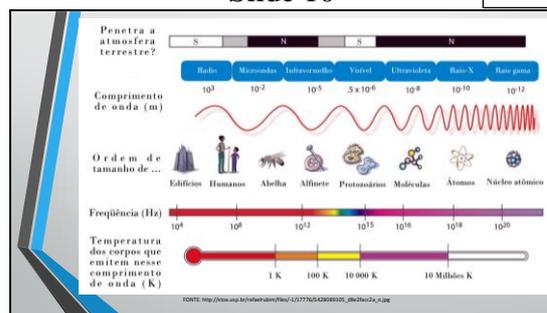
The diagram shows the electromagnetic spectrum with labels for different regions: Ondas de Rádio, Microondas, Infravermelho (calor), Espectro Visível - Luz (780 nm to 380 nm), Ultravioleta, Raios X, and Raios Gama. A scale at the bottom indicates 1 nm = 1/1,000,000 mm.

Slide 9



Slide 10

46



Slide 11

A teoria ondulatória da luz prevaleceu até o final do século XIX, quando alguns resultados experimentais não se ajustaram à Física clássica.

Slide 12

Algumas particularidades sobre a luz (17'28" – 33'08")?



Fonte: [http://img.cancaonova.com/04/17776-5/428089105\\_082facc2a\\_o.jpg](http://img.cancaonova.com/04/17776-5/428089105_082facc2a_o.jpg)

Slide 13

Créditos

<http://www.apolo11.com/espectro.php>

<http://carlosorsi.blogspot.com.br/>

<http://blog.cancaonova.com/diariosespirituais/files/2012/02/Deus-96C39Ag-Luz.jpg>

<http://g3.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/21/astromicos-encontram-planeta-que-orbita-a-reedor-de-um-gaemo-do-sol.html>

<http://ptdocz.com/doc/330692/seminario-snct-infes>

[http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/-1/17776/5428089105\\_082facc2a\\_o.jpg](http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/-1/17776/5428089105_082facc2a_o.jpg)

<https://blogografico.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>

[http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma\(1\).jpg](http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma(1).jpg)

[http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide\\_7.jpg](http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide_7.jpg)

<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/teoria-atmica-john-dalton.html>

Slide 14

<https://i.yimg.com/vi/8hh5hNYWm9/hqdefault.jpg>

[http://3.bp.blogspot.com/\\_nTzuDNtozVM/5FOZcKFDI/AAAAAAAAAEU/OZrtg\\_MjoVw/s160o/ModelorThonson.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_nTzuDNtozVM/5FOZcKFDI/AAAAAAAAAEU/OZrtg_MjoVw/s160o/ModelorThonson.jpg)

## ANEXO F – Roteiro para construção de um espectroscópio simples

47

### ROTEIRO PARA CONSTRUÇÃO DE UM ESPECTROSCÓPIO SIMPLES

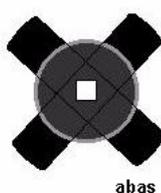
Materiais: fita isolante, fita adesiva, papel color set preto, 1 CD, cola, régua, estilete, tesoura, tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico).

Procedimentos:

1 - Com o papel *color set*, construa um cilindro com aproximadamente 4 cm de diâmetro e de 7 a 10 cm de comprimento. Use um tubo de papelão (tubo de papel higiênico ou papel toalha) como base. Se desejar, você pode substituir o tubo de papel por um tubo de PVC preto. Também é possível usar uma caixa de creme dental (o formato não é importante), mas tenha o cuidado de revesti-la internamente com papel preto.



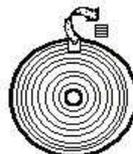
2 - Faça duas tampas com abas para o cilindro utilizando o papel preto. Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos 2cm x 1mm). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos 1cm x 1cm). Observe as ilustrações.



3 - Retire a película refletora do CD usando fita adesiva (grude-a na superfície e puxe-a, como numa depilação). Se necessário, faça um pequeno corte com a tesoura no CD para facilitar o início da remoção.



4 - Depois de retirada a película, recorte um pedaço do CD (mais ou menos 2cm x 2cm). Utilize referencialmente as bordas, pois as linhas de gravação (que não enxergamos) são mais paralelas, conseqüentemente a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer qual a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).



5 - Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura. Fixe o pedaço recortado do CD na tampa com a abertura, usando a fita isolante apenas nas bordas. Preferencialmente, alinhe as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, assim as imagens que observaremos também estarão alinhadas com a fenda.

6 - Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, utilize fita isolante para vedar os pontos de união entre o cilindro e as tampas.



### Bibliografia

BROCKINGTON, Guilherme. A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

ANEXO G – Slides aula 12

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO  
Outubro de 2016

Slide 2



Slide 3

**Espectroscopia**

Espectroscopia é o estudo da luz através de suas componentes, que aparecem quando a luz passa através de um prisma ou de uma rede de difração.

Espectro de uma estrela

Espectro de uma Nebulosa Planetária

Chamamos de **Espectro** à intensidade da luz em diferentes comprimentos de onda. Quase todas as informações sobre as propriedades físicas de um objeto podem ser obtidas a partir de seu espectro.

Slide 4

**Algumas inquietações dos cientistas no início do século XIX (1801 a 1900)**

Experiências observando a luz das estrelas:

- indicavam que cada uma apresentava um conjunto de cores diferentes;
- Detectaram também a presença de linhas escuras sobrepostas às cores observadas.

Slide 5

**Retrospecto histórico**

1814: **Joseph von Fraunhofer**: as linhas escuras são imagens da fenda do espectrógrafo em diferentes comprimentos de onda. Até 1820, ele havia contado 574 linhas escuras no espectro solar. Posteriormente, nomeadas por linhas de Fraunhofer.

Linhas de Fraunhofer

Slide 6

**Retrospecto histórico**

1856: **Robert W. Bunsen e Gustav R. Kirchhoff**: Identificaram as linhas com os elementos químicos;

- 1 - Um corpo opaco quente produz um espectro contínuo, seja sólido, líquido ou gasoso.
- 2 - Qualquer gás transparente produz um espectro de linhas brilhantes, atualmente chamadas de "linhas de emissão", sendo que o número e a posição destas raia dependem unicamente dos elementos químicos presentes no gás.
- 3 - Se a luz de um sólido (que produz espectro contínuo) passar por um gás com temperatura mais baixa, o gás frio causa o aparecimento de linhas escuras, atualmente chamadas de "linhas de absorção", sendo que a quantidade dessas linhas depende apenas dos elementos químicos presentes no gás.

Slide 7

Como é possível conhecer a composição química das estrelas, dos planetas, se esses corpos encontram-se **tão distantes de nós?**

FONTE: <http://igj.globos.com/ciencia-e-saude/>

Slide 8

Por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?

Hidrogênio

Hélio

Neônio

Mercurio

Nem o modelo ATÔMICO de Thomson nem o de Rutherford explicavam o problema das linhas espectrais (vídeo 36' 35" - 40' 54").

**DESAFIO**

ELABORAÇÃO DE UM MODELO COMPATÍVEL COM OS RESULTADOS EXPERIMENTAIS

## Slide 9

## Créditos

<http://www.apolo11.com/espectro.php>  
<http://carlosorsi.blogspot.com.br/>  
<http://blog.cancaonova.com/diarioespiritual/files/2012/02/Deus-%C3%A9-Luz.jpg>  
<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/astromos-encontram-planeta-que-orbita-aoredor-de-um-gemeo-do-sol.html>  
<http://ptdocz.com/doc/130691/seminario-snct-infes>  
[http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/-1/17776/5428089105\\_d8e2facc2a\\_o.jpg](http://stoa.usp.br/rafaelrubim/files/-1/17776/5428089105_d8e2facc2a_o.jpg)  
<https://blogdografico.files.wordpress.com/2012/04/espectro.png>  
[http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma\(1\).jpg](http://escolakids.uol.com.br/public/upload/image/prisma(1).jpg)  
[http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide\\_7.jpg](http://images.slideplayer.com.br/2/349644/slides/slide_7.jpg)  
<http://alunosonline.uol.com.br/quimica/teoria-atomica-john-dalton.html>

## Slide 10

<https://i.yimg.com/v4/kh9hNYWm9Y/hqdefault.jpg>  
[http://3.bp.blogspot.com/\\_nTsuDNto7VM/SyFOZeQKFDI/AAAAAAAAAEU/OZytg\\_MJoVw/s1600/ModeloThonson.jpg](http://3.bp.blogspot.com/_nTsuDNto7VM/SyFOZeQKFDI/AAAAAAAAAEU/OZytg_MJoVw/s1600/ModeloThonson.jpg)

## ANEXO H – Slides da aula 13

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO  
Novembro de 2016

Slide 2

50

**Ano de 1900:  
Energia em pacotes  
e a  
Teoria quântica**



FONTE: <http://aquosmar.blogspot.com.br/>

Slide 3

**Contexto histórico**

**Conferência na Royal Society em março de 1900**

- “Não há nada mais a descobrir em Física” - recomendou que os jovens não se dedicassem à Física, pois faltavam apenas alguns detalhes pouco interessantes a serem desenvolvidos.
- Existiam apenas “duas pequenas nuvens” no horizonte da física.

Lord Kelvin (1824-1907)  
Físico inglês



FONTE: <http://www.istock.com/12745888/12745888.html>

Slide 4

Uma das “nuvens”

A dificuldade em explicar a distribuição de energia na radiação de um corpo aquecido

Essa “pequena nuvem” desencadeou o surgimento de um das teorias que revolucionou a Física no século XX: a teoria quântica.

Slide 5

**Max Planck e a ideia do quantum**

Aumentando-se gradativamente a temperatura de um corpo, ele começa a emitir luz visível, de início a luz vermelha, passando a seguir para a amarela, a verde, a azul e, em altas temperaturas, a luz branca, chegando à região do ultravioleta do espectro eletromagnético.

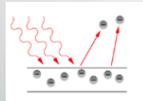


Para Planck, a energia era descontínua e transmitida em “pacotes”, os **Quanta** de energia.

FONTE: <http://www.istock.com/12745888/12745888.html>

Slide 6

**O efeito fotoelétrico**



**Definição:** É quando a incidência de luz (fótons) provoca a ejeção de elétrons de um metal.

1887 – Heinrich Hertz – A luz poderia gerar faíscas

1905 – Albert Einstein – Propôs a quantização da luz, que se comporta como onda e como partícula.

FONTE: <http://www.istock.com/12745888/12745888.html>

Slide 7

**Einstein e o efeito fotoelétrico**



FONTE: <http://www.istock.com/12745888/12745888.html>

Slide 8

**A simulação**  
(Pergunta inicial)

## Slide 9

**Por que vocês acham que a luz, quando incide sobre a placa, provoca passagem de corrente elétrica?**

## Slide 10

## Questão

Um fotoelétron do cobre é retirado com uma energia cinética máxima de 4,2 eV. Qual a frequência do fóton que retirou esse elétron, sabendo-se que a função trabalho ( $W$ ) do cobre é de 4,3 eV? (Considere  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$ )

## Slide 11

## Créditos

PIETROCOLA, M.; UETA, N. Física Moderna e Contemporânea. Disponível em: <http://docplayer.com.br/11362945-Fisica-modulo-fisica-moderna-e-contemporanea-nome-do-aluno-organizadores-mauricio-pietrocola-nobuko-ueta.html>. Acesso em: 09 nov. 2016.

<http://alquimiaor.blogspot.com.br/>

<http://iepes.com.br/Figuras/Kelvin.gif>

<https://www.linkedin.com/pulse/quem-%C3%A9-kelvin-silvia-carneiro>

<http://www.if.ufrgs.br/~leila/propaga.htm#corponegro>

[https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m\\_s01.html](https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod03/m_s01.html)

## ANEXO I – Texto “O físico e o fóton”

52

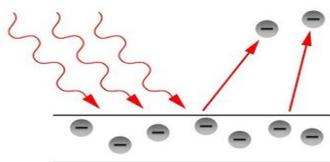
**O FÍSICO E O FÓTON**

Por Carlos Alberto dos Santos - Professor aposentado do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Revista Ciência Hoje de 07 de agosto de 2015. Texto disponível em: [http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o\\_fisico\\_e\\_o\\_foton](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o_fisico_e_o_foton)

**A história do efeito fotoelétrico**

O efeito fotoelétrico foi descoberto em 1887, por Heinrich Hertz, durante seus estudos sobre a natureza eletromagnética da luz. Mas quem mais se destacou no estudo desse fenômeno foi Philipp von Lenard, que demonstrou experimentalmente a essência do fenômeno, ou seja, que os elétrons são extraídos da superfície de um metal quando este é irradiado por luz ultravioleta. Sabe-se hoje que o fenômeno ocorre em diversos materiais e sob o efeito de diferentes tipos de radiação eletromagnética.

Essa descoberta ocorreu no momento da consolidação da teoria eletromagnética de Maxwell, que, em quatro equações, sintetizou todos os fenômenos elétricos, magnéticos e luminosos. No entanto, falharam todas as tentativas para explicar o efeito fotoelétrico com base na teoria de Maxwell. De acordo com a teoria clássica do eletromagnetismo, a energia era distribuída contínua e homogeneamente à superfície metálica, até que chegasse a uma quantidade suficiente para liberar os elétrons. Ou seja, quanto maior a intensidade da radiação, mais energéticos seriam os elétrons, uma hipótese recorrentemente negada em todos os experimentos. O mais surpreendente, no contexto da teoria clássica, era que a liberação era limitada a determinados valores da frequência da luz, isto é, havia um valor abaixo do qual nenhum elétron era liberado, qualquer que fosse a intensidade da radiação.



Representação gráfica do efeito fotoelétrico. Segundo este fenômeno, os elétrons são extraídos da superfície de um metal quando este é irradiado por luz ultravioleta ou outros tipos de radiação eletromagnética. (imagem: Feitscherg / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0)

Em 1905, Einstein resolveu o enigma, embora seu foco inicial não fosse o efeito fotoelétrico. Ele estava preocupado com uma contradição que havia percebido entre a quantização da energia em fenômenos térmicos, conforme a teoria introduzida por Planck em 1900, e a noção de que, na teoria eletromagnética de Maxwell, a energia é distribuída continuamente no espaço. Resolveu investigar essa questão e chegou à explicação do efeito fotoelétrico como um exemplo de aplicação da sua teoria da quantização da luz.

**A luz em partículas**

Assim como Planck propôs a quantização da energia, Einstein propôs a quantização da luz. Ou seja, em vez de transferir um fluxo contínuo de energia, a luz transfere sua energia em quantidades bem definidas, proporcionais à sua frequência. A essa quantidade, Einstein deu o nome de quantum de luz. É como se o feixe de luz fosse composto de partículas, ou quanta de luz (quanta é o plural de quantum). Se o quantum de luz tiver energia superior àquela que liga o elétron ao metal, a transferência dessa energia, em um evento único, liberará o elétron. Depois de liberado do seu local no interior do sólido, o elétron gastará uma parte da energia

recebida do quantum de luz para chegar à superfície e se liberar totalmente do material. Então, a energia com que o elétron sai do material é a diferença entre a energia do quantum de luz e a energia gasta pelo elétron no trajeto até a superfície. Isso foi transformado no que hoje se conhece como equação do efeito fotoelétrico.

Atualmente, a constante de proporcionalidade que deve ser multiplicada à frequência para fornecer a energia do quantum de luz é a constante de Planck, mas Einstein não fez esta associação no seu primeiro trabalho, ao contrário do que sugerem praticamente todos os livros didáticos e inúmeros artigos de divulgação científica. Einstein só fez esta associação em um artigo publicado em 1909.

Outro equívoco comumente veiculado em livros didáticos e textos de divulgação científica é que a ideia do fóton nasceu com o trabalho de 1905. Na verdade, o quantum de luz de Einstein não é exatamente o fóton como hoje o conhecemos, ou seja, uma partícula associada à luz, com energia e momento bem definidos. Em 1905, o quantum de luz só tinha uma energia definida. O momento do quantum de luz só foi definido por Einstein em 1916.

Por outro lado, o termo fóton foi proposto em 1926 pelo físico-químico estadunidense Gilbert Newton Lewis – tanto quanto se sabe, Einstein jamais se referiu ao quantum de luz como fóton. Na palestra que Einstein proferiu na Academia Brasileira de Ciências, em 1925, intitulada “Observações sobre a situação atual da Teoria da Luz” (Ciência Hoje, v. 21, n. 124, setembro / outubro de 1996), ele usou várias expressões, como “teoria do quantum luminoso”, “quanta de luz”, “a radiação é constituída de quanta análogos a corpúsculos”, “teoria dos quanta de luz”, mas em momento algum usou a palavra fóton.

### **Genialidade de um jovem cientista**

A história do quantum de luz é mais uma das marcas da genialidade de Einstein. Embora a equação do efeito fotoelétrico descrevesse perfeitamente os resultados experimentais, praticamente toda a comunidade científica rejeitou a ideia do físico alemão. A equação de Einstein indicava a possibilidade da medida da constante de Planck, que estava associada à energia do quantum.

O físico estadunidense Robert Andrews Millikan, reconhecidamente um competente experimentalista, passou 10 anos da sua vida tentando mostrar que Einstein estava errado. No entanto, obteve resultados tão precisos da constante de Planck que não apenas validou a equação de Einstein, como teve seu trabalho reconhecido na outorga do prêmio Nobel de Física de 1923. Todavia, ao longo da sua vida, raramente Millikan manifestou-se favorável à teoria do quantum de luz – reconhecia a correção da equação de Einstein, mas não acreditava na teoria.

Resumindo, 110 anos atrás, o jovem Einstein, com apenas 26 anos de idade, propôs o conceito de quantum de luz e explicou o efeito fotoelétrico. A comunidade científica internacional precisou de quase 20 anos para se convencer que ele estava certo, mas, hoje, sabemos que essa é uma grande marca da sua genialidade!

ANEXO J – Slides da aula 16

Slide 1

Colégio Estadual Professora Analícia Cecília B. da Silva  
Ensino médio, 3ª série A

**Evolução dos Modelos Atômicos:  
O átomo de Bohr**

Professora: Elismar Gonçalves da Silva

Amorinópolis/GO  
Novembro de 2016

Slide 2

**RETOMADA**

Slide 3



Slide 4

**Átomo de Rutherford - 1911**



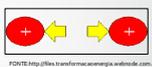
- O átomo não é maciço. Tem um núcleo central positivo (prótons) muito pequeno em relação ao átomo;
- Elétrons negativos muito leves giram ao redor do núcleo em órbitas circulares, neutralizando a carga nuclear;
- Modelo planetário.

FONTE: <http://demonstracoes.net/atomos.html>

Slide 5

**Problemas no modelo de Rutherford**

1 - Como explicar que partículas com cargas de mesmo sinal se concentravam no núcleo do átomo?



FONTE: <http://files.transmissoraenergia.com.br/assessoria-sagrifang/energia-3.gif>

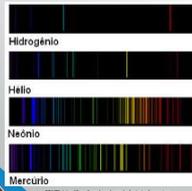
2 - Como explicar que os elétrons, partículas carregadas e em movimento acelerado, não perdiam energia realizando um movimento em espiral em volta do núcleo e colapsando neste?



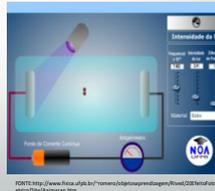
FONTE: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/guia/02/mundoeducacao-do-modelo-atomo.jpg>

Slide 6

**Por que elementos (átomos) diferentes apresentam espectros de emissão diferentes?**



**Como explicar o efeito fotoelétrico pelas leis da Física clássica?**



FONTE: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/digital/aprendizagem/ResumoCEI%20de%20atomo%20Day%20Antunes.htm>

Slide 7

**A ideia da Quantização**



**Max Planck 1900**

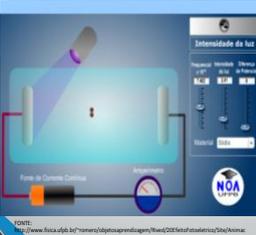
↓

A radiação emitida por um corpo aquecido ocorre em pequenos "pacotes"  $(E = h \cdot f)$

FONTE: <https://www.linkedin.com/pulse/quem-ncpnao-kahiro-oliveira-camargo>

Slide 8

**O efeito fotoelétrico**



**Albert Einstein 1905**

↓

A luz tem uma estrutura descontínua e é absorvida em porções independentes, ou seja, a radiação é formada por *quanta* (fótons).  $(E = h \cdot f)$

FONTE: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/digital/aprendizagem/ResumoCEI%20de%20atomo%20Day%20Antunes.htm>

Slide 9

**Niels Bohr - 1913**

**Quantização do átomo**

FONTE: <http://44.bp.blogspot.com/-u1...>  
DlARt0Gp/12127P122/AAAAAAAAAAS/25PFCq3M3M/25Q?ibr=atom-934&img

Slide 10

**Qual a cor do fogo?**

Slide 11

**Niels Bohr - 1913**

- Físico dinamarquês, foi professor de Física na Universidade de Copenhague e em 1916 foi nomeado diretor do Instituto de Física Teórica.
- Com 22 anos recebeu a medalha de ouro da Sociedade Científica Dinamrquesa por seus estudos sobre tensão superficial.
- Em 1911 completou seu doutorado em Física.
- Estudou na Universidade Victoria, em Manchester na Inglaterra, com o físico neozelandês, Ernest Rutherford.
- Em 1913 Niels Bohr publicou sua teoria básica sobre a estrutura do átomo, ampliando a teoria de Ernest Rutherford;
- Ganhou o Prêmio Nobel de Física, em 1922, por seu trabalho sobre a estrutura do átomo.

FONTE: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels\\_Bohr](https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr)

Slide 12

**Os postulados de NIELS BOHR**

- 1- Um elétron em um átomo se move em órbita circular ao redor do núcleo sob a influência da atração coulombiana entre o elétron e o núcleo, obedecendo às leis da mecânica clássica
- 2 - Em vez de infinitas órbitas, possíveis na mecânica clássica, um elétron se move apenas em uma órbita na qual seu movimento angular é múltiplo inteiro de (constante de Planck  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J.s, dividida por  $2\pi$ ).
- 3- A energia total do elétron permanece constante. Isso ocorre porque o elétron que se move em uma órbita não emite radiação eletromagnética.
- 4- É emitida radiação eletromagnética se um elétron, que se move inicialmente sobre uma órbita de energia total  $E_i$ , muda seu movimento descontinuamente de forma a se mover em uma órbita de energia total  $E_f$ . A frequência da radiação emitida é igual a :  $f = \frac{E_i - E_f}{h}$

Slide 13

**E = hf = E<sub>f</sub> - E<sub>i</sub>**

onde  $h$  é a constante de Planck ( $6,63 \times 10^{-34}$ ) J.s =  $4,14 \times 10^{-15}$  ev.s),  $f$  é a frequência da radiação emitida,  $E_i$  e  $E_f$  são energias dos estados inicial e final.

FONTE: [http://pt.wikipedia.org/wiki/A\\_t%C3%A9orica\\_dos\\_fogos-de-artif%C3%ADcio\\_para\\_henr...](http://pt.wikipedia.org/wiki/A_t%C3%A9orica_dos_fogos-de-artif%C3%ADcio_para_henr...)

Slide 14

**Átomo de hidrogênio**

A energia em cada estado estacionário, ou nível  $n$ , é dada por:

$$E_n = -13,6/n^2$$

FONTE: <http://www.fisica.ufpr.br/~f44/ensino/fisica/atomos/atomos.html>

Slide 15

**O salto quântico**

FONTE: <http://www4.med.uni-gie.de/~f44/ensino/fisica/atomos/atomos.html>

Slide 16

**O átomo de Bohr explicou as raíes escuras observadas por Joseph Fraunhofer**

Vídeo "Escondido na luz" (33' - 37')

## Slide 17

## Questões

- 1 - Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr, ao estudar espectros de emissão de determinadas substâncias, propôs um novo modelo para o átomo. A respeito desse modelo atômico, coloque (V) ou (F):
- ( ) Os elétrons não se encontram em qualquer posição dentro do átomo, eles giram ao redor do núcleo em órbitas fixas e com energia definida.
  - ( ) Os elétrons, ao se movimentarem numa órbita fixa, não absorvem nem emitem energia
  - ( ) Elétrons e prótons encontram-se igualmente distribuídos uniformemente ao longo de uma esfera.
  - ( ) Os elétrons movem-se em torno do núcleo numa órbita circular, sob a influência da atração coulombiana entre elétrons e núcleo.
  - ( ) Quando um elétron salta de uma órbita mais energética para uma órbita menos energética, ele não emite energia.

## Slide 18

2 - Considere que o elétron no átomo de hidrogênio "salte" do nível de energia  $n = 3$  para o estado fundamental (nível  $n = 1$ ). Baseando-se no diagrama de níveis para o átomo de hidrogênio, responda:

- a) Ao realizar esse "salto", o elétron absorveu ou emitiu energia?
- b) Qual o valor, em elétron volt, dessa energia, envolvida?
- c) Qual o valor da energia, em Joule, e da frequência do fóton ao realizar essa transição de níveis?

## Slide 19

## Créditos

CAVALCANTE, Kleber G. "Postulados de Bohr"; *Brasil Escola*. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/postulados-bohr.htm>>. Acesso em 17 de novembro de 2016.  
<http://brasilecola.uol.com.br/quimica/espectros-eletronicos-estrutura-atomo.htm>  
[https://www.ebiografia.com/niels\\_bohr/](https://www.ebiografia.com/niels_bohr/)  
<https://www.linkedin.com/pulse/quem-%C3%A9-kelvin-silvia-carneiro>  
<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/upload/conteudo/images/erro-do-modelo-atomico.jpg>  
<http://files.transformacaoenergia.webnode.com.br/200000006-2e3732f2e9/carga-eletrica-3.gif>  
[https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels\\_Bohr](https://pt.wikipedia.org/wiki/Niels_Bohr)  
[http://images.slideplayer.com.br/16/4989222/slides/slide\\_12.jpg](http://images.slideplayer.com.br/16/4989222/slides/slide_12.jpg)  
<https://dl.dropboxusercontent.com/u/55973481/%C3%81tomo%20de%20Bohr.pdf>  
 PIETROCOLA, M.; UETA, N. Física Moderna e Contemporânea. Disponível em: <http://docplayer.com.br/11362945-Fisica-modulo-fisica-moderna-e-contemporanea-nome-do-aluno-organizador-mauricio-pietrocola-nobuko-ueta.html>. Acesso em: 09 nov. 2016.

## ANEXO K – Atividade 9

57

Aluno (a) \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

## Atividade 9

Resolver as questões:

1 - Em 1913, o físico dinamarquês Niels Bohr, ao estudar espectros de emissão de determinadas substâncias, propôs um novo modelo para o átomo. A respeito desse modelo atômico, coloque (V) ou (F):

( ) Os elétrons não se encontram em qualquer posição dentro do átomo, eles giram ao redor do núcleo em órbitas fixas e com energia definida.

( ) Os elétrons, ao se movimentarem numa órbita fixa, não absorvem nem emitem energia.

( ) Elétrons e prótons encontram-se igualmente distribuídos uniformemente ao longo de uma esfera.

( ) Os elétrons movem-se em torno do núcleo numa órbita circular, sob a influência da atração coulombiana entre elétrons e núcleo.

( ) Quando um elétron salta de uma órbita mais energética para uma órbita menos energética, ele não emite energia.

2 - Considere que o elétron no átomo de hidrogênio “salte” do nível de energia  $n = 3$  para o estado fundamental (nível  $n = 1$ ). Baseando-se no diagrama de níveis para o átomo de hidrogênio, responda:

A - Ao realizar esse “salto”, o elétron absorveu ou emitiu energia?

B - Qual o valor, em elétron volt, dessa energia, envolvida?

C - Qual o valor da energia, em Joule, e da frequência do fóton ao realizar essa transição de níveis?

**ANEXO L – Questionário final**

Aluno (a): \_\_\_\_\_ n° \_\_\_\_\_

58

**Questionário final**

1 – Conforme estudamos, o conceito de átomo mudou bastante no decorrer da história da civilização. Escreva um texto sobre os principais modelos elaborados para explicar o átomo. Mencione as principais características, as diferenças entre eles e explique porque os modelos tiveram que ser substituídos com o passar dos anos.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

2 – Em nossas aulas de Espectroscopia foram observados os espectros discretos de algumas lâmpadas (fluorescente, vapor de sódio, vapor de mercúrio). Em outra atividade, a do Teste de Chamas, também foram observadas as diferentes cores obtidas na queima de alguns tipos de sais. Como os espectros discretos e as diferentes cores emitidas pelos elementos químicos aquecidos podem ser explicados pelo modelo atômico de Bohr?

---

---

---

---

---

---

3 – Considere a seguinte frase:

*“Existem muitas hipóteses em ciência que estão erradas. Isso é perfeitamente aceitável, elas são a abertura para achar as que estão certas”.* (Carl Sagan)

A partir de nossos estudos sobre a evolução dos modelos atômicos, como você explicaria a afirmação de Carl Sagan?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

4 – Das atividades e/ou conteúdos trabalhados, qual ou quais você considerou mais interessante? Por quê?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Obrigada pela participação!!!!Abraços,

Elismar

**A maravilhosa disposição e harmonia do universo só pode ter tido origem segundo o plano de um Ser que tudo sabe e tudo pode. Isto fica sendo a minha última e mais elevada descoberta.**

**(Isaac Newton)**

**ANEXOS**

## ANEXO A - Texto: A modelagem científica

### A modelagem científica

Rafael Vasques Brandão - Inês Solano Araújo - Eliane Angela Veit

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Nos referimos à modelagem científica como um processo de criação de modelos com a finalidade de compreender a realidade.

(...)

Assim, os cientistas produzem conhecimento científico formulando questões de pesquisa sobre objetos (ou fatos) reais ou supostos como tais. Por exemplo, átomos, moléculas, células, sistemas, processos, máquinas e sociedades, etc. Nesse processo, eles formulam hipóteses e elaboram modelos conceituais que, encaixados em teorias gerais, poderão se constituir em modelos teóricos capazes de gerar resultados que possam ser confrontados com os resultados empíricos provenientes da experimentação. Porém, quão bem um modelo teórico representa o comportamento de um objeto ou fenômeno físico? A adequação de modelos teóricos aos fatos depende basicamente: a) das questões que pretendem responder; b) do grau de precisão desejável em suas previsões; c) da quantidade de informações disponíveis sobre a realidade; e d) das idealizações que são feitas a respeito dos seus referentes.

Adicionalmente, é desejável que os modelos sejam compatíveis com grande parte do conhecimento científico previamente estabelecido. Estes requisitos de cientificidade, embora necessários, de modo algum são suficientes quando alcançados independentemente. Contudo, nenhum modelo teórico tem a pretensão de representar completamente qualquer sistema ou fenômeno físico. Em geral, eles são concebidos para descrever certos fenômenos que exibem estrutura e/ou comportamento semelhantes. Por isso, possuem um **domínio de validade**. Por concentrarem-se em um número limitado de características essenciais, espera-se que, mais cedo ou mais tarde, falhem ao representar aspectos da realidade. Nesses casos, dizemos que o domínio de validade do modelo foi extrapolado.

De forma semelhante, as teorias gerais também possuem limitações. O exemplo clássico é o da mecânica newtoniana que descreve com boa aproximação o movimento de objetos macroscópicos usuais, porém, com o surgimento de outras teorias, suas leis e princípios demonstraram-se limitados para a descrição do movimento nas regiões de altas velocidades (da ordem da velocidade da luz), e de pequenas dimensões (escalas atômica e subatômica).

(...)

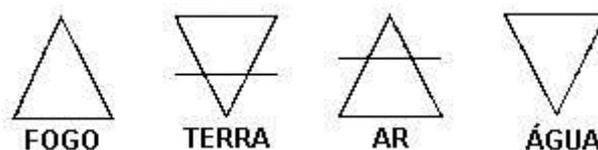
Fragmentos do texto “A modelagem científica de fenômenos físicos e o ensino de Física” - Física na Escola, v. 9, n. 1, 2008.

## ANEXO B - Texto: Evolução do modelo atômico

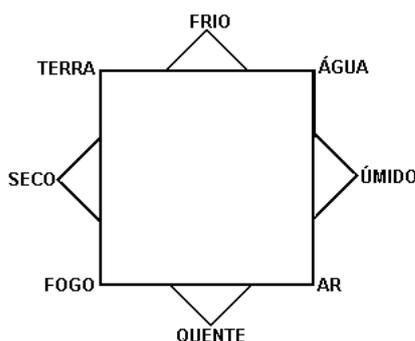
### EVOLUÇÃO DO MODELO ATÔMICO

#### Ideia filosófica sobre a constituição da matéria

A preocupação com a constituição da matéria surgiu por volta do século V a.C., na Grécia. O filósofo grego **Empédocles** (490 a.C. – 430 a.C.), estabeleceu a “Teoria dos Quatro Elementos Imutáveis” onde acreditava que toda matéria era constituída por quatro elementos: água, terra, fogo e ar, que eram representados pelos seguintes símbolos:



Esses 4 elementos básicos eram aliados às quatro qualidades: quente, frio, seco e úmido:



Tudo na natureza seria formado pela combinação desses quatro elementos, em diferentes proporções.

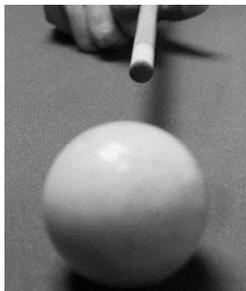
Leucipo de Mileto (aprox. 500 a.C.) nos deu a primeira noção de átomo, partindo da própria semântica da palavra: **ÁTOMO** vem do grego "A-TOMOS" e significa **INDIVISÍVEL**. Ele acreditava também que o vácuo não existia somente no mundo em que vivemos, mas muito além, no infinito espaço do cosmos. Achava, ainda, que existia um número infinito de mundos, todos compostos de um número infinito de átomos.

Demócrito de Abdera (aprox. 460 a.C.), discípulo de Leucipo, explicou que a matéria era constituída de partículas em perpétuo movimento e dotadas das seguintes qualidades: indivisibilidade, invisibilidade (pelo seu tamanho extremamente pequeno), solidez, eternidade (por ser perfeita, segundo ele), cercada por espaços vazios (o que explicava o seu movimento e diferentes densidades) e dotada de um infinito número de formas (explicando a diversidade na natureza). Com isso, os filósofos gregos **Leucipo** e **Demócrito** desenvolveram a seguinte ideia filosófica:

- No universo há duas coisas, os átomos e o vácuo. O mundo é, portanto, composto de montes de matéria em um mar de vazio total.

- Os átomos são substâncias sólidas, infinitos em número e forma e, a maioria deles, se não todos, muito pequenos para serem vistos.
- Um átomo não poderia ser cortado ou dividido de qualquer maneira, e é completamente sólido. Todos os átomos estão em perpétuo movimento no vácuo.

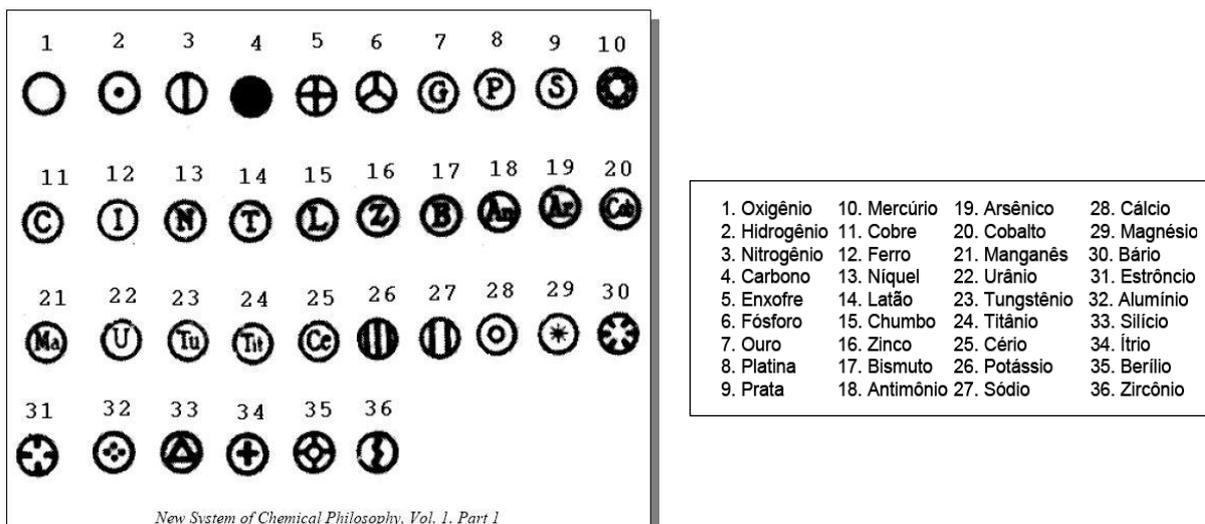
### Modelo atômico de Dalton



Em 1808, **John Dalton** a partir da ideia filosófica de átomo estabelecida por Leucipo e Demócrito, realizou experimentos fundamentados nas Leis Ponderais, propôs uma **Teoria Atômica**, também conhecida como **modelo da bola de bilhar**, a qual expressa, de um modo geral, o seguinte:

- O átomo é constituído de partículas esféricas, maciças, indestrutíveis e indivisíveis.
- A combinação de átomos de elementos diferentes, numa proporção de números inteiros, origina substâncias químicas diferentes.
- Numa transformação química, os átomos não são criados nem destruídos: são simplesmente rearranjados, originando novas substâncias químicas.
- Elementos químicos diferentes apresentam átomos com massas, formas e tamanhos diferentes.
- Um conjunto de átomos com as mesmas massas, formas e tamanhos apresenta as mesmas propriedades e constitui um **elemento químico**.

Na época de Dalton haviam sido isolados apenas 36 elementos químicos e ainda se utilizavam símbolos vindos da alquimia para representar tais elementos. O próprio Dalton foi autor de uma destas simbologias. Veja a ilustração a seguir adaptada de um de seus livros:



Os símbolos de Dalton não eram muito diferentes dos símbolos mais antigos da alquimia, porém traziam uma inovação. Cada átomo possuía um símbolo próprio e a fórmula de um composto era representada pela combinação destes símbolos. Veja os exemplos:



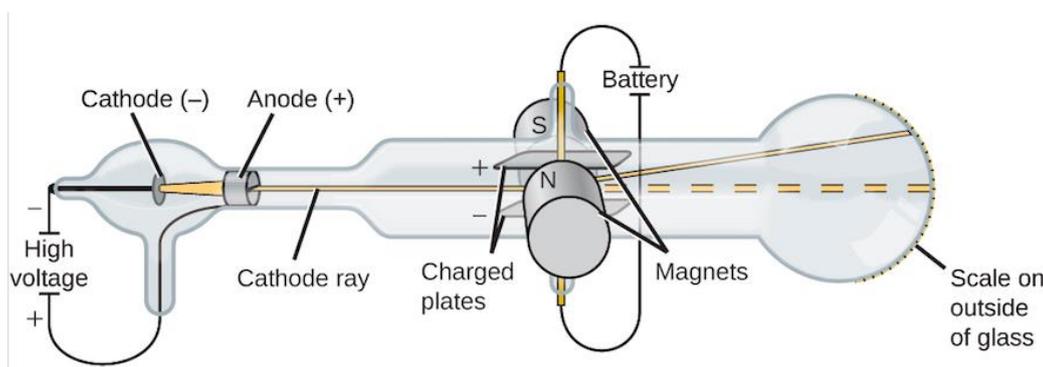
A nomenclatura utilizada por Dalton, que é basicamente a mesma utilizada até hoje, foi introduzida pelo Francês **Antoine Lavoisier**, em 1787, no livro *Methods of Chemical Nomenclature*. O uso de símbolos abstratos só terminou por volta de 1813-1814, com Berzelius, que, além de ter isolado o cálcio, bário, estrôncio, silício, titânio e o zircônio, também descobriu o selênio, o tório e o cério. Quando Berzelius decidiu que era hora de mudar as coisas ele realmente mudou. Tendo em vista que os símbolos antigos não eram fáceis de escrever, desfiguravam os livros e não colaboravam em nada para a sua memorização, Berzelius propôs que os símbolos fossem representados por letras, baseadas na letra inicial do nome em Latim de cada substância elementar. (...)

Texto extraído do Portal e Estudos em Química, disponível em: [http://www.profpc.com.br/evolu%C3%A7%C3%A3o\\_at%C3%B4mica.htm#Idéia\\_filosófica\\_sobre\\_a\\_constituição\\_da\\_matéria](http://www.profpc.com.br/evolu%C3%A7%C3%A3o_at%C3%B4mica.htm#Idéia_filosófica_sobre_a_constituição_da_matéria). Acesso em 25 set. 2016.

### J.J. Thomson e a descoberta do elétron

No final do século XIX, o físico J.J. Thomson começou a fazer experimentos com *tubos de raios catódicos*. Tubos de raios catódicos são tubos de vidro lacrados dos quais a maior parte do ar foi retirada. É aplicada uma alta voltagem através de dois eletrodos em uma das extremidades do tubo, o que faz com que um feixe de partículas flua do cátodo (o eletrodo carregado negativamente) para o ânodo (o eletrodo carregado positivamente). Os tubos são chamados tubos de raios catódicos porque o feixe de partículas, ou "raio catódico", se origina no cátodo. É possível detectar o raio pintando um material conhecido

como *fósforo* na extremidade do tubo, além do ânodo. O fósforo emite centelhas, ou luz, quando atingido pelo raio catódico.



*Diagrama do tubo de raios catódicos de J.J. Thomson. O raio origina-se no cátodo e passa através de uma fenda no ânodo. O raio catódico é desviado da placa elétrica de carga negativa, e em direção à placa elétrica de carga positiva. O tamanho do desvio do raio pelo campo magnético ajudou Thomson a determinar a razão entre massa e carga das partículas.*

Para testar as propriedades das partículas, Thomson colocou duas placas elétricas ao redor do raio catódico. O raio catódico desviou-se da placa elétrica de carga negativa e foi em direção à placa elétrica de carga positiva. Isso indicou que o raio catódico era composto de partículas carregadas negativamente.

Thomson também colocou dois ímãs em cada lado do tubo e observou que este campo magnético também desviava o raio catódico. Os resultados desses experimentos ajudaram Thomson a determinar a razão entre *massa e carga* das partículas do raio catódico, o que levou a uma fascinante descoberta - a de que a massa de cada partícula era muito, muito menor que a de qualquer átomo conhecido. Thomson repetiu seus experimentos usando diferentes metais como materiais de eletrodo, e descobriu que as propriedades do raio catódico permaneciam constantes independentemente do material catódico de onde se originavam. A partir destas evidências, Thomson chegou às seguintes conclusões:

- O raio catódico é composto de partículas carregadas negativamente;
- As partículas devem ser partes do átomo, pois a massa de cada partícula é apenas 1/2000 da massa de um átomo de hidrogênio;
- Essas partículas subatômicas podem ser encontradas nos átomos de todos os elementos.

Apesar de inicialmente controversas, as descobertas de Thomson foram gradualmente aceitas pelos cientistas. Por fim, suas partículas de raios catódicos receberam um nome mais familiar: *elétrons*. A descoberta do elétron refutou a parte da teoria atômica de Dalton que pressupunha que os átomos fossem indivisíveis. Para dar conta da existência dos elétrons, um modelo atômico completamente novo seria necessário.

Texto extraído do site: <https://pt.khanacademy.org/science/chemistry/electronic-structure-of-atoms/history-of-atomic-structure/a/discovery-of-the-electron-and-nucleus>. Acesso em: 29 out. 2016.

## ANEXO C – Roteiro para construção de um espectroscópio simples

### ROTEIRO PARA CONSTRUÇÃO DE UM ESPECTROSCÓPIO SIMPLES

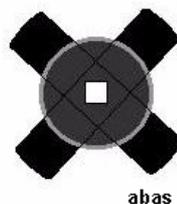
**Materiais:** fita isolante, fita adesiva, papel color set preto, 1 CD, cola, régua, estilete, tesoura, tubo papelão (ex.: tubo de papel higiênico).

#### Procedimentos:

**1** - Com o papel *color set*, construa um cilindro com aproximadamente 4 cm de diâmetro e de 7 a 10 cm de comprimento. Use um tubo de papelão (tubo de papel higiênico ou papel toalha) como base. Se desejar, você pode substituir o tubo de papel por um tubo de PVC preto. Também é possível usar uma caixa de creme dental (o formato não é importante), mas tenha o cuidado de revesti-la internamente com papel preto.



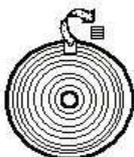
**2** - Faça duas tampas com abas para o cilindro utilizando o papel preto. Em uma delas, use um estilete para recortar uma fenda fina (mais ou menos 2cm x 1mm). Na outra tampa, faça uma abertura no centro (mais ou menos 1cm x 1cm). Observe as ilustrações.



**3** - Retire a película refletora do CD usando fita adesiva (grude-a na superfície e puxe-a, como numa depilação). Se necessário, faça um pequeno corte com a tesoura no CD para facilitar o início da remoção.



**4** - Depois de retirada a película, recorte um pedaço do CD (mais ou menos 2cm x 2cm). Utilize preferencialmente as bordas, pois as linhas de gravação (que não enxergamos) são mais paralelas, conseqüentemente a imagem será melhor. É importante fazer uma marcação no pedaço recortado do CD para não esquecer qual a orientação das linhas (em qual posição as linhas são paralelas).



**5** - Cole as tampas no cilindro, deixando a fenda alinhada com a abertura. Fixe o pedaço recortado do CD na tampa com a abertura, usando a fita isolante apenas nas bordas.

Preferencialmente, alinhe as linhas de gravação paralelamente à fenda do espectroscópio, assim as imagens que observaremos também estarão alinhadas com a fenda.

6 - Para evitar que a luz penetre no interior do tubo por eventuais frestas, utilize fita isolante para vedar os pontos de união entre o cilindro e as tampas.



### Bibliografia

BROCKINGTON, Guilherme. **A Realidade escondida**: a dualidade onda-partícula para estudantes do Ensino Médio. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

## ANEXO D – Texto: O físico e o fóton

### O FÍSICO E O FÓTON

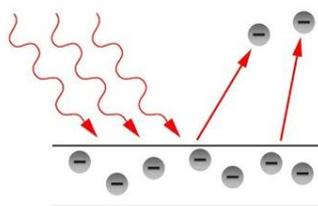
**Por Carlos Alberto dos Santos** - Professor aposentado do Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Revista Ciência Hoje de 07 de agosto de 2015.

Texto disponível em:  
[http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o\\_fisico\\_e\\_o\\_foton](http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/2924/n/o_fisico_e_o_foton)

#### A história do efeito fotoelétrico

O efeito fotoelétrico foi descoberto em 1887, por Heinrich Hertz, durante seus estudos sobre a natureza eletromagnética da luz. Mas quem mais se destacou no estudo desse fenômeno foi Philipp von Lenard, que demonstrou experimentalmente a essência do fenômeno, ou seja, que os elétrons são extraídos da superfície de um metal quando este é irradiado por luz ultravioleta. Sabe-se hoje que o fenômeno ocorre em diversos materiais e sob o efeito de diferentes tipos de radiação eletromagnética.

Essa descoberta ocorreu no momento da consolidação da teoria eletromagnética de Maxwell, que, em quatro equações, sintetizou todos os fenômenos elétricos, magnéticos e luminosos. No entanto, falharam todas as tentativas para explicar o efeito fotoelétrico com base na teoria de Maxwell. De acordo com a teoria clássica do eletromagnetismo, a energia era distribuída contínua e homogênea à superfície metálica, até que chegasse a uma quantidade suficiente para liberar os elétrons. Ou seja, quanto maior a intensidade da radiação, mais energéticos seriam os elétrons, uma hipótese recorrentemente negada em todos os experimentos. O mais surpreendente, no contexto da teoria clássica, era que a liberação era limitada a determinados valores da frequência da luz, isto é, havia um valor abaixo do qual nenhum elétron era liberado, qualquer que fosse a intensidade da radiação.



Representação gráfica do efeito fotoelétrico. Segundo este fenômeno, os elétrons são extraídos da superfície de um metal quando este é irradiado por luz ultravioleta ou outros tipos de radiação eletromagnética. (imagem: Feitscherg / Wikimedia Commons / CC BY-SA 3.0)

Em 1905, Einstein resolveu o enigma, embora seu foco inicial não fosse o efeito fotoelétrico. Ele estava preocupado com uma contradição que havia percebido entre a quantização da energia em fenômenos térmicos, conforme a teoria introduzida por Planck em 1900, e a noção de que, na teoria eletromagnética de Maxwell, a energia é distribuída continuamente no espaço. Resolveu investigar essa questão e chegou à explicação do efeito fotoelétrico como um exemplo de aplicação da sua teoria da quantização da luz.

### **A luz em partículas**

Assim como Planck propôs a quantização da energia, Einstein propôs a quantização da luz. Ou seja, em vez de transferir um fluxo contínuo de energia, a luz transfere sua energia em quantidades bem definidas, proporcionais à sua frequência. A essa quantidade, Einstein deu o nome de quantum de luz. É como se o feixe de luz fosse composto de partículas, ou quanta de luz (quanta é o plural de quantum). Se o quantum de luz tiver energia superior àquela que liga o elétron ao metal, a transferência dessa energia, em um evento único, liberará o elétron. Depois de liberado do seu local no interior do sólido, o elétron gastará uma parte da energia recebida do quantum de luz para chegar à superfície e se liberar totalmente do material. Então, a energia com que o elétron sai do material é a diferença entre a energia do quantum de luz e a energia gasta pelo elétron no trajeto até a superfície. Isso foi transformado no que hoje se conhece como equação do efeito fotoelétrico.

Atualmente, a constante de proporcionalidade que deve ser multiplicada à frequência para fornecer a energia do quantum de luz é a constante de Planck, mas Einstein não fez esta associação no seu primeiro trabalho, ao contrário do que sugerem praticamente todos os livros didáticos e inúmeros artigos de divulgação científica. Einstein só fez esta associação em um artigo publicado em 1909.

Outro equívoco comumente veiculado em livros didáticos e textos de divulgação científica é que a ideia do fóton nasceu com o trabalho de 1905. Na verdade, o quantum de luz de Einstein não é exatamente o fóton como hoje o conhecemos, ou seja, uma partícula associada à luz, com energia e momento bem definidos. Em 1905, o quantum de luz só tinha uma energia definida. O momento do quantum de luz só foi definido por Einstein em 1916.

Por outro lado, o termo fóton foi proposto em 1926 pelo físico-químico estadunidense Gilbert Newton Lewis – tanto quanto se sabe, Einstein jamais se referiu ao quantum de luz como fóton. Na palestra que Einstein proferiu na Academia Brasileira de Ciências, em 1925, intitulada “Observações sobre a situação atual da Teoria da Luz” (Ciência Hoje, v. 21, n. 124, setembro / outubro de 1996), ele usou várias expressões, como “teoria do quantum

luminoso”, “quanta de luz”, “a radiação é constituída de quanta análogos a corpúsculos”, “teoria dos quanta de luz”, mas em momento algum usou a palavra fóton.

### **Genialidade de um jovem cientista**

A história do quantum de luz é mais uma das marcas da genialidade de Einstein. Embora a equação do efeito fotoelétrico descrevesse perfeitamente os resultados experimentais, praticamente toda a comunidade científica rejeitou a ideia do físico alemão. A equação de Einstein indicava a possibilidade da medida da constante de Planck, que estava associada à energia do quantum.

O físico estadunidense Robert Andrews Millikan, reconhecidamente um competente experimentalista, passou 10 anos da sua vida tentando mostrar que Einstein estava errado. No entanto, obteve resultados tão precisos da constante de Planck que não apenas validou a equação de Einstein, como teve seu trabalho reconhecido na outorga do prêmio Nobel de Física de 1923. Todavia, ao longo da sua vida, raramente Millikan manifestou-se favorável à teoria do quantum de luz – reconhecia a correção da equação de Einstein, mas não acreditava na teoria.

Resumindo, 110 anos atrás, o jovem Einstein, com apenas 26 anos de idade, propôs o conceito de quantum de luz e explicou o efeito fotoelétrico. A comunidade científica internacional precisou de quase 20 anos para se convencer que ele estava certo, mas, hoje, sabemos que essa é uma grande marca da sua genialidade!