

Marcos Rogério dos Reis

**ABORDAGEM DA FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA EM UM CURSO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: DA APROPRIAÇÃO
CONCEITUAL À CONCEPÇÃO CRÍTICA DA
CIÊNCIA**

Passo Fundo

2025

Marcos Rogério dos Reis

ABORDAGEM DA FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA EM UM CURSO DE
CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: DA APROPRIAÇÃO
CONCEITUAL À CONCEPÇÃO CRÍTICA DA
CIÊNCIA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, do Instituto de Humanidades, Ciências, Educação e Criatividade, da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial para obtenção do título de doutor em Ensino de Ciências e Matemática, sob a orientação da professora Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa.

Passo Fundo

2025

CIP – Catalogação na Publicação

R375a Reis, Marcos Rogério dos

Abordagem da física moderna e contemporânea em um curso de ciências biológicas [recurso eletrônico] : da apropriação conceitual à concepção crítica da ciência / Marcos Rogério dos Reis. – 2025.

4.6 MB ; PDF.

Orientadora: Profa. Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa.
Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade de Passo Fundo, 2025.

1. Ciência - História. 2. Física - Estudo e ensino.
3. Aprendizagem significativa crítica. 4. Ciência - Estudo e ensino. 5. Professores - Formação. I. Rosa, Cleci Teresinha Werner da, orientadora. II. Título.

CDU: 372.85

Catalogação: Bibliotecária Juliana Langaro Silveira - CRB 10/2427

Marcos Rogério dos Reis

Abordagem de Física Moderna e Contemporânea em
um curso de Ciências Biológicas: da apropriação
conceitual à concepção crítica da Ciência

A banca examinadora abaixo, APROVA em 26 de setembro de 2025, a Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade de Passo Fundo, como requisito parcial de exigência para obtenção de grau de Doutor em Ensino de Ciências e Matemática, na linha de pesquisa Práticas Educativas em Ensino de Ciências e Matemática.

Dra. Cleci Teresinha Werner da Rosa - Orientadora
Universidade de Passo Fundo - UPF

Dr. Nathan Willig Lima
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

Dr. João Carlos Krause
Universidade do Alto Uruguai e Missões - URI

Dr. Alisson Cristian Giacomelli
Universidade de Passo Fundo - UPF

Dra. Aline Locatelli
Universidade de Passo Fundo - UPF

AGRADECIMENTOS

Agradeço à família UPF, em particular a orientadora Dra. Cleci T. Werner da Rosa, por terem me oportunizado a cursar este doutorado, uma grande realização em minha vida profissional.

Agradeço à minha família, esposa e filho, por terem me apoiado e incentivado a cursar este doutorado.

Agradeço aos colegas do Instituto Federal Campus Sertão por terem oportunizado a continuar meus estudos.

“[...] afirmam a necessidade de preparar o aluno para viver em uma sociedade caracterizada pela mudança, cada vez mais rápida, de conceitos, valores, tecnologias [...]”.

Marco Antonio Moreira

RESUMO

A presente tese versa sobre um estudo envolvendo o desenvolvimento e a aplicação de um produto educacional voltado ao ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) em um curso de Ciências Biológicas. O foco do produto educacional está em apresentar textos com episódios históricos e atividades didáticas para o tema, tendo sido estruturada em nove encontros (20 horas/aula) e aplicado em uma turma de Licenciatura em Ciências Biológicas de uma instituição pública federal localizada no norte do Rio Grande do Sul. A pesquisa relacionada à aplicação desse produto educacional teve como questão central a seguinte pergunta: Que evidências de apropriação dos conhecimentos científicos e o desenvolvimento de uma concepção crítica da ciência emergem em licenciandos de Ciências Biológicas quando o ensino de Física Moderna e Contemporânea é desenvolvido com base na aprendizagem significativa crítica e na história da ciência? Dessa pergunta foi elencado o objetivo geral de investigar as contribuições de uma abordagem de ensino pautada na aprendizagem significativa crítica e na história da ciência, para o desenvolvimento de uma apropriação dos conhecimentos científicos e concepção crítica sobre a ciência por parte de licenciandos em Ciências Biológicas. A tese e a proposta didática que sustentam o produto educacional estão pautados na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) e no uso da História da Ciência (HC) como estratégia de ensino. De forma mais específica, o produto educacional recorre ao estudo de Lima e Rosa (2022) como fundamento para organizar as atividades e agregar às discussões em sala de aula temas vinculados a aspectos sociocientíficos com objetivo de instituir um pensamento crítico sobre a ciência. A pesquisa de natureza qualitativa e do tipo pesquisa-ação, toma como referência a aplicação do produto educacional, selecionando três instrumentos para produção dos dados, a saber: vídeo gravações de atividades desenvolvidas pelos participantes; texto dissertativo apresentado pelos estudantes ao final da proposta didática; e, diário de bordo preenchido pelo pesquisador. Os dados produzidos foram analisados por meio da Análise de Conteúdo como anunciado por Bardin (1977), tendo categorias dadas *a priori* e estabelecidas pela pergunta de pesquisa e pelo referencial teórico do estudo, assim definidas: a) compreensão/concepção de ciência; b) construção de uma concepção histórica e social da ciência; c) apropriação dos conhecimentos abordados. Os resultados apontaram que a implementação da proposta revelou uma significativa evolução na concepção das alunas participantes do estudo, sobre a natureza da ciência, transcendendo de uma concepção ingênua para uma perspectiva crítica e contextualizada e que reconhece a ciência como uma construção humana, social e histórica. Embora a apropriação de conceitos complexos da Física demande mais tempo, a abordagem se mostrou eficaz ao promover a desmistificação de temas como a tecnologia nuclear e ao capacitar as futuras professoras a mobilizarem o conhecimento científico para analisar criticamente questões sociocientíficas, alinhando a formação docente aos desafios contemporâneos. O produto educacional anunciado é descrito ao longo do texto e caracteriza-se como um material de apoio para professores a partir de uma proposta didática envolvendo a TASC e a HC e destinada a abordar FMC em cursos de formação de professores de Ciências Biológicas, estando disponível na página do programa e no portal EduCapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/1131587>)

Palavras-chave: Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica; História das Ciências; ensino de Ciências; Física Moderna e Contemporânea.

ABSTRACT

This thesis examines a study on the development and application of an educational product focused on Modern and Contemporary Physics in an undergraduate Life Sciences course. The product is designed to present texts with historical episodes and accompanying didactic activities, structured into nine sessions (20 hours/ class) and implemented with a class of Life Sciences undergraduates at a public institution in northern Rio Grande do Sul, Brazil. The research addressed the following central question: What contributions can a teaching approach based on critical meaningful learning and the history of science offer to Biological Sciences undergraduates in developing a critical perspective on science? From this question, the general objective was to investigate the contributions of a teaching approach based on critical meaningful learning and the history of science, for the development of an appropriation of scientific knowledge and a critical conception of science by undergraduate students in Biological Sciences. The thesis and the supporting instructional approach are grounded in the Critical Meaningful Learning Theory (CMLT) and employ the History of Science (HC) as a teaching strategy. Specifically, the approach draws on the study by Lima and Rosa (2022) to structure activities and integrate discussions on socio-scientific topics, aiming to promote critical thinking about science. This qualitative, action-oriented study focused on the implementation of the educational product, using three data collection instruments: video recordings of participant activities, an essay submitted by students at the conclusion of the teaching intervention, and a logbook maintained by the researcher. The data were analyzed using Content Analysis, as proposed by Bardin (1977), with categories defined a priori based on the research question and theoretical framework: a) understanding/conception of science; b) development of a social and historical perspective on science; and c) appropriation of the concepts addressed. The results indicate that the implementation of the approach significantly enhanced students' understanding of the nature of science, shifting from a naive view to a critical, contextualized perspective that recognizes science as a human, social, and historical construct. While the appropriation of complex Physics concepts requires more time, the approach effectively demystified topics such as nuclear technology and enabled future teachers to apply scientific knowledge to critically analyze socio-scientific issues, aligning teacher education with contemporary challenges. The educational product is described throughout the thesis and is also available as a separate material accompanying the study, accessible on the program's website and through the EduCapes portal (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/1131587>).

Keywords: Critical Meaningful Learning Theory; History of Science; Science Education; Modern and Contemporary Physics.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação das dissertações e teses revisadas	62
Quadro 2 - Relação dos Produtos Educacionais revisados	70
Quadro 3 - Aspectos da TAS e TASC evidenciados no PE	75
Quadro 4 - Cronograma de aplicação da sequência didática	87
Quadro 5 - Representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação	114
Quadro 6 - Questionário, pergunta 1	119
Quadro 7 - Questionário, pergunta 2	120
Quadro 8 - Questionário, pergunta 3	121
Quadro 9 - Questionário, pergunta 4	122
Quadro 10 - Questionário, pergunta 5	123
Quadro 11 - Questionário, pergunta 6	124
Quadro 12 - Questionário, pergunta 7	125
Quadro 13 - Questionário, pergunta 8	126

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Manuscrito de Dalton representando o átomo com a “atmosfera do calórico”	46
Figura 2 - Representação do modelo atômico de Nagaoka	47
Figura 3 - Localização do Campus Sertão	76
Figura 4 - IFRS Campus Sertão, prédio central.....	77
Figura 5 – Mapa Conceitual Aluno A2.....	82
Figura 6 - Capa do Produto Educacional.....	85
Figura 7 - Vídeo “O que é ciência e porque confiar nela”	88
Figura 8 - Vídeo “Definição de ciência”	89
Figura 9 - Vídeo “O que é Ciência?”.....	89
Figura 10 - Breve descrição dos modelos atômicos	90
Figura 11 - Experimento prático sobre átomo realizado por A1	91
Figura 12 - Experimento prático sobre átomo realizado por A3	92
Figura 13 - Vídeo sobre a simulação do experimento de Rutherford.....	93
Figura 14 - Simulação do experimento de Rutherford	93
Figura 15 - Vídeo sobre os modelos atômicos	94
Figura 16 - Vídeo sobre o modelo atômico de Bohr	95
Figura 17 - Alunas gravando vídeo, encontro 3	96
Figura 18 - Evolução histórica dos modelos atômicos	97
Figura 19 - Alunas participantes do quarto encontro	98
Figura 20 - Vídeo sobre Emissão e Absorção de Radiação: o espectro	99
Figura 21 - Vídeo “O esquecido Modelo Atômico de Nagaoka – Conhecem”	100
Figura 22 - Experimento sobre radioatividade	102
Figura 23 - Vídeo explicando a radioatividade e a vida de Marie Curie.....	103
Figura 24 - Vídeo “Mulheres cientistas brasileiras”.....	104
Figura 25 - Vídeo “Lugar de Mulher - Marcia Barbosa”	104
Figura 26 - Vídeo “Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um triplo desastre”	105
Figura 27 - Vídeo “Bombas Atômicas 2017”	106
Figura 28 - Projeção do texto de apoio 4.....	107
Figura 29 - Vídeo “Física Nuclear – Introdução”	107
Figura 30 - Vídeo “A crise do lixo nuclear”.....	108
Figura 31 - Vídeo “Radiação de alimentos”	109
Figura 32 - Vídeo “Irradiação de Alimentos”	109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
2	APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E CRÍTICA E HISTÓRIA DA CIÊNCIA	18
2.1	Teoria da Aprendizagem Significativa	18
2.2	Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica	26
2.3	História da Ciência	34
2.3.1	<i>A historiografia internalista x externalista.....</i>	<i>34</i>
2.3.2	<i>História da Ciência no Ensino de Ciências.....</i>	<i>41</i>
3	REVISÃO DE ESTUDOS	61
3.1	Definição do <i>corpus</i>	61
3.2	Relato das dissertações e teses	63
3.3	Revisão de Produtos Educacionais.....	70
3.4	Análise do <i>Corpus</i>	72
4	PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO	74
4.1	Origem, concepção e desenvolvimento do PE	74
4.2	Local da aplicação do PE	75
4.3	Estudo inicial na forma de ensaio.....	78
4.4	Participantes do estudo	83
4.5	Descrição do PE	84
4.6	Aplicação do Produto Educacional	86
4.6.1	<i>Aula 1.....</i>	<i>88</i>
4.6.2	<i>Aula 2.....</i>	<i>90</i>
4.6.3	<i>Aula 3.....</i>	<i>94</i>
4.6.4	<i>Aula 4.....</i>	<i>97</i>
4.6.5	<i>Aula 5.....</i>	<i>100</i>
4.6.6	<i>Aula 6.....</i>	<i>102</i>
4.6.7	<i>Aula 7.....</i>	<i>105</i>
4.6.8	<i>Aula 8.....</i>	<i>108</i>
5	PESQUISA	111
5.1	Características da pesquisa.....	111
5.2	Instrumentos produção de dados	115
5.3	Cuidados éticos.....	117

5.4	Procedimento análise dos dados	117
5.5	Discussão dos resultados	118
5.5.1	<i>Compreensão/concepção de ciência dos licenciandos em Ciências Biológicas</i>	<i>119</i>
5.5.2	<i>Construção de uma concepção histórica e social da ciência.....</i>	<i>127</i>
5.5.3	<i>Apropriação dos conhecimentos abordados</i>	<i>133</i>
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	136
	REFERÊNCIAS	141
	APENDICE A - Questionário sobre a Natureza da Ciência.....	147
	APENDICE B - Texto de Apoio 1	148
	APENDICE C - Texto de Apoio 2	154
	APENDICE D - Texto de Apoio 3	157
	APENDICE E - Texto de Apoio 4	160
	APENDICE F - Texto de Apoio 5	164
	APENDICE G - Respostas do questionário sobre a Natureza da Ciência	168
	APENDICE H - Respostas do questionário sobre a Natureza da Ciência	171
	APENDICE I - Trabalhos dos alunos	177
	ANEXO A - Autorização da Coordenação do Curso de Ciências Biológica.....	181
	ANEXO B - Termos de Consentimento Livre Esclarecido.....	182

1 INTRODUÇÃO¹

Como filho de agricultor, nascido em Sertão/RS, cursei o ensino Técnico em Contabilidade noturno e ainda jovem fui incentivado por um tio, professor de Física, a estudar Ciências exatas. Acredito que este tio tenha visualizado em mim um potencial para ciências exatas. Quando fiz o vestibular para Licenciatura Plena de Matemática, fui aprovado, apesar das limitações que um ensino técnico proporcionava.

Iniciando o Curso de Licenciatura Plena em Matemática (1983), aos 16 anos, tive muita dificuldade para acompanhar meus colegas, pois vinha de um ensino técnico em uma cidade do interior. Com muito esforço e ajuda de colegas veteranos consegui pegar o ritmo dos estudos e acompanhar meus colegas em um curso de tempo integral. Como filho de agricultor, ainda ajudava os pais na agricultura quando não tinha aula, porém com muito esforço fui chegando ao término do Curso em 1988.

Já formado em Licenciatura Plena em Matemática, tive uma breve experiência como professor contratado em escola estadual lecionando Matemática. Em 1991, prestei concurso para professor na rede federal, antiga Escola Agrotécnica Federal de Sertão (EAFS), pensando em conquistar um segundo ou terceiro lugar. Por ironia do destino, os candidatos que tiraram o primeiro e segundo lugar não comprovaram seus diplomas, visto que na época a comunicação entre as cidades era muito difícil e demorada. Em abril de 1992, assumi como professor de Matemática na Escola Agrotécnica Federal de Sertão, atualmente completando 33 anos de trabalho.

Como professor concursado, ao assumir, fui designado a lecionar a disciplina de Física, a fim de ministrar nos 2º e 3º anos do curso de Técnico em Agropecuária, juntamente com um laboratório de Física inteiramente novo que estava sem professor. Neste laboratório, dediquei muitos anos de minha vida desenvolvendo experimentos e adaptando alguns que já conhecia. A minha formação na Universidade de Passo Fundo (UPF) foi determinante para o crescimento de minha carreira, tendo em vista que tive muitas aulas de laboratório de Física em minha formação, embora o curso fosse em Matemática, era oportunizado lecionar física por meio da devida habilitação. No final da década de 1990, fiz uma especialização em ensino de Ciências (UPF), e posteriormente uma em Eletricidade na Agropecuária, na Universidade Federal de Lavras (MG).

¹ Considerando o caráter híbrido da introdução, utilizam-se diferentes pessoas do discurso.

Tive meu primeiro contato com a Internet na especialização que fiz na UPF e, em meados de 1996, a EAFS teve conexão com a Internet. Lembro-me que meu primeiro acesso foi no observatório de astronomia no Japão. A Internet abriu novos horizontes e proporcionou conhecimento e informações, realidade nunca vista antes. Em pouco tempo, a realidade proporcionada pela internet e seus subsídios tecnológicos, estava dominando a programação HTML, JAVA Script e a construção de página Web. A Internet foi expandida para os alunos por meio de um laboratório de informática, no qual trabalhei como monitor.

Este domínio das tecnologias, abalizado pela internet, proporcionou que eu cursasse o mestrado em Ciência da Computação, desenvolvido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em Concórdia (SC). No ano 2000, fui aceito no mestrado com um projeto para desenvolver sistemas multimídias no ensino Técnico em Agropecuária. Ao finalizar o mestrado, tinha desenvolvido um CDROM com aulas de Física apoiadas na teoria histórico-cultural de Vygotsky.

Nos anos que seguiram, com o diploma de Mestre em Computação, a direção da EAFS solicitou que fosse desenvolvido um curso técnico em computação na EAFS, o qual chegou a ter três turmas simultaneamente. Durante quase dez anos fui professor de Informática Básica no Curso Técnico em Agropecuária e simultaneamente professor de Física.

Com um laboratório de Física parcialmente sucateado, descrevi um projeto para a implementação de um novo laboratório de Física que está em funcionamento até os dias de hoje. Este laboratório já está com mais de 15 anos de uso e precisando de reposição e manutenção de equipamentos. Atualmente, somos três professores de Física no IF Campus Sertão e lecionando física nos 2º e 3º anos do Curso Técnico em Agropecuária, e física I e II do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, com aproximadamente 240 alunos.

O doutorado em Ensino de Ciências e Matemática sempre foi um sonho e que tratei de buscar sua realização logo após o mestrado. Inicialmente fui aprovado para cursá-lo em ensino de Ciências e Matemática na Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), na cidade de Canoas, RS. Por diferentes razões não foi possível concluir esse curso e imediatamente solicitei ingresso junto a UPF, no curso de doutorado profissional na mesma área em que estava cursando. O tema de pesquisa apresentado no processo seletivo na UPF versou sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) e fui aceito como aluno regular em 2023, passando a integrar a linha de Práticas Educativas em Ensino de Ciências e Matemática e o Grupo de Pesquisa em Educação Científica e Tecnológica (GruPECT).

No programa, cursei a disciplina relacionada às teorias de aprendizagem e desenvolvi um trabalho sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel. Este

contato com a TAS despertou o desejo de implementá-la na disciplina de Física II que leciono no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas. No primeiro semestre de 2023, tive contato também com o artigo “Por que devemos ensinar História das Ciências em aula de Ciências? Contribuições a partir de Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica” dos autores Nathan Willig Lima e Cleci T. Werner da Rosa, publicado em 2022, na Revista Espaço Pedagógico². O artigo relaciona a história da ciência com o desenvolvimento de uma postura crítica nos alunos, o que acabou por se tornar a referência para a reorganização da disciplina de Física II.

Desde então tenho me debruçado na busca por discutir possibilidades didáticas para o ensino de FMC tendo como recorte o uso da história da ciência na formação de professores, particularmente o de Ciências Biológicas. O programa de Pós-Graduação, o qual ingressei, é de natureza profissional e, portanto, tem como aspecto central a elaboração de um produto educacional (PE), como será amplamente explorado ao longo desta tese. Esse PE parte de uma problemática que identificamos na nossa prática docente e cuja possibilidade de solução está associado à sua elaboração. Ou seja, há um problema que identificamos em nossa prática e sua elaboração é uma possibilidade de solução. Neste sentido, devemos desenvolvê-lo e aplicá-lo como forma de analisar a sua pertinência frente ao problema inicialmente apresentado.

Nessa vereda, menciono que a minha prática profissional serviu de referência para identificar a problemática vinculada as possibilidades didáticas para o ensino de FMC e o produto educacional desenvolvido tomou por referência materiais e textos que já estavam sendo utilizados na disciplina de Física II, alvo do presente estudo. A partir do que já existia e que estava sendo utilizado reformulamos o material de modo a se constituir como um produto educacional e aplicamos em duas situações junto ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas: um estudo inicial em 2023 na forma de ensaio e um estudo em 2024 e tido como estudo principal desta tese. A presente tese se ocupa de apresentar a problemática que deu origem a esse produto educacional, o processo de elaboração dele, pesquisa resultante da sua aplicação na turma e o curso alvo do estudo.

No PE desenvolvido busca-se investigar uma estratégia (sequência didática) que venha ao encontro das necessidades de aprendizagem dos futuros professores de Ciências Biológicas, em relação ao conteúdo da FMC, dentro do contexto do educador contemporâneo. Para essa finalidade, partimos do entendimento de que a História da Ciência atua como uma ferramenta aliada a exposição conceitual e a construção de experimentos, ajudando a desenvolver estudos sobre os fenômenos da natureza. Segundo McComas (2020 *apud* Lima; Rosa, 2022, p. 486)

² Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/13201>. Acesso em 10 set 2024.

existe uma “potencialidade da abordagem histórica no sentido de contribuir para um melhor entendimento da natureza da ciência”.

A problemática principal deste estudo e já anunciada nos parágrafos anteriores, se refere as dificuldades em abordar os temas vinculados a FMC no ensino superior. Moreira (2018, p. 74) faz referência ao ensino de Física no nível superior como algo que é desenvolvido de modo “tradicional, centrado no docente, na memorização de fórmulas a serem aplicadas na resolução de problemas conhecidos”. Considerando a citação de Moreira se denota a necessidade de um estudo e uma adequação do ensino de Física às necessidades atuais. Moreira cita a necessidade de desenvolver pesquisa aplicada para a solução de problemas relativamente urgentes do ensino de Física.

Neste contexto, é proposto um PE que possibilite realizar a transposição dos conhecimentos gerados na área acadêmica (pesquisa científica) para a sala de aula, oportunizando ao aluno ser coadjuvante de sua aprendizagem e reduzindo processos mecânicos e repetitivos de aprendizagem em prol de uma aprendizagem significativa. Moreira (2018, p. 76) fazendo referência ao ensino superior, afirma que os professores “além de terem sido formados com o ensino tradicional, das aulas expositivas e listas de problemas, têm pouca física na graduação, quase nada de Física Moderna e Contemporânea. No seu ensino, não passam da Física Clássica, iniciando com a Cinemática, na qual os alunos começam a não gostar da Física”.

Assim, analisando as críticas de Moreira sobre o ensino superior, a experiência em sala de aula do pesquisador autor da presente tese, bem como a necessidade do discente em conhecer tópicos de FMC, foi desenvolvida uma sequência didática apoiada na história da ciência e na formação crítica dos estudantes. De modo mais direto, podemos dizer que a origem do produto educacional pode ser identificada como sendo a própria prática do pesquisador, o qual é professor de Física no ensino médio há mais de trinta anos e há quase dez anos docente no ensino superior, ministrando aulas em uma instituição pública de ensino que agrega cursos técnico de nível médio e cursos superior, como o de Licenciatura em Ciências Biológicas, campo da aplicação do presente estudo.

A docência para professores em formação inicial de Ciências Biológicas tem representado um grande desafio para professores de Física, os quais precisam discutir os fenômenos e conceitos desta área. Sob esse prisma, o que foi possível perceber ao longo desses anos é que a relação entre a Física e a Biologia nem sempre é evidente para os estudantes, pois estes acabam relacionando a física como mais próxima da matemática, ao invés da própria Biologia. Sob esse viés, é preciso repensar como ensinar conceitos de Física dando atenção a

transferência didática e “como abordar a Física de modo a despertar o interesse, a intencionalidade, a predisposição dos alunos, sem os quais a aprendizagem não será significativa, apenas mecânica para passar” (Moreira, 2018, p. 76).

A minha experiência como professor há quase dez anos atuando na disciplina de Física II, junto ao Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, possibilitou a percepção acerca da necessidade de uma atenção especial ao ensino da Física, com maior ênfase nas questões conceituais do que nas questões matemáticas, em hipótese alguma, tornando aquelas com exclusão. Isto posto, desenvolvemos neste curso de doutorado um PE que possibilitasse apresentar a FMC no recorte do estudo da Evolução dos Modelos Atômicos, a partir da história da ciência e com uma ênfase a formação do cidadão crítico e autônomo.

Segundo Nóvoa (2009, p. 20) a situação da escola no mundo “exige de nós um pensamento crítico, uma atitude de interrogação que não se limite a repetir o que já sabemos, mas que procure antecipar os caminhos do futuro presente”. Em virtude dos grandes avanços nas tecnologias da informação é fundamental qualificar os alunos para que possam interpretar o mundo e, conseqüentemente, adquirirem conhecimento crítico para optarem por um caminho seguro e bom para a sociedade.

É sabido que o professor educador contemporâneo necessita desenvolver estratégias para que o aluno possa analisar, interpretar e produzir argumentos a respeito dos fenômenos científicos e da sociedade em que está inserido. O professor de Ciências que atua na educação básica tem a responsabilidade de oportunizar o contato pelos estudantes com conceitos contemporâneos ligados à ciência, de modo a trazer o mundo vivencial e contemporâneo para dentro da escola. Particularmente, destacamos a importância da presença da FMC dentre esses conhecimentos.

No curso aludido, ministro as disciplinas de Física I e II e tenho percebido que os estudantes se mostram receosos em relação a aprendizagem de Física. Além da atuação no referido curso também atuo como professor de Física no Ensino Médio, onde percebo de forma mais imediata o interesse dos estudantes por temas ligados a tecnologia e aos conhecimentos contemporâneos, como é o caso da FMC. A Cosmologia também desperta o interesse deles e segundo os estudantes a internet fornece muitas informações dispersas e de fontes dúbias, impedindo uma formação mais eficaz. Como são estudantes de um Curso de Licenciatura, em Ciências Biológicas, não dispõem de tempo e conhecimento para fazer uma busca elaborada sobre os temas de FMC e Cosmologia, olhando para o professor como um orientador na busca de conhecimentos.

Com o intuito de estabelecer relações entre os conceitos da Física e o mundo cotidiano e com isso oportunizar a formação de sujeitos críticos e conscientes de seu papel na sociedade, estou me dedicando a organizar e ministrar minhas aulas de Física junto ao Instituto Federal do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Sertão, situado no norte do estado. Nesse educandário, temos o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, o qual enseja formar professores para atuar no ensino de Ciências no Ensino Fundamental – Anos Finais e no ensino de Biologia no Ensino Médio.

O apresentado leva a anunciar a questão central do estudo, assim formulada: Que evidências de apropriação dos conhecimentos científicos e o desenvolvimento de uma concepção crítica da ciência emergem em licenciandos de Ciências Biológicas quando o ensino de Física Moderna e Contemporânea é desenvolvido com base na aprendizagem significativa crítica e na história da ciência?

Dessa pergunta temos como objetivo geral o de investigar as contribuições de uma abordagem de ensino pautada na aprendizagem significativa crítica e na história da ciência, para o desenvolvimento de uma apropriação dos conhecimentos científicos e concepção crítica sobre a ciência por parte de licenciandos em Ciências Biológicas.

Como objetivos específicos temos:

- Analisar as concepções de ciência presentes nos licenciandos em Ciências Biológicas;
- Elaborar uma proposta didática que contemple tópicos de Física Moderna e Contemporânea, fundamentada na história da ciência e na Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica;
- Aplicar a proposta didática em um contexto de formação inicial de professores de Ciências Biológica;
- Contribuir para a instituição de uma concepção histórica e crítica da ciência por parte dos licenciandos em Ciências Biológicas;
- Identificar os desafios e limitações da proposta didática no ensino de Física Moderna e Contemporânea;
- Estruturar um produto educacional referente a proposta didática elaborada e avaliada no estudo.

Para alcançar tais objetivos, estaremos desenvolvendo uma pesquisa de abordagem qualitativa do tipo pesquisa-ação, a partir da aplicação da proposta didática desenvolvida na tese. A proposta estruturada em 9 encontros, com 8 encontros de 2 horas/aula cada um, e 1

encontro de 4 horas/aula, e contempla a temática “Evolução dos modelos atômicos” a qual faz parte do conteúdo programático da disciplina de Física II de um curso de Licenciatura em Ciências Biologia de uma instituição federal localizada ao norte do Rio Grande do Sul. Para avaliar a proposta, visando principalmente verificar suas contribuições à apropriação do conhecimento, o estudo recorre a videograções de atividades desenvolvidas pelos participantes; texto dissertativo apresentado pelos estudantes ao final da proposta didática; e, diário de bordo preenchido pelo pesquisador. Os instrumentos mencionados estão associados as categorias de análise que pretendemos trazer para verificar a contribuição da proposta didática à apropriação do conhecimento frente as escolas realizadas no estudo. Neste sentido, temos que o pretendido é discutir os resultados a partir dos indícios do entendimento da Natureza da Ciência (NdC) e do desenvolvimento de uma formação crítica do conhecimento, desenvolvendo um posicionamento crítico dos participantes no momento das discussões de temas sociocientíficos e históricos.

O texto da tese está organizado em seis capítulos, sendo o primeiro a presente introdução que apresenta o autor da tese, anuncia o problema de pesquisa, pergunta, objetivo geral e específico e o modo como ela foi organizada. O segundo capítulo trata dos referenciais teóricos que subsidiam o estudo e com quem os resultados vão dialogar. O terceiro capítulo apresenta uma revisão em teses, dissertações e produtos educacionais como forma de anunciar o que tem sido pesquisado na temática. O quarto capítulo descreve o PE, aspecto central deste texto, trazendo desde sua origem até a versão que foi aplicada e considerada o estudo principal e que resultou no PE a ser anunciado como fruto do estudo. O quinto capítulo trata da pesquisa que foi desenvolvida com a aplicação do PE e apresenta a análise e discussão dos dados. Ao final são trazidas as considerações finais do estudo e perspectivas futuras.

O PE desenvolvido caracteriza-se por ser uma proposta didática apoiada na TASC e na HC para abordar temas de FMC em cursos de formação de professores de Ciências Biológicas. O PE inclui textos, vídeos, simulações e experimentos, com possibilidade de ser replicado em outros contextos.

2 APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E CRÍTICA E HISTÓRIA DA CIÊNCIA

O presente capítulo apresenta os referenciais teóricos que sustentam a tese e seu respectivo produto educacional, dando ênfase a Teoria da Aprendizagem Significativa, a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica e a aspectos da História da Ciência no ensino de Física Moderna e Contemporânea.

2.1 Teoria da Aprendizagem Significativa

A aprendizagem pode ser classificada em três tipos distintos (Moreira, 1999, p. 152): a aprendizagem afetiva resultante de “sinais internos aos indivíduos” tais como a percepção, emoções, crenças e valores; a aprendizagem psicomotora envolve atividades “musculares adquiridas por meio de treino e prática” envolve esporte, artes e procedimentos ligados a saúde; e a cognitiva que “resulta no armazenamento organizado de informações na mente do ser que aprende” relacionados a processos tais como interpretação, memória e pensamento crítico.

Segundo Tibáo e Sbrano (2023, p. 12), entende-se por cognição como “um todo simplesmente psicofuncional que envolve a capacidade do sujeito de perceber, compreender, relembrar e agir em conformidade aos eventos proporcionados e propiciados pelo meio”.

Ausubel, Novak e Hanesian (1983) propõem para a aprendizagem cognitiva uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo o cognitivismo. Para eles, a aprendizagem cognitiva é um processo de organização e integração dos conceitos e proposições na estrutura cognitiva, ou seja, afirmam existir uma disposição e ordem, na qual ocorre integração e organização. Esta estrutura cognitiva seria a bagagem do conhecimento e ideias do indivíduo com sua organização, formada por processos que proporcionam a aquisição do conhecimento. Assim, a “assimilação de conceitos se caracteriza por um processo ativo de relação, diferenciação e integração com os conceitos pertinentes que já existem. Quanto mais ativo seja este processo, mais significativo e útil será os conceitos assimilados” (Ausubel; Novak; Hanesian, 1983, p. 96).

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1983, p. 137), “é muito mais fácil aprender e recordar a essência do material potencialmente significativo que memorizar o mesmo material conectado de modo repetitivo ao pé da letra”. Afirmam ainda que a aquisição do conhecimento ocorre quando relacionamos informações relevantes a nossa estrutura cognitiva de forma conectada e coerente. Logo, Ausubel, Novak e Hanesian (1983, p. 37) afirmam que “é evidente que a aprendizagem significativa é mais importante que a aprendizagem por repetição”.

Para ocorrer a aprendizagem precisamos evidenciar “a importância de identificar os conhecimentos que o estudante já construiu, como forma de buscar neles uma ancoragem para os novos conhecimentos” (Trentin; Silva; Rosa, 2018, p. 97). Ressalte-se que o aluno não modifica seus conhecimentos espontaneamente.

Ausubel (2003, p. 10) afirma que é impossível qualquer aprendizagem significativa que não seja influenciado pela estrutura cognitiva existente, ou seja, é o principal fator que influencia a aprendizagem e a retenção do conhecimento. Obviamente que o material escolar disponibilizado somente será aprendido em relação a uma base de conceitos e princípios relevantes (subsunçores). Estas informações pertinentes e relevantes tornam possível o “aparecimento de novos significados e melhoram a organização e retenção dos mesmos”. Portanto, é o “fortalecimento de aspectos relevantes da estrutura cognitiva que se pode facilitar a nova aprendizagem e retenção”.

Moreira (1999, p. 152) ressalta que “o fator isolado que mais influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe”. O professor deve identificar esse conhecimento e ensinar de acordo, por meio disso, o aluno pode reter e/ou aprender novas ideias e informações quando os conceitos relevantes e inclusivos estejam claros e disponíveis em sua estrutura cognitiva e funcionem como ponto de ancoragem as novas ideias e conceitos.

Outro fator importante para ocorrer a aprendizagem significativa seria a predisposição para aprender, pois se o aprendiz não está disposto a aprender significativamente, por consequência, a aprendizagem significativa não acontece, ocorrendo a aprendizagem mecânica (Moreira, 2017, p. 9).

Nesta interpretação, Giacomelli comentando Ausubel, afirma que “a aprendizagem significativa amplia e reconfigura ideias existentes na estrutura cognitiva, possibilitando ao indivíduo relacionar e acessar os conhecimentos” (2020, p. 70). Deste modo, há o princípio que existe um conhecimento significativo na estrutura significativa do aprendiz, este conhecimento deve ser resgatado para ancorar um novo conhecimento. Este conhecimento prévio será modificado à medida que o novo conhecimento se torna significativo.

Na aprendizagem significativa, na captação e internalização de significados existe uma interação cognitiva entre os conhecimentos novos e os conhecimentos prévios (Moreira, 2017). Diante desse contexto, os conhecimentos prévios serão um “ancoradouro” cognitivo para os novos conhecimentos. Portanto, deve ocorrer uma interação entre os conhecimentos novos e os conhecimentos prévios.

Ausubel (2003, p. 3) afirma que o processo de aquisição de informações proporciona a alteração das “informações recentemente adquiridas” e estas são relevantes a estrutura

cognitiva, na qual estão ligadas as novas informações. Assim, o termo ancoragem é utilizado para “sugerir a ligação com ideias preexistentes ao longo do tempo”.

Este processo de ancoragem do conhecimento às estruturas cognitivas existentes possibilitará novas ancoragens a novos conhecimentos. Moreira (1999, p. 152) afirma que: “Um processo de interação, por meio do qual conceitos mais relevantes inclusivos interagem com o novo material, funcionando como ancoradouro, isto é, abrangendo e integrando este material e, ao mesmo tempo, modificando-se em função desta ancoragem”.

Segundo Ausubel (2003, p. 1) na aprendizagem por recepção exige um “mecanismo de aprendizagem significativa” ou um “material potencialmente significativo”. Neste material, se pressupõe que esteja organizado de forma não arbitrária (não aleatória) e que possui significado lógico. E que a estrutura cognitiva do aprendiz contenha ideias ancoradas relevantes, onde será relacionado o novo material. Nota-se que um material potencialmente significativo pode ser aprendido por memorização, caso o mecanismo de aprendizagem do aprendiz não seja significativo.

Na aprendizagem por descoberta “o conteúdo a se aprender deve ser descoberto de maneira independente, antes que possa ser assimilado na estrutura cognitiva” (Giacomelli, 2020, p. 72). Deste modo, conceitos já existentes na estrutura cognitiva são reorganizados.

Para implementar o material potencialmente significativo em sala de aula seria necessária a implementação de organizadores prévios, como recurso didático (Moreira, 2017), estes organizadores serviriam de ponte entre o que o aluno já sabe e o que ele deveria saber (subsunçores), a fim de assimilar de modo significativo os novos conhecimentos.

O conhecimento a ser adquirido deve estar vinculado ao conhecimento já existente no processo cognitivo do aluno. Moreira (1999, p. 153) afirma que este é um “processo por meio do qual uma nova informação relaciona-se com um aspecto especificamente relevante da estrutura do conhecimento do indivíduo”. Para estes conceitos pré-existentes define-se como “conceito subsunçores”. Diante desse cenário, a aprendizagem significativa ocorre quando as novas informações se ancoram nos conceitos ou proposições relevantes (subsunçores) preexistentes na estrutura cognitiva do aprendiz.

Portanto, o armazenamento de informações pelo cérebro humano ocorre de modo a formar uma hierarquia de conceitos, onde os conceitos específicos estão ligados a conceitos mais gerais, mais inclusivos (subsunçores). Nestes termos, a referida “estrutura cognitiva” é uma “organização do conteúdo de uma matéria em particular na mente do indivíduo em uma estrutura hierárquica onde as ideias mais inclusivas ocupem o ápice e inclui as proposições, conceitos e dados factual, progressivamente menos inclusivos e mais diferenciados” (Ausubel;

Novak; Hanesian, 1983, p. 173). Quando uma nova informação é conectada aos subsunçores diz ocorrer uma ancoragem resultando em crescimento e modificação do conceito subsunçores iniciais.

Na teoria da aprendizagem significativa Ausubel (2002 *apud* Araújo; Menezes, 2019, p. 11) “vê o conhecimento como representação de um sistema integrado. As ideias são ligadas entre si de uma forma ordenada. A mente humana segue regras lógicas para a organização da informação em respectivas categorias”.

Em vista disso, quando a aprendizagem ocorrer de forma mecânica, observar-se-á da seguinte forma “onde a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma interação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva”, sendo ainda muito criticada por Moreira (1999, p. 154), visto que o conhecimento adquirido fica arbitrariamente distribuído na estrutura cognitiva, desprovido de interações com subsunçores. Neste momento, se refere à memorização de fórmulas, de conceitos e de leis da Física para simplesmente resolver questões de prova, sem que ocorra uma aprendizagem significativa e duradoura.

A aprendizagem mecânica (Araújo; Menezes, 2019, p. 8) ocorre quando o “aluno faz pouco ou nenhum esforço para relacionar novas informações aos conhecimentos relevantes que possui, ou quando tem pouco conhecimento relevante organizado”. Em contrapartida, a aprendizagem significativa ocorre “quando ele, deliberadamente, procura relacionar e incorporar as novas informações na estrutura de conhecimento relevante que já possui” (Araújo; Menezes, 2019, p. 8).

Segundo Novak (2023, p. 549) ao se referir a aprendizagem mecânica afirma que “a maior parte desse ‘conhecimento’ logo se torna irrecuperável na memória de longo prazo e, mesmo que seja lembrado, raramente o aluno pode utilizar o conhecimento em novos contextos, como na solução de novos problemas”.

Para Moreira (1999, p. 156), a “compreensão genuína de um conceito ou proposição implica a posse de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis”. O autor chama a atenção ao fato de que muitos anos de estudos mecânicos e preparatórios para obter respostas corretas para testes, sem preocupação de uma aprendizagem significativa, levam os alunos a simples memorização de informações.

Novak (2023, p. 551) afirma também que a combinação de conceitos forma proposições. E que o conhecimento existente em nosso cérebro “consiste de uma rede de conceitos e preposições”. Quando ocorre aprendizagem, “novos significados de conceitos são integrados a nossa estrutura cognitiva”. Esta aprendizagem ocorre em maior ou menor grau, dependendo de nossos esforços para buscar a integração de novos conhecimentos e da qualidade e quantidade

de nossa estrutura cognitiva relevante existente, os subsunçores. Nesse sentido Ausubel, Novak e Hanesian (1983, p. 327) afirmam ser “plausível supor que os organizadores podem ser usados de forma não individualizados geralmente para romper o abismo entre o que os alunos já sabem e o que eles precisam aprender em determinado momento de suas vidas educacional”.

Assim, Moreira (1999, p. 155), ao se referir aos subsunçores, afirma que na “medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais elaborados e mais capazes de ancorar novas informações”. Afirma também que em crianças ocorre o processo de “formação de conceitos”. Estes conceitos são adquiridos através da “assimilação, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa”.

Ausubel (2003, p. 8), afirma que na “teoria da assimilação” ocorre relações de modo seletivo e nesta fase a aprendizagem das “novas ideias potencialmente significativas” de um material que possui ideias relevantes (mais gerais, inclusivas e mais estáveis) está ancorada na estrutura cognitiva.

A “assimilação” (Moreira, 1999, p. 158) seria um processo que acontece quando um conceito ou uma proposição, potencialmente significativos, são assimilados, sob uma ideia ou conceito mais inclusivo, estes já existentes na estrutura cognitiva. Dessa maneira, a “assimilação ou ancoragem” tem um efeito facilitador na retenção do conhecimento.

Na “diferenciação progressiva” (Moreira, 1999, p. 160) um novo conceito ou proposição é aprendido por subordinação, ou seja, ocorre um “processo de interação e ancoragem” no conceito subsunçor que também irá se modificar. Então, a maioria da aprendizagem e toda a retenção e organização dos materiais são hierárquicas e não rígidos. Quando ocorre este processo, uma ou mais vezes, ocorre a “diferenciação progressiva”. “A proposta é que ideias, proposições, mais gerais e inclusivas da matéria de ensino sejam abordadas no início do ensino e progressivamente diferenciadas” (Moreira, 2017, p. 70).

Na “reconciliação integrativa” as ideias estabelecidas na estrutura cognitiva podem, durante a nova aprendizagem, ser reconhecidas como relacionadas (por semelhança ou diferenças). Assim, as novas informações adquiridas e os elementos existentes na estrutura cognitiva se reorganizam e adquirem novos significados. Então, a “recombinação de elementos previamente existentes na estrutura cognitiva é referida como reconciliação integrativa” (Moreira, 1999, p. 160). Neste caso, “sempre objetivando um equilíbrio cognitivo, dito isso, o ensino deve explorar explicitamente relações entre conhecimentos, indicando diferenças e similaridades” (Moreira, 2017, p. 70).

Portanto, a estrutura cognitiva é composta por processos entre subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados (Moreira, 2011, p. 20). Estes processos podem

ser: a diferenciação progressiva, quando ocorre a atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição) resultante de sucessivas utilizações deste subsunçor dando significado a novos conhecimentos; e a reconciliação integradora, quando ocorre muitas reconciliações entre diferenças dos conceitos (subsunçores) dispostos em um texto ou material didático. Estes processos são dinâmicos, diferenciação progressiva e reconciliação integradora, ocorrendo simultaneamente, e consistem em eliminar diferenças, resolver inconsistências e fazer superordenação. Quando “aprendemos de maneira significativa temos que progressivamente diferenciar significados dos novos conhecimentos adquirido, a fim de perceber diferenças entre eles, [...]” (Moreira, 2011, p. 22).

Assim, Moreira (1999, p. 155) comentando Ausubel, “recomenda o uso de organizadores prévios que sirvam de ancora para a nova aprendizagem e levem ao desenvolvimento dos conceitos subsunçores que facilitam a aprendizagem subsequente”. Esta estratégia, proposta por Ausubel, serve para manipular a estrutura cognitiva, facilitando a aprendizagem significativa. Estes organizadores prévios podem se comportar como “um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação ou uma aula que precede um conjunto de outras aulas” (Loreian; Darroz; Rosa, 2020, p. 211). Assim, os organizadores prévios “são materiais introdutórios, apresentados antes do material que precisa especificamente ser aprendido, todavia, em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade” (Giacomelli, 2020, p. 80).

Ausubel (2003, p. 13) ao se referir sobre a maturidade para aprendizagem, faz referências a “prontidão do desenvolvimento na cognição” e a respectiva eficácia no processo de aprendizagem. Afirma ainda que aguardar a “idade de prontidão desperdiça oportunidades de aprendizagem valiosas”. Em contrapartida, quando apresentado ao aluno prematuramente uma tarefa de aprendizagem, antes de desenvolver subsunçores adequados, o mesmo não aprende a tarefa ou pode começar a temer tal experiência.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1983, p. 17), o fundamental para que ocorra aprendizagem significativa é que “a tarefa de aprendizagem em si é potencialmente significativa (se ela própria consiste em material razoável ou sensato e se pode ser relacionada de uma forma substancial e não arbitrária com a estrutura cognitiva do aluno específico)”. Nesse sentido, o material utilizado para desenvolver a aprendizagem deve ser relacionável a estrutura cognitiva do aluno, de modo não arbitrária e não literal, tornando-o “potencialmente significativo”. Outro fator fundamental para ocorrer a aprendizagem significativa é que o aluno apresente disposição para aprender (relacionar) de modo não-arbitrária. Assim, Ausubel, Novak e Hanesian (1983, p. 151), afirmam que “se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio,

diria o seguinte: de todos os fatores que influenciam a aprendizagem, o mais importante é o que o aluno já sabe. Descobrir esse; e ensine adequadamente”.

Seguem os mesmos autores afirmando que:

As condições necessárias para uma aprendizagem significativa da informação dependem; a) material de aprendizagem potencialmente significativo e b) disposição para uma aprendizagem significativa. Como o primeiro fator depende do aluno, consideramos que a aprendizagem significativa é sempre idiossincrática. A ligação substancial, não literal e específica do conteúdo entre o novo conhecimento e o conhecimento pré-existente depende da experiência anterior do aluno e da disposição predominante (Ausubel; Novak; Hanesian, 1983, p. 148).

Cada aluno possui sua estrutura cognitiva, segundo Ausubel (2003, p. 11), que está proporcionando ou alterando ideias e ancorando em um nível subordinado. Ausubel faz referência também aos “organizadores em um nível mais elevado de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem aprendido”. Então, um organizador tem que ser mais geral, inclusivo e abstrato do que as ideias (aprendizagem) e antecipando de modo potencialmente relevante e existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel, 2003, p. 12).

A aprendizagem significativa pode ser de três tipos distintos, segundo Moreira (1999, p. 157): a “aprendizagem representacional é o tipo mais básico de aprendizagem significativa”, neste momento, ocorre a atribuição de significado aos símbolos, identificando-os como objetos ou eventos; a “aprendizagem de conceitos” é uma aprendizagem representacional, onde representam abstrações ou regularidades de fenômenos (eventos e objetos); e a “aprendizagem proposicional” que está relacionada a aprendizagem de ideias em forma de proposições, ressalte-se ainda que as proposições atribuem significado as ideias.

Moreira (1999, p. 159) faz referência a três formas distintas de aprendizagem: subordinada; aprendizagem superordenada; e aprendizagem combinatória.

Na aprendizagem subordinada, a nova informação se torna significativa com a interação dos subsunçores, onde ocorre uma relação de subordinação das novas informações com relação a estrutura cognitiva preexistente. O conhecimento prévio funciona como ‘ancoradouro’ para um novo conhecimento em um processo interativo (Moreira, 2017, p. 138).

Na aprendizagem superordenada, há um conceito ou proposição potencialmente significativo mais geral e inclusivo, interagindo com conceitos mais específicos. Estes conceitos mais específicos são identificados como instâncias mais específicas de uma ideia superordenada mais geral. “Conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva são reconhecidos como casos particulares de um novo conhecimento que passa a subordina-los, subsumi-los” (Moreira, 2017, p. 139).

A aprendizagem combinatória é a aprendizagem de preposições e alguns conceitos e que não ocorre subordinação ou superordenação com proposição e/ou conceitos específicos, mas com um conteúdo amplo. Ou seja, a nova informação é potencialmente significativa, pois é relacionável a estrutura cognitiva como um todo, de modo bem geral. Então, “a interação cognitiva do novo conhecimento é um conjunto amplo, com um background, de conhecimentos prévios” (Moreira, 2017, p. 139).

A evidencia (avaliação) de que a aprendizagem significativa tenha ocorrido, segundo Moreira (1999, 2017), ocorre quando a compreensão de um conceito ou proposição toma posse dos significados de modo claro, precisos e transferível. Além disso, Moreira propõe questões problemas de modo novo e não familiar ao já propostos anteriormente, pois a aprendizagem significativa é transferível. Desse modo, se enseja que as evidências de uma aprendizagem significativa progressiva e não linear. Ao aluno é permitido que refaça e corrija seus erros de modo recursivo. No processo de avaliação, situações novas devem ser implementadas progressivamente para desenvolver o raciocínio do aluno.

A relação entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos novos é de interação cognitiva (Moreira, 2017, p. 135). Dito isso, o conhecimento novo interage com algum conhecimento prévio relevante; durante um certo tempo ocorre a retenção, visto que o novo conhecimento pode ser reproduzido e utilizado; simultaneamente ocorre a obliteração, a qual seria um esquecimento residual do novo conhecimento; por fim, temos a assimilação obliteradora, em continuidade a aprendizagem significativa, quando o “novo conhecimento acaba ficando dentro de um subsunçor”.

Segundo Giacomelli (2020, p. 85) “durante o processo de retenção, os conceitos mais amplos, bem estabelecidos e diferenciados na estrutura cognitiva, servem de ancoradouro para novas ideias a serem aprendidas, possibilitando, assim, a sua retenção”. Ao passar do tempo as novas ideias tende a ser assimiladas pelo significado das ideias mais estáveis, este processo de assimilação Ausubel denomina de “assimilação obliteradora”.

A aprendizagem significativa “é uma incorporação de novos conhecimentos à estrutura cognitiva com significado, compreensão, capacidade de explicar, transferir, enfrentar situações novas” (Moreira, 2017, p. 143).

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa não é possível afirmar com certezas de que a aprendizagem ocorreu, busca-se evidências de tal aprendizagem. Portanto, a comprovação e identificação de que o estudante realmente aprendeu é uma tarefa complexa e difícil. Para identificá-la, tem que verificar que o estudante esteja de posse de “significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis” (Giacomelli, 2020, p. 87).

Durante a ação da retenção do conhecimento, os novos significados que surgiram como resultado das novas informações que “interagiram” com os subsunçores (ideias relevantes ancoradas) da estrutura cognitiva, ligam-se e armazenam-se as ideias ancoradas e estáveis. Estas ligações proporcionam proteção, ao conhecimento desenvolvido, das interferências arbitrárias (Ausubel, 2003).

Então, se deve ensinar levando em consideração (Moreira, 2017): o que o aluno já sabe; identificar os conhecimentos prévios dos alunos; e utilizar recursos e princípios (material potencialmente significativo) que facilitem a aprendizagem significativa.

Assim, na aprendizagem significativa (Moreira, 2023, p. 5) ocorre uma “interação entre o novo conhecimento e o já existente, no qual ambos se modificam”. A estrutura cognitiva, citada por Ausubel, está em constante construção, se reestruturando, enquanto ocorre a aprendizagem. Este processo é dinâmico e o conhecimento vai sendo construído.

2.2 Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica

No contexto atual, a sociedade está vivendo o aquecimento global, a crescente desigualdade social, fatores estes que estão apontando para as limitações do atual sistema político e econômico. A educação do século XXI deve dialogar com esses problemas que são a realidade em que vivemos. Então, qual educação daria conta de tal realidade? Moreira (2010; 2011; 2017) argumenta ser necessária uma aprendizagem significativa crítica, com o objetivo de preparar o sujeito a viver na realidade que se apresenta.

A Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica (TASC) é “uma pedagogia da autonomia, uma pedagogia da libertação, na qual a aprendizagem significativa dos conteúdos é indispensável. Não tem sentido ser crítico de um conhecimento sem significado” (Moreira, 2017, p. 97).

Vieira (2020, p. 60), citando Moreira, afirma que a TASC tem como princípio a aprendizagem significativa, acrescido do fato que “o contexto dos sujeitos interfere no processo educativo”. Portanto, a educação deve proporcionar a inserção das pessoas em sua realidade e cultura, junto com um senso crítico.

O exercício da cidadania está associado ao “desenvolvimento de uma concepção crítica e reflexiva sobre a realidade” (Lima *et al.*, 2021, *apud* Lima; Rosa, 2022, p. 486), tanto quanto da formação científica. O desafio na educação em ciência é diagnosticar quais temas, métodos e propostas didáticas dão conta de preparar o aluno para o mundo contemporâneo.

Moreira (2017, p. 23) afirma que o despreparo dos professores, as más condições de trabalho, bem como o reduzido número de aulas acabam por estimular à aprendizagem mecânica. “Estamos no século XXI, mas em algumas disciplinas a matéria ensinada não passa do século XX”. No ensino de Física não se ensina Teorias Quântica, de Partículas, de Plasma e de Supercondutividade; treina-se os alunos para testes; as aulas são centradas nos docentes (narrativa) e não no aluno; é comportamentalista (ação e reação); é do tipo bancária, onde o conhecimento é depositado na cabeça do aluno; trabalha conceitos fora de foco; não incentiva a aprendizagem significativa; não incorpora as TICs; não utiliza situação que façam sentido aos alunos; não busca uma aprendizagem significativa crítica e o ensino está desatualizado em termos de conteúdos e tecnologias.

Neste contexto, (Moreira, 2017, p. 42) onde o ensino é voltado para obter bons resultados em testes e exames nacionais e internacionais, o professor é o transmissor do conhecimento para o caderno do aluno e este conhecimento do caderno do aluno passa para a cabeça através de decoreba (aprendizagem mecânica).

Lima e Rosa (2022, p. 487) questionam se uma abordagem da história da ciência contribui para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa crítica. E se contribui, “quais estratégias e cuidados metodológicos devem ser adotados a fim de potencializar tal aprendizado”? Os autores afirmam que uma abordagem da história da ciência e sua inserção na formação pedagógica dos professores de ciência proporcionaria uma educação que satisfaz os desafios do século XXI.

É sabido que o professor tem em sua prática docente experiências e saberes que tiveram em sua trajetória, fazendo parte da postura do professor. Então, quais os saberes são fundamentais para a formação do conhecimento dos professores? E a Teoria da Aprendizagem Significativa satisfaz as necessidades da educação do século XXI?

Na Teoria da Aprendizagem Significativa a aprendizagem é interpretada como “uma modificação nas estruturas internas do sujeito” (Lima; Rosa, 2022, p. 489). Nesta estrutura interna as informações são integradas e organizadas e são modificadas conforme as interações do sujeito com o meio. A aprendizagem significativa ocorre a partir da “interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos e essa interação é não-litera e não-arbitraria” (Moreira, 2011, p. 14).

Uma percepção antropológica possibilita o sujeito a ter liberdade ao vivenciar sua cultura, estando apto a criticar e se opor a práticas culturalmente estabelecidas, mas que causam os problemas da sociedade no século XXI (Lima; Rosa, 2022, p. 492). Este ensino crítico e

subversivo prepara um sujeito autônomo e livre, preparado para se posicionar frente a sociedade, em busca de um mundo mais justo.

Para desenvolver uma aprendizagem significativa crítica, o ensino deve estar centrado no aluno (Moreira, 2017, p. 45). O discente deve apresentar seus trabalhos em pequenos grupos para o grande grupo e estar sujeito a erros e acertos, além da possibilidade de receber e fazer críticas. “O aluno é responsável por sua própria aprendizagem, que ele é o senhor dessa aprendizagem” (p. 46). Para ocorrer a aprendizagem significativa crítica é preciso mudar a atitude dos alunos através de estratégias instrucionais para fazê-los falar mais, externalizar os significados que captou (p. 49).

Postman e Weingartner (1969, p. 217 *apud* Moreira, 2010, p. 3) afirmam a necessidade de preparar o aluno para “viver em uma sociedade caracterizada pela mudança, cada vez mais rápida, de conceitos, valores, tecnologias, [...]”. Moreira (2010, p. 3) afirma que 40 anos depois, “ainda se ensinam ‘verdades’, respostas ‘certas’, [...] e ainda se transmite o conhecimento, desestimulando o questionamento”. Esta educação deveria promover um novo tipo de pessoa, “com personalidade inquisitiva, flexível, criativa, inovadora, [...]” Ou seja, “A escola, por exemplo, ainda transmite a ilusão da certeza”.

“O ensino como uma atividade subversiva”, citado por Postman e Weingartner (1969, p. 217 *apud* Moreira, 2017, p. 93) deveria preparar os discentes para viver em uma sociedade com eternas mudanças rápidas de conceitos, tecnologias e valores. Estes conceitos, fora de foco, eram: Conceito de verdade absoluta; conceito de certeza, da resposta correta; conceito de entidade isolada; conceito de causalidade simples, única, mecânica; o conceito de que as diferenças existem somente em formas paralelas e opostas; e o conceito de que o conhecimento é transmitido.

Moreira (2017, p. 96) cita novos conceitos fora de foco, que são: o conceito da informação como algo necessário e bom; o conceito da idolatria tecnológica; o conceito de consumidor consciente de seus direitos; o conceito da globalização da economia como algo necessário e inevitável; o conceito de que o “mercado da conta”; o conceito de que as melhores escolas são as que melhor preparam os alunos para exames.

Neste contexto, Postman e Weingartner (1969, p. 217 *apud* Moreira, 2010, p. 4) concluem ser necessária uma “aprendizagem significativa com atividade subversiva”, onde se tem “uma postura crítica, como estratégia de sobrevivência na sociedade contemporânea”. Deste modo, o aluno percebe sua importância na sociedade de modo significativo e crítico, sem se deixar dominar pelas tendências culturais e sociais.

A educação deveria desenvolver um novo tipo de pessoa, com uma postura inquisitiva, criativa, flexível, inovadora e liberal, a qual pudesse viver diante das incertezas apresentadas pela sociedade. Este sujeito estaria apto a construir novos significados na sociedade em constante mudanças culturais e ambientais (Moreira, 2006, p. 16).

Moreira (2010, p. 7) faz um análogo entre a aprendizagem subversiva e a aprendizagem significativa crítica. Afirmar que através da aprendizagem significativa crítica o aluno será inserido em sua cultura e “ao mesmo tempo, não ser subjugado por ela, por seus ritos, mitos e ideologias”. Logo, o aluno deve estar inserido na sociedade sem ser dominado pela cultura vigente, deve saber lidar com as informações sem ter a sensação de impotência.

Na sequência, Moreira (2011, 2010) apresenta alguns princípios facilitadores para a implementação da TASC:

1. Princípio do conhecimento prévio. Aprendemos a partir do que já sabemos. Para ser crítico de algum conhecimento, primeiro o aluno deve aprender de modo significativo;
2. Princípio da interação social e do conhecimento. Ensinar/aprender perguntas ao invés de respostas. O conhecimento é produzido em resposta a perguntas;
3. Princípio da não centralidade do livro texto. Do uso de documentos, artigos e outros materiais educativos. A disponibilidade e utilização de material diversificado é um princípio facilitador da aprendizagem significativa crítica;
4. Princípio do aprendiz como perceptor/representador. O aluno é um receptor da matéria de ensino, onde o aluno é um ser que “percebe e representa o que lhe está sendo ensinado”;
5. Princípio do conhecimento como linguagem. A linguagem está relacionada em todas as tentativas de perceber a realidade;
6. Princípio da consciência semântica. O significado está nas pessoas e não nas palavras;
7. Princípio da aprendizagem pelo erro. O ser humano erra o tempo todo e aprende corrigindo seus erros;
8. Princípio da desaprendizagem. Ocorre quando o conhecimento prévio impede de captar o significado do novo conhecimento, sendo necessário desaprender;
9. Princípio da incerteza do conhecimento. O aluno entende que as definições são criações humanas e que o conhecimento se origina do questionamento;
10. Princípio da não utilização do quadro-de-giz. Da participação ativa do aluno. Da diversidade de estratégia de ensino;

11. Princípio do abandono da narrativa. De deixar o aluno falar. A utilização do livro texto como única referência do conhecimento proporciona a ilusão de certeza.

Então, quando o ensino é centrado no aluno e tem o professor como mediador, o aluno age mais e o professor orienta – o aluno é um ser ativo e não passivo. Assim, a narrativa do professor não é o melhor caminho para a aprendizagem significativa crítica. Devendo-se fazer uso de uma diversidade de recursos materiais para representar o conhecimento humano.

Para Moreira (2011, p. 177), a aprendizagem significativa “depende de uma negociação de significados entre aprendiz e mediador”. É um processo progressivo, lento, com continuidades e descontinuidades. Mesmo que esta aprendizagem venha a ocorrer, não é mais suficiente, pois é necessário que a aprendizagem significativa seja crítica. Na sociedade contemporânea, não tem sentido adquirir conhecimento sem questionar tal conhecimento.

A educação contemporânea desenvolveu valores equivocados, os quais não propiciam o desenvolvimento da aprendizagem significativa e crítica, tais como (Moreira, 2000; 2006):

- O conceito de informação como algo necessário e bom;
- O conceito da idolatria tecnológica;
- O conceito de consumidor cômico de seus direitos.

Aprender de modo significativo e crítico proporciona ao aprendiz a lidar com quantidade e incertezas do conhecimento e também com as incertezas da vida contemporânea. A educação deveria proporcionar uma interpretação crítica do mundo, alterando a percepção do mundo. A escola ensinaria conhecimentos, proporcionando que o aluno desenvolva atitudes na sociedade e não seja dominado pela sociedade. Deveria valorizar as perguntas, sobrepondo as respostas, valorizando a interação social e se tornando crítico na aprendizagem com significado. Desenvolver uma sociedade mais consciente e atuante com indivíduos que valorizam a diversidade cultural e capazes de argumentar sobre as verdades transmitidas, a fim de que estes compreendam os valores impostos pela sociedade e pela história (Moreira, 2010).

O aluno deve estar envolvido em uma aprendizagem com significados e mediado por um professor consciente de sua prática pedagógica crítica. O professor deve identificar no aluno os organizadores prévios (subsúncos) para posteriormente desenvolver a aprendizagem significativa. Assim, Lima e Rosa (2022, p. 494) afirmam que o papel da história da ciência seria o de organizador prévio. Uma “narrativa histórica, ou de um episódio histórico pode servir como ponto de partida para despertar a atenção dos alunos para certos conceitos ou mesmos problemas fenomenológicos” e posteriormente desenvolver o conteúdo desejado. Então, iniciar a discussão de um tema com a abordagem histórica pode proporcionar um “ambiente conceitual adequado para que a discussão teórica pretendida possa se estabelecer e ancorar, tornando-a

significativa”. Ou seja, a utilização da história da ciência pode motivar, despertar o interesse e proporcionar um engajamento emocional com o tema a ser abordado (*ibid.*, p. 495).

A história da ciência é capaz de mostrar as perguntas que cientistas fizeram para chegar as respostas (conteúdos) que disponibilizamos hoje. Estas perguntas nos trazem, no contexto pedagógico, uma reflexão sobre a “importância do questionamento tanto quanto da resposta” (Lima; Rosa, 2022, p. 495). Tal comportamento do aluno desenvolve uma postura autônoma, indagadora, reflexiva e crítica.

Porém, tais conhecimentos da história da ciência não fazem parte dos livros didáticos e devem ser elaborados pelo professor, de modo a se tornarem material potencialmente significativo. Esta multiplicidade de informações (história e conhecimento científico) não prejudica o processo pedagógico (Lima; Rosa, 2022, p. 496), mas proporciona condições para o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa e crítica. A investigação da história da ciência e a construção do conhecimento científico conduzem o aluno ao entendimento de que o conhecimento é a representação do mundo e o indivíduo é um preceptor de tais representações associadas a suas experiências de mundo.

Ao apresentar para o aluno os conceitos e sua evolução histórica, com suas hipóteses (erros e acertos), mostra-se as limitações do conhecimento científico e que as soluções são provisórias. A superação de uma teoria considerada errada, a partir de um momento, mostra um mundo de incertezas, contrastante ao livro didático com suas certezas absolutas que formam um aluno pacífico ao deparar-se com o conhecimento. O aluno deve saber que o erro é parte fundamental da construção do conhecimento científico. Se o aluno interpretar sua aprendizagem vai perceber que os seus erros são fundamentais para desenvolver a superação e proporcionar uma aprendizagem consciente. O erro na aprendizagem significativa crítica é interpretado “como parte fundamental do processo, e a abordagem histórica nos ajuda a construir essa nova cultura” (Lima; Rosa, 2022, p. 497).

Para que o processo educativo seja eficaz é necessário viabilizar o contato do aluno com diferente material potencialmente significativo e crítico, tais como textos didáticos, históricos, artigos científicos, fontes primárias e secundárias, etc. Tal comportamento aludido representa a postura exigida pelo professor, a qual conduza a aprendizagem e desenvolva a produção de textos adequados a esta nova postura, da aprendizagem significativa e crítica. Dito isso, a teoria da aprendizagem significativa crítica apresenta uma nova concepção de mundo e exige uma nova postura didática (Lima; Rosa, 2022, p. 498).

Deve-se fazer uma reflexão sobre quais instrumentos utilizar em sala de aula. Cumpre ainda salientar que as narrativas históricas criadas e adaptadas para um contexto pedagógico

sejam mais adequadas. Também atividades que abandonam a narrativa e exploram diversas estratégias sejam mais adequadas para o desenvolvimento da aprendizagem significativa crítica.

Lima e Rosa (2022) destacam que a abordagem da história da ciência potencializa a aprendizagem significativa crítica. Também atentam para cinco precauções a serem tomadas para garantir uma aprendizagem significativa crítica:

- A abordagem deve ser consistente com os 11 princípios citados por Moreira (2011; 2010);
- A abordagem deve tratar de conceitos adequados para o nível de formação e para o contexto concreto;
- As obras históricas devem ser selecionadas cuidadosamente para atingir o objetivo pedagógico determinado;
- A abordagem deve ter uma visão historiográfica e epistemológica consistente;
- Os conceitos devem ser contemporâneos.

A sociedade contemporânea está em constante evolução com as transformações das mídias, com os avanços tecnológicos e a crise climática. Este contexto tem exigido uma postura racional e crítica do sujeito em sociedade, o sujeito deve estar cientificamente informado e ter um senso crítico daquilo que é melhor para a sociedade. Ou seja, não é possível uma educação mecânica e reprodutiva, que ensine verdades absolutas, nos bancos escolares (Lima; Rosa, 2022). Precisa despertar no aluno que ele é sujeito de transformação social, além de permitir que ele faça perguntas sobre a construção do conhecimento, sobre os erros, acertos na construção do conhecimento e sobre as incertezas.

O desenvolvimento da história da ciência, em sala de aula, pode contribuir para o desenvolvimento da aprendizagem significativa crítica. Esta contribui para o desenvolvimento dos conceitos científicos, para a compreensão da natureza da ciência e suas relações com a sociedade – desenvolvendo o pensamento crítico (Lima; Rosa, 2022). Ao entender a ciência, e sua relação com a sociedade, o aluno consegue desenvolver uma postura crítica diante do cenário contemporâneo e identificar a importância da ciência na solução de problemas.

Por meio da aprendizagem significativa subversiva o aluno poderá lidar com as mudanças, sem ser dominado por elas, conhecer e manipular as informações sem se sentir impotente diante do contexto (Moreira, 2000; 2006). O aluno estará apto a usufruir das tecnologias sem tornar-se tecnófilo. Estará apto a entender as incertezas e a relatividade do conhecimento, entendendo que o conhecimento é uma construção da sociedade e que representa o mundo.

Então, esta nova postura (subversiva) proporciona o surgimento de uma nova escola que seria mais útil para o aluno contemporâneo, “além de desenvolver, nos estudantes, atitudes de aptidão de crítica social, política e cultural” (Damásio; Peduzzi, 2018, p. 3). Nessa proposta, os autores analisaram o uso didático da história e filosofia das ciências na sala de aula e relatam que a principal justificativa do uso seria a “possibilidade de discutir a natureza da ciência e a de tornar o aluno crítico” (ibid., p. 6).

Assim, os estudantes devem ter consciência de sua capacidade de compreender e fazer parte do conhecimento científico. Deve ter conhecimento que a ciência é uma das áreas que mais contribui para uma escola útil para o século XXI, desconstruindo a ideia errônea de verdades absolutas e certezas finais (ibid.).

Portanto, a utilização da história das ciências, em sala de aula, proporciona uma “abordagem de ciência que expõe como construção humana, questionável e falível” (Damásio; Peduzzi, 2016, p. 15). Segundo Matthews (1995, *apud* Damásio; Peduzzi, 2016, p. 16), a história das ciências proporciona um aumento de motivação nos alunos; torna os conteúdos mais humanos; proporciona uma maior compreensão dos conceitos científicos e mostra uma ciência mutável, a qual se transforma com a evolução científica. Matthews destaca que as visões epistemológicas de ciência do professor influenciam na sua prática, motivo pelo qual o professor deve estar “embebido” de uma Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica.

Recordamos que em tempos de “mudanças rápidas e drásticas não basta fomentar uma aprendizagem significativa, também é necessário que ela seja subversiva” (Damásio; Peduzzi, 2016, p. 20). É com esta aprendizagem que o aluno tratará o conhecimento de modo construtivo, sem se deixar levar dominar por ele, assimilar as informações sem sentir impotente, usufruir das tecnologias sem se tornar tecnófilo.

A aprendizagem significativa crítica “no sentido de não aceitar, passivamente, quaisquer novos conhecimentos, sejam eles declarativos, procedimentais ou atitudinais. Se o conhecimento humano é construído, não há porque aceita-lo sem criticidade” (Moreira, 2017, p. 53).

Para finalizar essa seção, mencionamos Postman (1994, *apud* Damásio; Peduzzi, 2016, p. 21), ao sugerir que “para um ensino subversivo todas as disciplinas sejam ensinadas com sua história”. Assim, são formados indivíduos que entendam que o conhecimento não é algo fixo, mas é um momento (estágio) do desenvolvimento científico em que a humanidade está vivendo.

Então, os processos históricos ilustram os processos envolvidos na construção do conhecimento científico. Estes possibilitam a compreensão do caráter dinâmico da construção

da ciência ao visualizar que cada época e cultura adotam critérios próprios de validação do conhecimento científico (Damásio; Peduzzi, 2016).

Uma das tarefas fundamentais da educação “é o desenvolvimento da curiosidade crítica” (Moreira, 2017, p. 167). Posto a isso, o aluno terá conhecimentos necessários para defender-se do irracionalismo tecnológico que vivemos, sem negar o valor da ciência e tecnologia.

2.3 História da Ciência

Andreia Guerra (2021, p. 1084) citando autores contemporâneos da HC, explica que temos um campo crescente de complexidade, onde a educação em ciência tem apresentado problemas indicando questões que antes não eram consideradas importantes, tais como a justiça social e que esta deve ser priorizada.

Inicialmente os cientistas escreveram biografias e narrativas sobre grandes descobertas da ciência como forma de se autopromover e desenvolver HC (Guerra, 2021, p. 1085), com uma abordagem exclusivamente internalista da HC. Porém na década de 30 muitos químicos, físicos, biólogos e matemáticos dedicam-se a pesquisa da HC, com uma concepção social (externalista) da HC e não triunfalista. Mudando, então, o perfil dos historiadores da ciência, surgindo pesquisadores com formação em história, sociologia e outras áreas da humanidade.

O desafio da educação em ciência é “refletir sobre quais temas, métodos e propostas didáticas conseguem – de fato – preparar os alunos para os desafios do mundo contemporâneo” (Lima; Rosa, 2022, p. 487). Esta escolha possibilita instrumentalizar os alunos com teorias e conceitos científicos contemporâneos, proporcionando uma reflexão histórica crítica, portanto uma interpretação predominantemente externalista da HC.

Na sequência será abordado a historiografia segundo uma concepção Internalista e Externalista da HC; e a implementação da HC no ensino para desenvolver uma educação contemporânea.

2.3.1 A historiografia internalista x externalista

Segundo Martinelli e Mackedanz (2017, p. 2) a história “não se situa apenas no passado, mas está se constituindo no presente, de modo que a abordagem histórica dos conteúdos científicos não fica presa ao passado, mas vem ao presente, conforme o recorte temporal e temático escolhido”.

Já Cruz (2006, p. 163) afirma que a “história pode ser considerada o conjunto de acontecimentos, situações e fatos que ocorreram no passado, e a historiografia pode ser definida como a produção dos historiadores, o discurso sobre a história”. Então, o autor vê a historiografia como a escrita da história, a análise dos dados, explicando os caminhos seguidos pelo cientista segundo suas influências externas da produção científica.

Martinelli e Mackedanz (2017, p. 3) argumentam que a historiografia surge como uma abordagem social da ciência, como uma história externalista em oposição a história internalista. Pois a história externalista contextualiza os fatos históricos levando em consideração os fatores externos ao desenvolvimento da ciência, investigando sua origem e como se dá as formulações científicas em seu contexto. Já a história internalista analisa a estrutura interna da ciência no decorrer do contexto externo da ciência, preocupa-se com a validação da ciência.

Whittaker (1979 *apud* Matthews, 1995, p. 173) estudou aquilo que ele chamou de “quase-história”, quando o autor se preocupa em desenvolver uma história para satisfazer os fins pedagógico, os fins ideológicos e a visão da ciência que o autor tem – muito frequente nos livros-texto. Já Martinelli e Mackedanz (2017, p. 3) afirmam que a história da ciência que circula hoje poderia ser essa quase-história. Então, como afirma Matthews (1995, p. 174) “a quase-história é um assunto complexo. Sabe-se que objetividade em história é, num certo nível, impossível: a história não se apresenta simplesmente aos olhos do espectador; ela tem que ser fabricada”.

Martinelli e Mackedanz (2017, p. 5) argumentam, também que esses elementos devem ser considerados ao refletir sobre qual a postura do professor de ciências ao definir os objetivos e propósitos entre cientista e historiador, sabendo-se que uma afirmativa de um lado ou de outro estabelece uma ordem, uma relação que exclui ou afirma uma postura como historiador.

Martinelli e Mackedanz (2017, p. 5) citando Pessoa Júnior (1996) faz referência a seis abordagens históricas, que são: história internalista de longo prazo; perfil epistemológico do cientista; história externalista ou social; leitura de originais; história baseada em uma teoria da evolução dos conceitos científicos; e história dos instrumentos. Destas abordagens faz-se uma análise da abordagem da história internalista e da história externalista da ciência, muito citado entre pesquisadores.

Segundo Martinelli e Mackedanz (2017, p. 5) quando utilizado uma abordagem histórica internalista da ciência, o professor ao adequar seus conteúdos, não muito fiel as origens, acaba falseando os acontecimentos semelhante a uma quase-história. Já a abordagem externalista da história da ciência (Martinelli; Mackedanz, 2017, p. 6) considera o contexto social da ciência, considerando que está culturalmente inserida e que produz cultura e é influenciada por fatores

sociais e econômicos - nesta abordagem não temos o cientista herói da ciência e valoriza a história dos insucessos da ciência.

Para Cruz (2006, p. 166) o internalismo “significa uma análise da história da ciência a partir de seus aspectos racionais, ou seja, uma investigação preocupada com a construção lógica dos conceitos e métodos científicos”. Já na abordagem externalista Cruz (2006, p. 167) afirma que a “ciência está interessada no trabalho do cientista e na transformação da ciência enquanto parte de um grupo social que compartilha elementos que constituem uma cultura específica. Procura-se, nessa abordagem, evitar uma história heroica da ciência e dos cientistas”. Nesta abordagem, então, faz-se uma análise histórica das teorias científicas derrotadas que é tão importante quanto a análise dos modelos vencedores. Pois os contextos sociais, políticos e econômicos são tão importantes quanto os fatores racionais. Cruz (2006) afirma, também, que tanto os internalista quanto os externalista podem deparar-se com uma situação de reducionismo da história.

Segundo Nanay (2017) os historiadores têm acesso a eventos aparentemente desconectados e que ocorrem ao longo de um período temporal. Estes eventos não proporcionam explicações históricas, não explicam por que ocorreu ou a importância de certos eventos. Para a historiografia ser mais que uma enumeração de eventos precisamos de uma narrativa coerente que explique os eventos importantes e os que não são. Nanay (2017) afirma existir um dilema entre o conhecimento temporal que se apresenta como uma coisa após a outra e grandes narrativas históricas. Afirma, também ser possível criar uma situação intermediária entre uma sequência de pequenos fatos e uma grande narrativa.

Nanay (2017, p. 5) citando Lakatos descreve a história da ciência externa como “uma narrativa sociopsicológica que descreve as declarações e ações dos cientistas, juntamente com seu histórico institucional”. E a história interna como “uma descrição da história dos pensamentos e ideias científicos e do crescimento científico objetivo”. E cita ainda que Lakatos afirma que “todo evento na história da ciência tem duas descrições, uma interna e outra externa”.

Cruz (2006, p. 167) afirma que apesar de ter uma certa discordância entre os internalista e externalista, “não há dúvidas de que ambas as posições não são excludentes, mas sim complementares”. Pois a história internalista analisa o núcleo de uma disciplina, já a história externalista analisa o contexto.

Martinelli e Mackedanz (2017) argumentam que é possível trabalhar os episódios históricos, os conteúdos científicos e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente desenvolvendo uma formação mais qualificada. Assim, mostrando os processos sociais de

construção do conhecimento e formando “uma visão mais concreta da natureza da Ciência, seus métodos, seus movimentos e suas limitações” (Martinelli; Mackedanz, 2017, p. 7). Então, conclui que o raciocínio científico é resultado de fatores sociais, morais, mentais e culturais. Esses mesmos autores concluem, também, que “o uso de uma História da Ciência superficial pode prejudicar o ensino, assim é preferível não utilizá-la”. Ou seja, a quase-história muitas vezes pode prejudicar o desenvolvimento do conhecimento científico.

Ramirez e Cohen (1995, p. 71) argumentam que tanto na história interna como na história externa, “em ambos na historiografia da ciência e na filosofia da ciência dos últimos anos, há uma tendência a superar o debate Internalismo/Externalismo, e buscar um ponto intermediário entre as duas abordagens”. Os autores afirmam, também, que é impossível desenvolver uma história puramente internalista ou externalista. Neste contexto a história internalista é baseada no estudo de experimento, observações e teorias sem intervenção de fatores externos.

Ramirez e Cohen (1995, p. 74) argumentam, também, que “é cada vez mais evidente que fatores considerados ‘externos’, como as políticas científicas, ou a função e o lugar do conhecimento científico na sociedade, são aspectos que condicionam em seu interior o desenvolvimento de tal conhecimento”.

Oliveira e Silva (2024) citando pesquisas sobre a introdução da história da ciência no ensino de ciências, argumentam que está permite os estudantes a adquirir conhecimentos sobre a Natureza da Ciência (NdC), abordando um ensino contemporâneo onde possibilita a formação de um cidadão crítico, apto a tomadas de decisões tecnocientíficas. Então, a abordagem da história da ciência no ensino de ciência tem distintas abordagens que podem influenciar no entendimento da NdC.

Discutindo sobre história e historiografia, Oliveira e Silva (2024, p. 3) afirmam que “a historiografia procura refletir sobre os momentos históricos, mas não é uma simples descrição destes, pois ao refletir acerca da realidade histórica, cada historiador agrega-lhe um caráter discursivo novo”. Então, a historiografia da ciência analisa e interpreta, segundo suas crenças, os episódios históricos da ciência, partindo de documentos e fatos relacionados a ciência. Assim, pode surgir diversas interpretações historiográficas dependendo dos fatos a serem analisados quando considerados da história interna ou externa do desenvolvimento científico.

Oliveira e Silva (2024, p. 4) analisam a abordagem externalista e afirmam que algumas vezes é “interpretada como abordagem sociológica, abordagem sociopsicológica, História da Ciência marxista, abordagem explícita, etc.”. Já a abordagem Internalista, segundo sua interpretação “é interpretada como abordagem racional, abordagem implícita, etc.”. Em atenção

a história externalista, os autores (p. 5) afirmam que a análise sociológica da ciência induz ao entendimento de que a ciência se desenvolve dentro de um contexto social.

Quando Oliveira e Silva (2024) consideram o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo, que está entre os objetivos de uma educação de qualidade, argumentam que o processo de ensino e aprendizagem deve preparar o estudante para viver em um mundo com constante inovações das ciências e tecnologias, além de conduzi-lo a compreensão da articulação dos conteúdos científicos e seu uso social. Assim, uma análise da abordagem internalista e externalista da HC é fundamental para o ensino de ciências “já que estas abordagens implicarão na forma como a HC será introduzida no ensino, e desta forma influenciarão também na compreensão que os estudantes irão adquirir da NdC” (p. 7).

Oliveira e Silva (2012) descrevem a abordagem histórica internalista quando analisa o conteúdo conceitual da ciência, e a abordagem histórica externalista quando analisa causas extracientíficas (sociais) que estão presentes no desenvolvimento do conhecimento científico. Segundo os autores a historiografia da ciência analisa episódios históricos da ciência – partindo de documentos e fatos. E esta análise está carregada de crenças e filosofias do historiador, influenciando na leitura que os mesmos fazem dos documentos, sendo então influenciados pela sua formação. Surgindo, assim, várias abordagens historiográficas na HC, podendo estes historiadores basearem-se em fatores internos ou externos do desenvolvimento científico, resultando em uma abordagem internalista ou externalista da HC.

Oliveira e Silva (2012, p. 44) ao analisar Barberousse *et al.* (2000) e Kuhn (1962) afirmam que,

Os autores defendem uma abordagem histórica que analise as atividades científicas passadas, como também a própria ciência, ou seja, eles são contrários a uma divisão explícita entre as abordagens Internalista e Externalista, sendo favoráveis a uma junção dessas duas abordagens.

Nessa nova perspectiva historiográfica de que não existe a dicotomia Internalismo/Externalismo, qualquer análise da HC deve analisar o contexto e contemplar os aspectos externos da ciência ou o desenvolvimento de conceitos. Então, dependendo da pergunta do historiador a pesquisa dará mais importância a aspectos científicos ou sociais, mas ambos devem ser contemplados.

É significativo a preocupação sobre as narrativas históricas no âmbito escolar e a interpretação oportunizada sobre os processos da construção da ciência. Logo, uma discussão sobre a abordagem Internalista e Externalista da HC é oportuno para o ensino de ciências, já

que a abordagem implicará no modo como a HC será introduzida na sala de aula, influenciando a interpretação que os estudantes farão sobre a NdC (Oliveira; Silva, 2012).

Os autores destacam a importância de incluir a HC na formação dos professores de ciências, pois o conhecimento da HC proporciona uma melhor compreensão científica e da NdC. Então, “a inclusão da HC na formação inicial e continuada dos professores proporciona o desenvolvimento do pensamento crítico dos futuros professores” (Oliveira; Silva. 2012, p. 48).

É importante a inclusão da HC no ensino de ciências para que os estudantes entendam que o desenvolvimento da ciência está inserido em um contexto social, segundo as necessidades deste contexto. Assim, a HC deve abordar o contexto social da construção da ciência, mas não deve reduzir-se a somente uma abordagem sociológica, ou seja, deve existir um equilíbrio entre a abordagem Internalista e Externalista da HC, proporcionando o melhor entendimento da NdC (Oliveira; Silva. 2012).

Alguns historiadores estudam as práticas dos cientistas, os locais onde a ciência se desenvolve e a cultura que deu origem às práticas (Guerra, 2021, p. 1086). Guerra afirma, também que “podemos dizer que se propõe uma compreensão da ciência para além da ciência como conhecimento, pois ela comporta dimensões sociais, materiais e temporais”, dando ênfase a uma concepção externalista da HC.

Este processo da busca das questões relacionadas com a humanidade, a HC abandona narrativas triunfalistas e aquelas que apresentam uma verdade absoluta e universal, e considera a ciência como uma construção humana, um empreendimento coletivo em que o social não está desvinculado do processo de construção da ciência – “considerando não apenas os sucessos, mas também os fracassos” (Guerra, 2021, p. 1087). Portanto, considera-se que o cientista não é um gênio e que suas pesquisas estão ligadas a vários outros cientistas e intelectuais, surgindo debates e controvérsia na construção da ciência.

Guerra (2021) não faz referência a uma HC internalista ou externalista, mas afirma que a escolha das fontes e a pergunta de pesquisa pode aproximar das questões conceituais e afastar da interpretação mais social. De outro modo, a autora afirma que historiadores da ciência pode apontar que o sucesso ou fracasso das pesquisas científicas estejam relacionadas as condições sociais e políticas, estudando sucessos e fracassos da ciência, pois ambos são sociais, pois a ciência é um fenômeno coletivo. Então, nesta interpretação da HC busca-se as relações entre ciência e sociedade, o contexto social e institucional no desenvolvimento do conhecimento científico. Assim, analisa-se atividades como “ler, escrever, debater e questionar, bem como atividades associadas a apoio financeiro, a formação e interação de grupos de pesquisa, a

organização e participação em conferências, a produção e realização de comunicações científicas” (Guerra, 2021, p. 1089). Portanto, a análise cultural e social das práticas científicas tornam-se fundamental para realizar estudos históricos sobre ciência.

A autora também faz referências a questão da invisibilidade na ciência, pois muitas pessoas participaram de experimentos e pesquisas científicas, mas não são citados nos registros científicos. A autora destaca os desenhistas que tinham habilidade em desenhar e também interpretar o experimento científico para destacar o que seria mais importante no experimento. Faz referência a auxiliares da prática do experimento, de tradutores e muitos atores da ciência que não são citados. Em uma passagem da história da eletricidade a autora afirma que

Podemos inferir que Galvani não trabalhou sozinho e que os que com ele atuaram tiveram uma participação importante naquele processo [...]. Em outros lugares da Europa, também, encontramos mulheres, com a formação como a de Lúcia, atuando como ilustradoras e na confecção e desenvolvimento de experimentos de cientistas homens (Guerra, 2021, p. 1093).

Portanto, a invisibilidade de atores (homens e mulheres) que não são citados nos artigos e registros científicos foram fundamentais para o bom desempenho dos cientistas. Assim, a participação de diversos atores sociais com conhecimento específico sobre a ciência e trabalhando com diversas práticas em diferentes locais foram fundamentais para o desenvolvimento da ciência. Guerra (2021, p. 1095) afirma que

Os apagamentos dos nomes de atores sociais que produziram as ilustrações, trabalharam nos experimentos e nas expedições às colônias refletem e refratam uma sociedade em que a ciência era considerada um empreendimento importante e percebida como produzida por aqueles que tinham reconhecimento social para tal, os filósofos naturais. Ou seja, eram os nomes dos filósofos naturais que eram tidos como importantes de serem registrados, e, portanto, guardados.

Conclui-se, então, que a ciência é dinâmica onde a ação social pode modificar o desenvolvimento científico, com diversos atores sociais muitos invisibilizados que agiam sobre as práticas científicas. Este desenvolvimento científico deve estar voltado para o desenvolvimento da justiça social, pois “a ciência tem um papel primordial no mundo contemporâneo” (Guerra, 2021, p. 1095). Então, o ensino da ciência voltado para satisfazer as necessidades de um ensino contemporâneo dá ênfase a um ensino priorizando a HC externalista.

2.3.2 História da Ciência no Ensino de Ciências

A história da ciência não tem como objetivo único atrair o aluno através de relatos, mas desenvolver no aluno um senso crítico sobre a ciência estudada, despertando para o entendimento da essência da física, que seria estudar e entender os fenômenos (Alencar; Silva, 2018, p. 163).

Moura (2021) traz o pensamento de que o mundo (sociedade) evoluiu e se transformou drasticamente nestes últimos 30 anos. Reconhecendo tal abordagem questiona que outras perspectivas e argumentos a HC deve implementar na educação científica além das observadas por Matthews (1995). Conforme Matthews (1995), a história da ciência deve ser implementada na educação científica de modo contextualizado e observando os aspectos éticos, sociais, históricos, filosóficos e tecnológicos. Deste modo, está se trabalhando a natureza da ciência ao invés de apenas trabalhar conceitos científicos.

Quando se trabalha a natureza da ciência, é proporcionado o entendimento de como a ciência é produzida e validada, interrompendo o ciclo de notícias falsas sobre temas de saúde pública, sobre fenômenos do meio ambiente, entre outras (Moura, 2021). Assim, simplesmente entender como a ciência funciona não faz do aluno um cidadão consciente sobre o bem-estar coletivo e a justiça social. Ou seja, mesmo com o desenvolvimento da literacia científica não temos a garantia de um cidadão consciente de sua posição social. Moura cita que a bússola da educação em ciências deve estar alinhada com valores de justiça social e bem-estar coletivo, pois estes seriam os desafios da contemporaneidade.

Nas questões sobre a Natureza da Ciência (NdC), Moura (2016) afirma que enfrentamos desafios conceituais, como a crítica à concepção consensual, que pressupõe uma essência universal da ciência, ignorando suas particularidades históricas e epistemológicas. O autor defende que o ensino de ciências deve promover uma reflexão crítica que vá além da mera reprodução de práticas científicas, incorporando uma análise sócio-histórica e cultural da ciência, sem reduzi-la a essencialismos. Já a prática científica é entendida como um processo dinâmico de avaliação e crítica, imerso em relações institucionais e culturais, envolvendo não apenas atividades técnicas, mas também interações sociais e a construção de um consenso temporário. Essa concepção se opõe ao empirismo lógico que negligenciou a influência de valores e contextos sociais. Assim, Moura (2016), propõe uma abordagem educacional que articule a prática científica com sua dimensão histórica e política, capacitando os estudantes a analisar o papel da ciência na sociedade e suas implicações éticas e epistemológicas.

Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 33) defendem ser adequada na educação científica um senso crítico ao empirismo ingênuo, a importância de ver a ciência como uma construção humana e a incapacidade de observar a ciência como uma investigação neutra dos fenômenos naturais.

Por fim, afirma que “O seu sucesso dependerá, em primeiro lugar, de introduzir-se cursos de história e filosofia da ciência apropriados à formação dos futuros professores e também dos profissionais já atuantes. A ciência é uma das maiores conquistas da cultura humana” (Matthews, 1995, p. 197).

A disciplina de Física é tida como “matéria difícil”, a qual desestimula os estudantes e ressalta-se a baixa confiança em entendê-la. Esta “barreira” com a disciplina “difícil” o impede de aprender (Alencar; Silva, 2018, p. 161), mesmo que tenha desenvolvido habilidades, este fica impedido de “enxergar” conceitos triviais.

Alencar e Silva (2018) ao discutir a utilização da história das ciências no ensino de física afirma ser necessário buscar meios que facilitem a aprendizagem e desconstrua a antipatia que os estudantes têm a respeito da disciplina de física. Julgam necessária a utilização de experimentos e uma abordagem qualitativa, analisando as variáveis e conceitos proporcionando discussões e provocando o aluno a pensar criticamente. Estes experimentos, buscado por alguns professores, torna o conteúdo “divertido” e atrai o aluno por sair do abstrato e abordar os fenômenos de forma física. Alencar e Silva (2018, p. 160) sugerem “que tal metodologia deve fazer parte de um planejamento geral, somadas a ferramentas históricas e conceituais”.

A sociedade em que vivemos com os desenvolvimentos tecnológicos dos organismos geneticamente modificados, transgênicos, as tecnologias digitais e muitas outras mudanças “exige cidadãos críticos da realidade em que vivem e atuantes na busca de soluções para os problemas que encontram” (Scheid, 2018, p. 444). Muitos dos problemas da sociedade contemporânea são resultados das aplicações da ciência e tecnologia.

Lima *et al.* (2022, p. 379) anunciam que discutir sobre a “abordagem histórica na educação científica hoje” na América Latina, em uma situação de crise planetária tanto no aspecto social quanto ambiental, é um desafio intelectual. A ciência de hoje contribui com a formação dos estudantes de hoje. Estes estudantes serão os cidadãos que votarão em certos líderes e projetos sociais, que determinarão os projetos de ciência e tecnologia do futuro. Assim, Lima *et al.* (2022) afirma que a história e filosofia da ciência é a base teórica para problematizar a ciência e desenvolver a análise da sociedade.

Fourez (2003, *apud* Scheid, 2018, p. 444) afirma que a educação científica deve buscar “à formação, à inserção e à capacitação criativa do cidadão em sociedade”. Capacitando o

indivíduo a utilizar os saberes da disciplina para enfrentar as questões de sua existência. Scheid (2018, p. 445) se pronuncia favorável à introdução da história da ciência nos currículos de formação de professores para desenvolver as concepções da natureza da ciência e da tecnologia.

Assim, é pouco provável o êxito em educar para a participação da cidadania com uma concepção de ciência que o conhecimento se constrói a partir da racionalidade de fatos empíricos, sem a influência do contexto sócio-histórico-cultural, no qual o conhecimento é gerado (Scheid, 2018).

Na década de 90, Matthews (1995) cita que o ensino contemporâneo de ciências está sofrendo evasão de alunos e professores da sala de aula, bem como o elevado índice de analfabetismo científico. Afirma também que a história, a filosofia e a sociologia da ciência não são materiais que determinam uma resposta absoluta para resolver tal problema, porém geram algumas soluções tais como: humanizar as ciências e aproximar dos interesses éticos, políticos, culturais e pessoais; pode tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexiva, promovendo o pensamento crítico; contribui para um entendimento mais significativo da ciência, dando significado às formulas e às equações.

Ao se referir sobre os currículos, na área de ciências, Matthews (1995) cita que na Inglaterra, no País de Gales e nos Estados Unidos, incluíram através de projetos os componentes de história e de filosofia das ciências, no ensino da 5ª série ao 3º ano do ensino médio. Dar-se-á, desse modo, uma atenção especial valorizando a história, filosofia e a sociologia da ciência argumentando que proporcionam uma maior compreensão, mais enriquecedora e mais abrangentes da ciência.

Na década de setenta, a Associação Britânica para o Ensino de Ciências exigiu a incorporação de material didático de história e filosofia das ciências. O principal problema enfrentado foi a falta de preparo dos professores em lidar com um ensino de ciências contextualizado (Matthews, 1995).

Matthews (1995) argumentava que, na década de 70, a história da ciência contribuía para o ensino porque:

- Motiva e atrai os alunos;
- Humaniza a matéria;
- Proporciona uma melhor compreensão dos conceitos científicos;
- Há um valor inerente em compreender certos episódios da ciência;
- Apresenta uma ciência mutável e instável, um pensamento científico sujeito a transformações;

- Se opõem a ideologia cientificista;
- Permite uma compreensão mais proveitosa do método científico.

Em alguns momentos, pode-se visualizar professores com formação adequada sobre história da ciência, porém não se disponibiliza material didático adequado para subsidiar as aulas, visto que faltam textos elaborados exclusivamente para a sala de aula. A narrativa da história da ciência tem que ser elaborada didaticamente para não cair em uma pseudo-história e que seja acessível a leitura pelo aluno. Outro aspecto importante em desenvolver os textos é que não seja desenvolvida uma visão cumulativa e linear do desenvolvimento científico e tecnológico. Tem que estar explícito que a ciência sempre esteve em desenvolvimento e com a participação de inúmeros pesquisadores.

Quanto ao ensino de ciências, Scheid (2018) chama a atenção a publicações de artigos científicos sobre história da ciência e a educação como documento importante para a capacitação de professores. Mesmo que o professor tenha acesso a diversos artigos e que a história da ciência seja um bom recurso para a aprendizagem da natureza da ciência, é necessário se utilizar de múltiplos recursos didáticos em sala de aula.

Assim, Scheid (2018) afirma que a história da ciência no ensino de ciência é “uma ferramenta válida para questionar o que é o conhecimento e como este é produzido”. Alega também que a história da ciência não terá todas as soluções para os problemas da humanidade, mas proporcionará suporte científico para reflexões. Deste modo, são formados indivíduos que pensam e tomam decisões coletivamente, os quais através da ciência e tecnologia buscam compreender o mundo em que vivem, por conseguinte, desenvolvendo o pensamento crítico. Portanto, a utilização da história da ciência no ensino proporciona muitas contribuições.

McComas (2020 *apud* Lima; Rosa, 2022, p. 486) apontam para a potencialidade da história da ciência possibilitar a compreensão da natureza da ciência, ou seja, “sobre o que é ciência, como ela funciona, suas potencialidades e limitações, bem como suas relações com a sociedade, tecnologia e cultura”.

Assim, a história das ciências deve ser introduzida nas aulas de física, apresentando a motivação e a construção do conhecimento científico, seguido pela experimentação no desenvolvimento da ciência natural. Nesta sequência, “a história deve se encaixar como metodologia de preparação, sendo apresentado o contexto histórico onde foram desenvolvidas as diversas teorias” (Alencar; Da Silva, 2018, p. 161).

Martins (2006), afirma que a história da ciência não substitui o conhecimento científico, mas pode complementá-lo. Pode proporcionar o entendimento das relações entre ciência,

tecnologia e sociedade, mostrando que a ciência se desenvolveu concomitantemente com a sociedade e a tecnologia, a ciência faz parte de um mundo humano e de uma cultura.

Neste contexto, Martins (2006, p. 18) afirma que existe uma relação entre ciência e sociedade e que os livros didáticos não costumam citar “o que dá a falsa impressão de que a ciência é algo atemporal, que surge de forma mágica e que está aparte de outras atividades humanas”.

O estudo da história das ciências pode proporcionar o entendimento dos processos sociais e a evolução da construção do conhecimento, proporcionando uma concepção mais adequada da natureza da ciência e de suas limitações. Deste modo, Martins (2006, p. 18) afirma que

O que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico sem, no entanto, negar seu valor. A ciência não brota pronta, na cabeça de “grandes gênios”. Muitas vezes, as teorias que aceitamos hoje foram propostas de forma confusa, com muitas falhas, sem possuir uma base observacional e experimental.

A história da ciência não tem como objetivo único atrair o aluno através de relatos, mas desenvolver no aluno um senso crítico sobre a ciência estudada, despertando para o entendimento da essência da física, que seria estudar e entender os fenômenos (Alencar; Silva, 2018, p. 163).

Alencar e Silva (2018) afirmam que os textos dos livros didáticos são exposições de conceitos e demonstrações matemáticas e quando ocorre citações históricas são superficiais. Ou seja, a descrição de eventos e o formalismo matemático deve ser precedido da contextualização histórica, relatando as motivações e relevância dos conteúdos abordados. Sob esse contexto, a aprendizagem se torna agradável quando contextualizada historicamente, situando o aluno no mundo da ciência, explicitando como se desenvolveu o conhecimento científico em um longo processo de construção.

Prestes e Caldeira (2009) citando Michael Matthews, fundador da Science & Education, apresenta sete argumentos que justificam a introdução da HC no ensino das ciências:

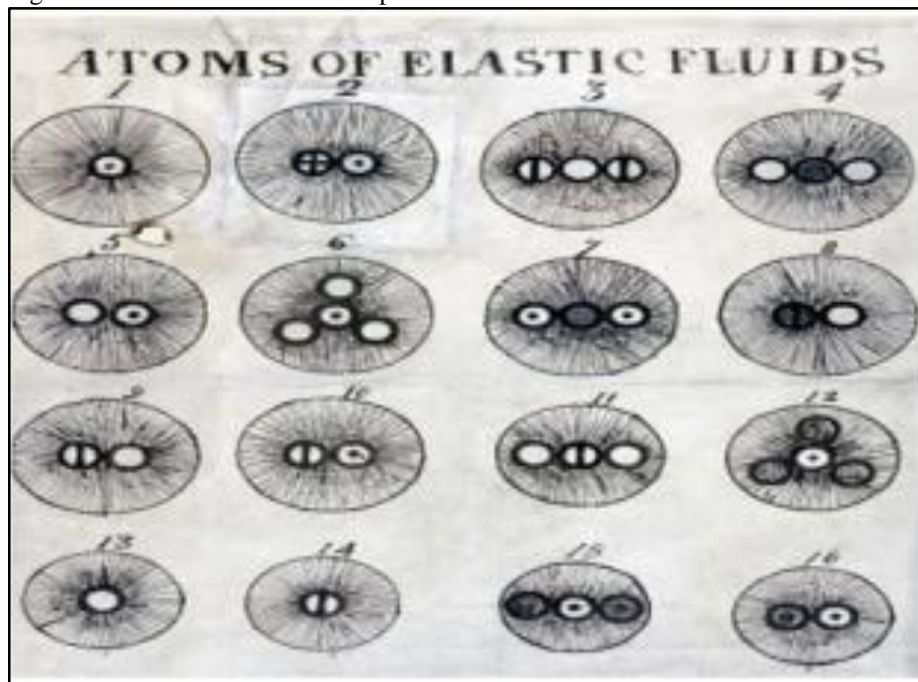
- A História promove melhor compreensão dos conceitos científicos;
- Abordagens históricas conectam o desenvolvimento do pensamento individual com o desenvolvimento de ideias científicas;
- A história da Ciência é intrinsecamente valiosa;
- A História é necessária para entender a natureza da ciência;

- A História neutraliza o cientificismo e dogmatismo que são encontrados nos manuais de ensino;
- A História humaniza a matéria científica;
- A História favorece conexões a serem feitas dentro de tópicos e disciplinas científicas.

Prestes e Caldeira (2009) argumentam também a necessidade de demonstrar que as teorias científicas não surgem a partir do nada, pois existe um conhecimento anterior. Ao ilustrar a história da ciência com casos em que uma nova teoria não é aceita prontamente, o professor poderá discutir com seus alunos sobre os argumentos que conduzem tal teoria a aceitação ou rejeição.

Melzer e Aires (2015) ao se referirem sobre os livros didáticos e o ensino dos modelos atômicos, relatam que os livros têm “suprimido dados importantes para a compreensão de como os pesquisadores da Teoria Atômica chegaram a determinados modelos”. Deste modo, deixam de contemplar informações importantes sobre como realmente ocorreu a construção de cada modelo e quais fatores influenciaram a construção. Os autores, destacam também que fragmentos da história da ciência proporciona equívocos, levando o aluno a interpretar o cientista como ser sobrenatural dissociado do mundo real. A Figura 1 ilustra o manuscrito de Dalton sobre o átomo.

Figura 1 - Manuscrito de Dalton representando o átomo com a “atmosfera do calórico”

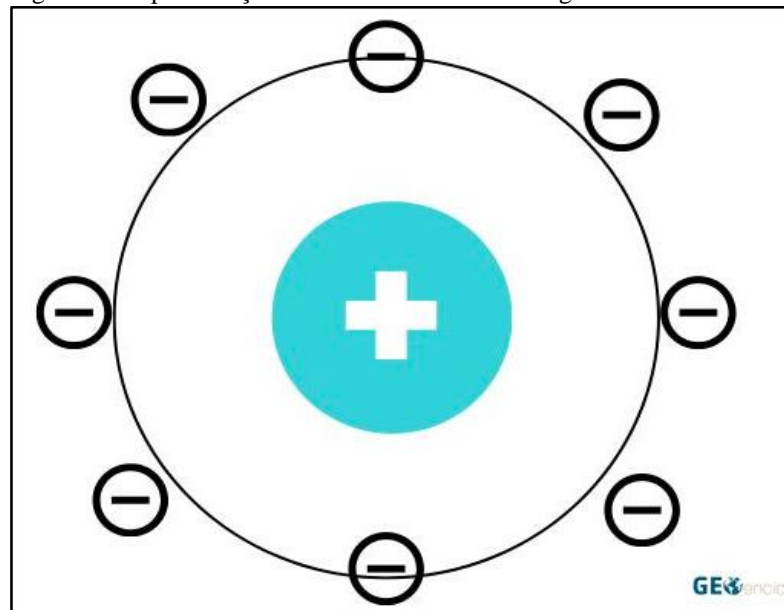


Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Esquemas-representativos-das-atmosferas-de-calorico_fig3_320318395. Acesso em: 2 maio 2024.

Em uma análise mais aprofundada de John Dalton, observamos que ele descreveu sua hipótese sobre o calórico (Figura 1) ligado ao seu modelo atômico. Neste modelo, o átomo é um “corpúsculo esférico de tamanho variável que era envolvido por uma ‘atmosfera’, denominada de calórico, responsável pela atração e repulsão entre os elementos” (Melzer; Aires, 2015, p. 67), como pode ser observado na figura 1. Denota-se que as raias saindo das moléculas, formando um “campo do calórico”. Estas informações não constam nos livros didático e estes constroem uma imagem reducionista da teoria de Dalton, pois o mesmo cometeu alguns equívocos na construção de sua teoria.

Lopes (2009, *apud* Melzer; Aires, 2015, p. 71) destaca a teoria atômica desenvolvida por Nagaoka que “colocou um centro grande e carregado envolvido de anéis formados por corpúsculos que giravam com mesma velocidade ao seu redor” (Figura 2). Nota-se a influência de diversos cientista para a construção da teoria atômica de Rutherford e Bohr, seus erros e acertos em uma caminhada que o livro didático não apresenta aos estudantes. A história da ciência pode trazer aspectos como a competição entre grupos de cientistas, o conflito entre estes e excluir a imagem linear, na qual uma teoria substitui a outra sem competição científica e sem colocar a prova suas teorias. O livro didático “apresenta somente o produto, e não o processo de construção da ciência” (Melzer; Aires, 2015, p. 76). A Figura 2 ilustra a representação do átomo de Nagaoka.

Figura 2 - Representação do modelo atômico de Nagaoka



Fonte: <https://images.app.goo.gl/iX2ncmTtxYn3EiyC8>. Acesso em: 2 maio 2024.

O conhecimento científico está repleto de contribuições de cientistas que muitas vezes não são citados nos livros didáticos, mas um estudo sobre a história da ciência pode revelar tais contribuições. A história da ciência conduz ao entendimento que o desenvolvimento científico não é resultado de um “método científico”, mas sim dos pesquisadores, os quais formularam hipóteses ou conjecturas a partir de ideias que podem não ter qualquer fundamento, se baseando em analogias vagas, tendo ideias preconcebidas ao fazerem suas observações e experimentos. As teorias científicas vão sendo construídas por tentativa e erro (Martins, 2006, p. 19).

Neste universo de concepções erradas da ciência, Martins (2006, p. 19) afirma que algumas pessoas concebem a ciência como verdade absoluta, imutável, eterno, algo que foi descoberto por gênios que nunca erram. Mas o conhecimento é desenvolvido por seres humanos falíveis e que em um esforço comum entre cientistas é aperfeiçoado, sem ter a certeza de chegar a algo definitivo.

Portanto, a ciência não se desenvolve em uma bolha isolada, mas em um “contexto social, econômico, cultural e material bem determinado” (Martins, 2006, p. 20). Essa compreensão da ciência deve ser introduzida na formação docente e no pessoal de nível superior e futuramente desenvolver história da ciência no ensino fundamental e ensino médio.

Forato, Pietrocola e Martins (2011) argumentam que a educação científica anseia desenvolver o pensamento crítico e criativo em todos os níveis. A incorporação da história e filosofia da ciência adequado ao ensino da ciência é uma tendência eficaz na formação de qualidade, objetivando o ensino/aprendizagem de questões epistemológicas da construção da ciência. Caracterizando, assim, a ciência como parte da construção humana do conhecimento. Neste contexto, a história da ciência torna-se uma estratégia pedagógica adequada para o desenvolvimento do conhecimento científico (Forato, Pietrocola e Martins, 2011).

A abordagem da implementação da história da ciência em sala de aula possibilita “a compreensão da construção sócio-histórica do conhecimento, da dimensão humana da ciência” (Forato; Pietrocola; Martins, 2011, p. 29). Isto posto, quando a ciência está associada atividade humana e envolta em um contexto sociocultural o desenvolvimento do conhecimento científico no banco escolar também é um processo contextualizado e influenciado pelos elementos sócio-político-cultural.

A perspectiva de humanizar o conhecimento científico, combater a história de uma ciência fundamentalmente progressiva, linear e de grandes feitos, expondo os embates e controvérsias que tiveram lugar na história de produção do conhecimento científico (Moura, 2021).

Moura (2021) traz o pensamento de que o mundo (sociedade) evoluiu e se transformou drasticamente nestes últimos 30 anos. Reconhecendo tal abordagem questiona que outras perspectivas e argumentos a história da ciência deve implementar na educação científica além das observadas por Matthews (1995). Conforme Matthews (1995), a história da ciência deve ser implementada na educação científica de modo contextualizado e observando os aspectos éticos, sociais, históricos, filosóficos e tecnológicos. Deste modo, está se trabalhando a “natureza da ciência” ao invés de apenas trabalhar conceitos científicos.

Quando se trabalha a natureza da ciência se proporciona o entendimento de como a ciência é produzida e validada, interrompendo o ciclo de notícias falsas sobre temas de saúde pública, sobre fenômenos do meio ambiente, entre outras (Moura, 2021). Assim, simplesmente entender como a ciência funciona não faz do aluno um cidadão consciente sobre o bem-estar coletivo e a justiça social. Ou seja, mesmo com o desenvolvendo da literacia científica, não há a garantia de um cidadão consciente de sua posição social. Moura cita que a bússola da educação em ciências deve estar alinhada com valores de justiça social e bem-estar coletivo, pois estes seriam os desafios da contemporaneidade.

Forato, Pietrocola e Martins (2011) argumentam que, a construção de uma imagem ingênua da ciência e do conhecimento científico, entra em conflito com as orientações para formação de professores e alunos e que deve considerar os seguintes aspectos:

- A compreensão da ciência como uma atividade humana, historicamente construída, imersa no contexto cultural de cada época e de cada povo e não como uma construção puramente racional;
- Entender a ciência se desenvolvendo em um contexto cultural de relações humanas, dilemas profissionais e necessidades econômicas revela uma ciência parcial e falível, contestável, influenciada por fatores extra científico;
- Conhecer sobre as ciências e não apenas os conteúdos científicos, mas também alguns de seus pressupostos e limites de validades... e promover o pensamento reflexível e crítico;
- Possibilitar certo conhecimento metodológico como antidoto a interpretação empírico-indutivista.

Tais autores defendem ser adequada na educação científica um senso crítico ao empirismo ingênuo, a importância de ver a ciência como uma construção humana e a incapacidade de observar a ciência como uma investigação neutra dos fenômenos naturais.

Segundo Martins (1999) analisando momentos da história da ciência, estão sendo desenvolvidos modelos científicos envolvidos no desenvolvimento do conhecimento científico. Favorece a compreensão da construção dinâmica da ciência, proporcionando o entendimento da época e da cultura e dos critérios adotados para validar o conhecimento científico. Assim, “contribuindo para uma leitura mais crítica das versões históricas presente no ensino de ciências” (Forato; Pietrocola; Martins, 2011, 36).

Os mesmos autores afirmam que a história é utilizada como instrumento político para legitimar o poder e destacar situações ditas heroicas de grupos, indivíduos e instituições dominantes. Consequentemente, o cientista é supervalorizado, omitindo a participação de outros pesquisadores contemporâneos e dessa maneira, romantiza alguns cientistas transformando-os em heróis, destacando somente suas contribuições e omitindo o contexto científico em que viveu.

Como crítica a utilização da história da ciência em sala de aula, Matthews (1995) sofreu dois “ataques”: a história que seria possível utilizar seria a pseudo-história e que a utilização da história da ciência enfraquecia as convicções científicas.

Enquanto a história e filosofia da ciência são inseridas nas salas de aula como um componente válido, na formação do professor, se questiona como será desenvolvida a história e filosofia das ciências. Matthews (1995) afirma que se deve investigar a participação da mulher no universo dos cientistas; deve-se investigar o construtivismo no ensino; deve-se investigar as questões éticas da ciência; e deve-se investigar a influência das questões metafísicas.

Por fim, afirma que “O seu sucesso dependerá, em primeiro lugar, de introduzir-se cursos de história e filosofia da ciência apropriados à formação dos futuros professores e também dos profissionais já atuantes. A ciência é uma das maiores conquistas da cultura humana” (Matthews, 1995, p. 197).

Neste contexto, o desenvolvimento da história da ciência induz a interpretação que a construção científica é fruto do acaso, de insights que levam a descoberta de verdades universais. Omite-se o papel dos erros, das controvérsias, dos debates científicos, da testagem das teorias, do posicionamento dos cientistas que influenciaram fatores sociais, políticos e econômicos (Forato; Pietrocola; Martins, 2011).

O ambiente educacional e/ou a divulgação científica deveria auxiliar o aluno na construção de uma concepção crítica dos processos de desenvolvimento da ciência (Forato; Pietrocola; Martins, 2011). Assim, é necessário preparar o professor, em sua formação, com pesquisas da história da ciência; é necessário ocorrer transformações dos conteúdos da história

das ciências para adequá-lo ao ambiente escolar. Enfim, a transposição didática aborda distintos conhecimentos adequando aos requisitos do sistema educacional.

Então, os conteúdos da história da ciência devem satisfazer aos objetivos epistemológicos; deve ser adequado ao ambiente educacional; e deve contemplar condições necessárias para o professor abordar o tema adequadamente (Forato; Pietrocola; Martins, 2011). Portanto, deve-se desenvolver atividades didáticas adequadamente para abordar os conteúdos de ciências que exige conhecimento conceitual, que aborda sua história, questões epistemológicas e opções metodológicas adequadas para o desenvolvimento do conteúdo.

Para desenvolver a metodologia adequada, na construção da história da ciência, é necessário delimitar a abordagem histórica (Forato; Pietrocola; Martins, 2011). Esta abordagem exigirá a simplificação e omissão de informações, estas omissões tem que ser muito bem dosadas para evitar não distorcer a compreensão da mensagem sobre o desenvolvimento do conhecimento científico. Então, além de construir uma abordagem histórica com linguagem adequada e elaborar uma sequência didática adequada, de considerar o tempo adequado para o desenvolvimento, de buscar uma interpretação interdisciplinar, esta transposição didática está sujeita a delimitações.

A transposição didática não se limita a tornar a história da ciência compreensível, mas aborda o aspecto motivacional contribuindo para o envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem, considerando as metodologias educacionais adequadas para desenvolver as concepções históricas e seus processos de construção da ciência (Forato; Pietrocola; Martins, 2011).

Na transposição didática, optamos por um texto simplificado pode-se cair na pseudo-história, porém se optarmos por um texto fiel a história (textos primários) há a possibilidade de tornar incompreensível para os alunos. Destarte, transformar a história e filosofia da ciência em conhecimento escolar implica em dimensionar os conteúdos adequados, uma sequência didática adequada com propósitos pedagógicos, epistemológicos e historiográficos. Assim, o uso da história e filosofia da ciência no ensino de ciências pode trazer inúmeros benefícios pedagógicos para a formação dos professores e estudantes, mas é necessário reconhecer que há desafios a serem enfrentados e riscos a serem assumidos (Forato; Pietrocola; Martins, 2011).

A história das ciências proporciona uma concepção a respeito da natureza das pesquisas e do desenvolvimento científico que os livros didáticos não enfatizam (Martins, 2006). O livro didático enfatiza o resultado que a ciência chegou. O aluno desconhece como a ciência se desenvolveu. Não tem noção de como os cientistas trabalharam para desenvolver suas pesquisas. Não tem conhecimento das teorias que foram aceitas no passado e não são aceitas

hoje. Desconhecem a relação entre ciência, filosofia e religião. Não tem conhecimento da relação do desenvolvimento do pensamento científico e do desenvolvimento social.

Para desenvolver o interesse do aluno com relação a aprendizagem, as discussões históricas têm potencial de despertar este interesse e trazer a ciência para perto do aluno, desfazendo a genialidade do cientista (Lima; Rosa, 2022). Deste modo, a história da ciência torna-se uma fonte de “motivação, interesse e engajamento emocional”.

A história e filosofia da ciência pode ser implementada na formação inicial no professor de ciências, mesmo que não o transforme em historiador ou epistemólogo da ciência. Para envolver o professor, é necessário fornecer elementos que contribuam para sua formação, pois “a falta de formação de professor é um dos maiores desafios a serem enfrentados” (Forato; Pietrocola; Martins, 2011, p. 49). A atual formação de professores não o prepara para “lidar de modo consciente e crítico com todos estes obstáculos”.

Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 53) encerram afirmando que o enfrentamento dessa situação está relacionado com variáveis que diz respeito “ao aluno, aos conteúdos, aos materiais, a metodologia educacional, ao professor e a escola”.

Diante deste contexto, o aluno pode trazer concepções alternativas dos conceitos científicos, tais como a força da gravidade é finita ou gravidade zero. Neste caso, Martins (2006) afirma que os professores devem:

- Conhecer-las e não fingir que não existe;
- Não as ridicularizar e sim trata-las com respeito;
- Entender sua fundamentação para o indivíduo;
- Compará-las com outras concepções;
- Analisar as evidências a favor e contra cada uma delas;
- E, tentar auxiliar o educando a passar por uma mudança conceitual, mas não com argumento de autoridade.

Martins também chama a atenção para o confronto entre a concepção do aluno e a do professor. Assim, tanto para o aluno como para o professor a história da ciência pode ser útil na transformação conceitual, haja vista que as concepções alternativas podem ser semelhantes às dos cientistas do passado e a história da ciência pode ser um aliado nessa transformação.

Portanto, a história pode demonstrar que sempre houve discussões alternativas, nas quais alguns cientistas já tiveram ideias semelhantes às que os alunos têm e estas ideias foram substituídas por conceitos mais adequados e coerentes (Martins, 2006).

Mas para resolver o problema das concepções alternativa Martins (2006) cita três barreiras, que são:

- A falta de professores com formação adequada;
- A falta de material didático adequado;
- Equívocos a respeito da utilização da história da ciência e seu uso na educação.

Martins (2006) afirma o quão importante seria se tivéssemos bons professores-pesquisadores da história da ciência em todas as universidades. O que existe hoje são professores ou pesquisadores trabalhando em universos distintos.

Quanto ao material didático o autor afirma existir muito material disperso na Internet, nas revistas e livros. Muitos escritos por jornalistas e não pesquisadores. Assim existe pouco compromisso com o rigor histórico e muito sensacionalismo nas informações transmitidas. A história da ciência como é popularizada está cheia de grandes gênios que não viviam em sociedade. Martins (2006) afirma que um bom texto deve ter uma linguagem acessível e didática, explicando claramente os fatos históricos.

Por fim, os equívocos tratam da redução da história da ciência a nomes, datas e anedotas; concepções errôneas sobre o método científico (indutivista); e o uso de autoritarismo.

Concluído, Martins (2006) afirma existir poucos pesquisadores da história das ciências no Brasil e poucos professores pesquisadores da história das ciências para a sala de aula. Existe uma carência de obras de boa qualidade e também acessível e em português sobre história das ciências.

Na sociedade fica difícil falar de contemporaneidade sem falar sobre as preocupações da sociedade com o clima e com as desigualdades sociais. Isto posto, Moura defende que o ensino da história da ciência deve se aproximar dos objetivos políticos da educação em ciências. “Tal posicionamento aproxima-se do que a literatura da Educação em Ciências tem chamado de Visão III de alfabetização científica” (Moura, 2021, p. 1156).

Conforme Moura, a Visão I de alfabetização científica tem como proposta a aprendizagem de conceitos e processos científicos e suas aplicações; a Visão II está associada à utilização do conhecimento científico na vida e na sociedade; já a Visão III está vinculada a alfabetização científica crítica, desenvolvendo a percepção das contradições da sociedade e a ação necessária para mudar a sociedade através de ações sociopolíticas (Moura, 2021).

No decorrer dos saberes sobreditos, Moura analisa se estaria correto “afirmar que a ciência faz parte de um processo social (coletivo) e gradativo de construção do conhecimento” (Moura, 2021, p. 1163). Na sequência, afirma que a real natureza do ensino da ciência é algo ainda dubio para os filósofos, sociólogos e outros estudiosos.

Ainda sobre a posição do ensino da ciência na sociedade, Moura (2021, p. 1165) cita diversos autores que induzem ao entendimento que as discussões fundamentadas na história das ciências deveriam proporcionar discussões sobre a sociedade contemporânea. Pressupõem, deste modo, que os espaços de ensino e aprendizagem de ciências sejam momentos oportunos para questionar sobre a sociedade.

Na sequência, Moura (2021) apresenta argumentos para uma abordagem histórica do ensino de ciências que são:

- Ajudar a compreender as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente como relação da coprodução, combatendo a visão de que o empreendimento científico seria uma “aventura desinteressada” no mundo do conhecimento;
- Ajudar na discussão sobre os processos de construção de conhecimento, buscando afastar o mito do “Método Científico” universal e homogêneo que permite chegar a verdades;
- Avaliar a participação do empreendimento científico na conformação de como hoje a sociedade se relaciona com a natureza;
- Ajudar a compreender os processos de invisibilização de determinadas contribuições à ciência a partir de narrativas que reconheçam tais contribuições, ... ressaltando as contribuições de mulheres e pessoas não ocidentais;
- Auxiliar na busca por aproximações e distanciamentos entre as histórias que podem ser contadas sobre as ciências e as histórias da vida, condições sociais e aspectos das identidades dos estudantes.

Por fim, Moura (2021) encerra afirmando que a educação em ciência deve estar voltada para o bem-estar coletivo e que a história, a filosofia e a sociologia das ciências podem tornar-se um poderoso aliado nesse caminho.

Martins (2005) referindo-se à história da ciência, afirma existir dois tipos causais: a abordagem internalista que se refere aos fatos, teorias e conceitos; e a abordagem externalista, que se refere aos aspectos sociais, políticos e econômicos.

Deste modo, Hidalgo e Lorencini Junior (2016) afirmam que quando o estudo da história da ciência proporciona um conhecimento integro e reflexivo deve proporcionar as duas abordagens. Assim exclui o reducionismo existente em diversos conceitos científicos. Mas, muitos materiais de história da ciência desenvolvem somente uma abordagem internalista sem dar importância as questões sociais, políticas e econômicas. Essa abordagem internalista “cria” gênios no universo da ciência tais como Galileu, Newton, Einstein, entre outros.

Porém, Hidalgo e Lorencini Junior (2016) chamam a atenção para o desenvolvimento de uma história da ciência somente com a abordagem externalista, pois esta abordagem tende a formar concepções equivocadas sobre a natureza da ciência e sobre os cientistas. Estas deformações (internalista e externalista) são, muitas vezes, propagadas pelas revistas de ciências populares, pelos livros didáticos, e as vezes por professores. Logo este reducionismo conceitual está dentro da sala de aula e na sociedade, entrando em conflito com o conhecimento científico. É nesse momento que a história da ciência deve fazer parte do ensino de ciências.

Hidalgo e Lorencini Junior (2016) argumentam que os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 1998) preveem que através do ensino de ciências o aluno deve estar apto a discutir e utilizar-se dos conhecimentos científicos para analisar a vida cotidiana e tomar decisões, bem como em sua vida social tomar decisões sobre questões políticas. Portanto, está alfabetização científica possibilita ao estudante algo mais que memorizar formulas, leis e teorias, mas desenvolver uma postura crítica-reflexiva do conhecimento.

Então, a história e filosofia da ciência pode ser uma ferramenta importante para desenvolver ambientes de aprendizagem com uma postura social crítica e reflexiva, sobre o mundo e sobre o conhecimento. Assim, Hidalgo e Lorencini Junior (2016, p. 26) afirmam que a história e filosofia da ciência “é apresentada como uma alternativa que permite a criação de um ambiente propício para novas atitudes didáticas”. Afirmam também que a história e filosofia da ciência é uma forma de humanizar o processo de ensino, proporcionando momentos de reflexão sobre a ciência, sobre os cientistas e sobre a sociedade.

Hidalgo e Lorencini Junior (2016) citam Tomas Kuhn (2010) como um crítico a utilização da história e filosofia da ciência em uma concepção contemporânea crítico-reflexiva. Kuhn argumenta que a história e filosofia da ciência deve ser apresentada como uma doutrina inquestionável para não se perder as certezas sobre o conhecimento. Assim, Kuhn tem um desinteresse em promover ambientes de interações, discussões e inovação na construção do conhecimento.

Segundo Brasil (1988, p. 21) a história da ciência no ensino de ciências tem se mostrado útil para contextualizar o aluno em seu meio social, pois, “o conhecimento das teorias do passado pode ajudar a compreender as concepções dos estudantes do presente”.

Porém, Hidalgo e Lorencini Junior (2016) afirmam que ao trabalhar a história e filosofia da ciência, no ensino fundamental e ensino médio, considerando que nessa fase da educação proporciona-se condições para o estudante compreender o mundo, atua-se de modo transformador e efetivo na melhoria de vida. No entanto, os artigos e textos científicos para o ensino fundamental e médio são poucos e também falta tempo para implementá-los.

Para Hidalgo e Lorencini Junior (2016) os livros didáticos apresentam a história da ciência de modo reducionista e esta deve ser trabalhada pelo professor como um conhecimento integrado. Isto é, os professores devem ter conhecimento suficiente para trabalhar com os recortes históricos que os livros propõem. Assim, a formação do professor é tida como necessária por diversos autores (Matthews, 1995; Scheid, 2018; Forato; Pietrocola; Martins, 2011) que escrevem artigos sobre história e filosofia da ciência no ensino de ciência; também é necessário a formação de professores para trabalhar na perspectiva crítica-reflexiva.

Somente após esta formação acadêmica do professor é que ele poderá trabalhar sobre os reducionismos presentes nos livros textos. Então numa primeira instância, na formação de professores, deve-se inserir a história e filosofia da ciência e proporcionar condições necessária para que futuros professores possam trabalhar de forma integrada (Hidalgo; Lorencini Junior, 2016). Quando, a formação inicial dos professores aborda um momento de transição entre o aluno acadêmico e o professor, torna-se o melhor momento para desenvolver a história e filosofia da ciência, discutindo suas potencialidades, o reducionismo e os métodos para implementar em sala de aula.

Para implementar a história e filosofia da ciência é uma situação complexa na formação de professores, pois exige que o professor questione suas próprias verdades. Este professor deve começar com experimentos simples, mas desequilibradores das certezas absolutas. Assim, a história e filosofia da ciência tem valor esclarecedor sobre fatos históricos, de modo que as concepções ingênuas (certezas absolutas) da ciência passem a ser questionadas, construindo uma nova concepção do todo. Pois, a história e filosofia da ciência “tem em sua fundação o objetivo de ser uma ferramenta para o ensino reflexivo e crítico” (Hidalgo; Lorencini Junior, 2016, p. 32).

Hidalgo e Lorencini Junior (2016) apresentam três concepções sobre como aprender ciência, que são:

- Utilizar a história e filosofia da ciência de maneira a introduzir os aspectos históricos-filosóficos em um caráter pontual e cumulativo, “troca” de concepções prévias consideradas “erradas” pelas consideradas cientificamente “corretas”. Podendo ocasionalmente tornar-se dogmático;
- Encontrar paralelos entre o pensamento científico e o pensamento dos estudantes. É a possibilidade de desmistificar concepções confusas, podendo tornar-se reducionista;
- Utilizar a história e filosofia da ciência como um fator sociocultural aceito, pautado no diálogo e na reflexão.

Por fim, Hidalgo e Lorencini Junior (2016) concluem que a história e filosofia da ciência tornou-se uma alternativa (ferramenta) apresentada para a educação científica formar cidadãos reflexivos e críticos sobre a sociedade que pertencem. Então, a inserção da história e filosofia da ciência no ensino de ciências é algo positivo para o ensino que preze pela reflexão sobre o conhecimento.

Guerra e Moura (2022) questionam qual o papel do ensino de ciências na sociedade contemporânea e concluem que deve ser um ensino voltado ao enfrentamento de problemas como aquecimento global, desigualdade social, entre outros. Então ao tratar da natureza da ciência a abordagem histórica da ciência é um meio possível para implementar um ensino sobre ciência.

Então, Guerra e Moura (2022, p. 3) propõem que ao estudar ciência numa abordagem histórica proporcione a compreensão da vida e o contexto social dos cientistas, “apontando a ciência como uma atividade social e humana”.

Para desenvolver tal proposta os autores (Guerra; Moura, 2022) sugerem o uso de fontes primárias, narrativas históricas, o uso de sequencias didática elaboradas para tal abordagem, experimentos históricos, entre outros. Deste modo a abordagem histórica pode contextualizar o ensino, destacando o contexto social, cultural e econômico dos episódios históricos estudados. Enfim, as aulas de ciência são uma fonte indispensável para os estudantes obterem conhecimento sobre ciência. Pois para Guerra e Moura (2022, p. 9) a abordagem histórica é um caminho importante para desenvolver uma educação em ciência.

No processo do desenvolvimento da ciência Guerra e Moura (2022) chamam a atenção para os pesquisadores que participaram através de uma invisibilidade, sem destaque na história, e os que tiveram visibilidade. Os autores chamam atenção as mulheres, os negros, os artesões, os técnicos e outros que participaram do desenvolvimento da ciência de modo invisível, sem reconhecimento.

Nesse sentido, o professor é um ator central, uma vez que passa a ter o papel de conjugar as aspirações, realidades e contradições suas e de seus alunos e o contexto social e político em que vivem de forma a inspirar as narrativas históricas capazes de promover reflexões sobre invisibilizações e apagamentos relacionados a cada sala de aula ou a cada situação de ensino.

Para finalizar a seção destacamos que a utilização da história da ciência no ensino contemporâneo pode ser uma ferramenta poderosa, mas também apresenta desafios e limitações que exigem uma análise crítica. Para mitigar esse problema, os educadores devem adotar uma abordagem crítica ao utilizar a história da ciência no ensino contemporâneo. Isso inclui:

- Apresentar uma concepção equilibrada dos eventos históricos, destacando tanto os sucessos quanto os desafios e conflitos enfrentados pelos cientistas, evitando o reducionismo;
- Selecionar exemplos históricos que reflitam a diversidade de abordagens e resultados na história da ciência, evitando uma narrativa linear e simplista;
- Contextualizar os eventos históricos no contexto social, cultural e político em que ocorreram, destacando a natureza contingente e complexa do desenvolvimento científico;
- Incentivar a reflexão crítica dos alunos sobre a relação entre a história da ciência e a prática científica contemporânea, estimulando-os a questionar e analisar as suposições subjacentes ao conhecimento científico.

Em resumo, a história da ciência pode ser uma ferramenta valiosa no ensino de ciências contemporâneo, desde que seja utilizada de forma crítica e contextualizada. Ao abordar os desafios e limitações da utilização da história da ciência, os educadores podem promover uma compreensão mais profunda e “nuanceada” da natureza da ciência e de seu papel na sociedade.

Portanto, na medida em que a história da ciência se torna um componente válido na formação do professor de ciências, como a FMC seria desenvolvida de modo apropriado para desenvolver um professor contemporâneo e crítico?

Segundo Lima (2021) o ensino de ciências e a HC estão intrinsecamente ligados as pedagogias críticas e destacam a importância de analisar as ciências e a história em suas relações concretas com a sociedade, em uma concepção externalista, enfatizando como esses campos se entrelaçam com a organização social e podem contribuir para a construção de um mundo mais igualitário, sem abandonar os conceitos científicos, mas situando-os em um contexto mais amplo que incluem dimensões políticas, econômicas e culturais. Essa abordagem, crítica, busca uma educação emancipadora, que permita uma reflexão crítica sobre o presente e o desenvolvimento histórico, evidenciando a necessidade de compreender tanto os aspectos internos da ciência (internalista) e da tecnologia quanto suas conexões com estruturas sociais (externalista). Neste artigo, Lima (2021), ao referir-se a pandemia explicitou a complexidade e os desafios do mundo atual, reforçando a importância de uma concepção coletiva e crítica, aliada a um entendimento profundo da ciência e da tecnologia, para construir um futuro comum mais justo e habitável, integrando perspectivas críticas e pós-críticas.

Jamal e Guerra (2022) afirmam que a educação em ciências, não deve limitar-se somente à transmissão de conceitos científicos, mas deve adotar uma abordagem politizada que

explorando as relações entre ciência, poder e patriarcado, também deve promover uma compreensão crítica das condições que perpetuam o domínio dos grupos excluídos, como é o caso da baixa representação feminina na história e cultura da ciência (HCC).

Jamal e Guerra (2022) baseando-se na HCC - e analisam as práticas científicas em seu contexto histórico e social - dando ênfase ao estudo do caso de Marie Curie para investigar as condições que permitiram sua atuação científica, visando subsidiar discussões críticas em sala de aula sobre as barreiras estruturais enfrentadas por mulheres na ciência. Os autores defendem que o ensino de ciências deve fomentar a reflexão sobre as desigualdades de gênero e a necessidade da modificação das instituições científicas, articulando-se a questões políticas contemporâneas para incentivar a ação sociopolítica e a desnaturalização do patriarcado na produção do conhecimento.

Segundo Moura (2014) a educação em ciências tem como um de seus principais desafios a promoção não apenas do conhecimento científico, mas também da compreensão sobre a natureza da Ciência (NdC), entendida como um eixo fundamental para a formação crítica de estudantes e professores, integrando-a ao contexto social, histórico e cultural em que se desenvolve.

Moura (2014) afirma que as diversas pesquisas nacionais e internacionais evidenciam que tanto alunos quanto docentes frequentemente possuem concepções inadequadas sobre a NdC, destacando a necessidade de abordagens pedagógicas que superem essa lacuna, especialmente por meio da História e Filosofia da Ciência (HFC), que oferece subsídios para discutir a origem e a evolução do conhecimento científico de forma contextualizada. Alguns estudos demonstram que estratégias explícitas e reflexivas, que aproximam os estudantes das práticas científicas do passado, podem ampliar sua compreensão sobre a Ciência como empreendimento humano, dinâmico e influenciado por fatores externos. No cenário brasileiro, essa temática tem ganhado relevância, consolidando-se como uma linha de pesquisa promissora, embora ainda haja desafios na efetiva incorporação da NdC nos currículos e na prática docente, reforçando a importância do professor como agente transformador nesse processo.

Almeida e Farias (2011) constatarem que embora as políticas curriculares brasileiras já reconheçam a ciência e a tecnologia como construções históricas e sociais, persiste o desafio de efetivar a Natureza da Ciência (NdC) na formação docente e nos currículos de graduação, superando abordagens reducionistas que privilegiam apenas conteúdos conceituais em detrimento de reflexões epistemológicas, sociológicas e históricas sobre a prática científica.

Almeida e Farias (2011) afirmam também que a HFC emerge como ferramenta pedagógica essencial para abordar a NdC, permitindo discutir a ciência como empreendimento humano e contextualizado, além de problematizar questões como as influências socioculturais. No entanto, os autores destacam que estudos revelam que tanto professores quanto licenciandos frequentemente reproduzem visões simplistas e equivocadas da NdC, heranças de uma cultura escolar tradicional, agravadas pela falta de formação adequada em HFC e pela escassez de materiais didáticos que articulem esses saberes à prática pedagógica. Os autores sugerem que para superar as lacunas necessita a integração sistemática da HFC nos currículos de formação docente, com estratégias que vinculem episódios históricos a discussões sobre a construção do conhecimento científico, reforçando a NdC como eixo estruturante da alfabetização científica e da educação crítica em ciências.

3 REVISÃO DE ESTUDOS

No presente capítulo, apresentamos a revisão de estudos, incluindo as teses, dissertações e produtos educacionais associados à temática. O foco central está em reunir trabalhos já desenvolvidos na temática e identificar produtos educacionais que se aproximem da proposta que estamos elaborando.

3.1 Definição do *corpus*

Com o objetivo de identificar produções científicas brasileiras sobre o desenvolvimento da Física Moderna e Contemporânea (FMC), a História da Ciência, a Natureza da Ciência (NdC) e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica, foi realizada uma busca na Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) em seu catálogo de teses e dissertações e, posteriormente, uma análise das produções científicas. Assim, os trabalhos que compõem o *corpus* de investigação têm um recorte temporal de 2013 a 2025.

Para realizar tal busca no banco de dados da CAPES, foram utilizados os seguintes descritores:

- “Átomo” AND “história”, com 117 resultados;
- “Átomo” AND “sala de aula”, com 64 resultados;
- “Átomo” AND “história das ciências”, com 28 resultados;
- “Sala de aula” AND “história das ciências”, com 143 resultados;
- “Átomo” AND “ensino de ciências”, com 101 resultados;
- “Aprendizagem significativa crítica”, com 114 resultados;
- “Aprendizagem significativa crítica” AND “física”, com 47 resultados;
- “Natureza da Ciência” AND “Ensino de Física”, com 47 resultados.

A partir das buscas, foi selecionado um conjunto de trabalhos com base na leitura dos títulos e, quando considerados relevantes, procedeu-se à leitura dos respectivos resumos. Do acervo teórico selecionado, identificamos 19 estudos com temas próximo ao da pesquisa em desenvolvimento nesta tese e procedemos uma análise mais detalhada. Esses estudos estão listados no Quadro 1, juntamente com o autor/a, o tipo de produção bibliográfica, a instituição e o estado de origem do trabalho e também, o ano de publicação. Na próxima seção apresentamos um resumo desses trabalhos.

Quadro 1 - relação das dissertações e teses revisadas

Título	Autor/a	Produção	Instituição/ Estado	Ano
Modelo Atômico Quântico: uma alternativa para a introdução no Ensino Médio	Jairo Luiz Medeiros Aquino Junior	Dissertação	UFMT/MT	2013
Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma abordagem histórica e conceitual dos modelos atômicos	José Fernando de Melo	Dissertação	UEPB/PB	2014
Uma abordagem para o ensino de modelos atômicos e radioatividade a partir da história da ciência	Nara Fernandes Leite da Silva	Dissertação	UFTM/MG	2019
Experimentos históricos e o ensino de Física: agregando reflexões históricas e contemporâneas através da história cultural da ciência	Wagner Tadeu Jardim	Tese	CEFET/RJ	2019
O ensino de modelos atômicos por meio de metodologias ativas	Arlene Alves Dutra	Dissertação	UnB/DF	2019
O ensino de Física contemporânea: compreendendo a estrutura do átomo	Cacia Simone Arraes	Dissertação	UFMT/MT	2019
Introdução de conceitos do modelo padrão de partículas elementares através de sequência didática	Anderson dos Santos	Dissertação	UNIFAL/MG	2019
Conceito Átomo: proposta de uma Sequência Didática	Luiz Carlos Giachello dos Anjos	Dissertação	UENP/PR	2019
Desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de concepções sobre estrutura atômica e periodicidade Química nas séries finais do Ensino Fundamental	Vanessa Silva de Brito Bandeira	Dissertação	UNIPAMPA/RS	2020
Inserção do conteúdo Efeito Compton na Unidade de Física Moderna no Ensino Médio: à uma visão da aprendizagem significativa crítica	Júlio Alexandrino Pinheiro	Dissertação	UFPA/PA	2020
Modelos Atômicos e Tabela Periódica: o uso da abordagem histórica como facilitadora da aprendizagem significativa	Izabella Pereira Lopes	Dissertação	UNESP/SP	2020
A experimentação no estudo dos modelos atômicos de Dalton e Thomson no ensino de Ciências	Valéria Pereira Soares	Dissertação	UnB/DF	2021
Aspectos históricos dos modelos atômicos nos livros didáticos de Química: um mapeamento do período de 1929 à 2018	Ronaldo Gonçalves Pires	Tese	Universidade Cruzeiro do Sul/SP	2021
Uma sequência de atividades didáticas para o ensino dos modelos atômicos ao modelo padrão de partículas sob a perspectiva da sala de aula invertida	Vagno Guedes Portela	Dissertação	UNIFESSPA/PA	2022
Abordagem de conceitos de Física Moderna nos Anos Finais do Ensino Fundamental com o uso de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa	Paulo Gomes Batista	Dissertação	UESB/BA	2022

Título	Autor/a	Produção	Instituição/ Estado	Ano
História e filosofia da ciência em formação de professores de biologia: educação reflexiva e a replicação de experimentos históricos	Tatiana Tavares da Silva	Tese	USP/SP	2019
Concepções de ciência e educação: contribuições da história da ciência para a formação de professores	Gabriela Marko	Dissertação	USP/SP	2018
Uma Análise das Propostas Didáticas para o Ensino de Física Orientadas por Abordagens Histórica-Filosóficas	Eider de Souza Silva	Dissertação	UFBA/BA	2014
Sequência Didática Inclusiva: Modelos Atômicos no Ensino Médio	Leandro Miranda	Dissertação	UFABC	2023

Fonte: Pesquisa (2025).

3.2 Relato das dissertações e teses

A seguir, apresentamos as pesquisas, com ênfase nas atividades didáticas desenvolvidas, de modo a relatar brevemente o estudo realizado.

Na dissertação *Modelo Atômico Quântico: uma alternativa para a introdução no ensino médio*, Aquino Junior (2013) apresenta um estudo sobre a viabilidade do ensino do modelo atômico quântico na disciplina de Química no ensino médio. Para isso, o autor desenvolveu um vídeo abordando o salto quântico, o princípio da incerteza e a equação de onda. A implementação de suas aulas foi norteadas pela Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e pela Tecnologia da Informação e Comunicação. No decorrer da pesquisa, é feita uma análise dos livros didáticos de Química; dos Parâmetros Curriculares Nacionais e do Plano Nacional do Livro Didático. O autor destaca a importância de aprender sobre a teoria quântica para a compreensão da sociedade contemporânea, ao mesmo tempo em que aponta as dificuldades para abordar esse conteúdo, principalmente devido à sua complexidade e à impossibilidade de realizar experimentos concretos. Além disso, durante o processo investigativo, foram aplicados testes pré e pós-intervenção sobre o tema “modelo atômico quântico”. Por fim, o profissional concluiu que é possível trabalhar esse conteúdo no ensino médio com o apoio das tecnologias da informação e comunicação (TICs).

Na dissertação *Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: uma abordagem histórica e conceitual dos modelos atômicos*, desenvolvida por Melo (2014), é apresentada uma proposta didática envolvendo o ensino de Física Moderna e Contemporânea, implementada no terceiro ano do ensino médio. A proposta dá ênfase aos conceitos, em detrimento do formalismo matemático, e aborda a história da ciência. O pesquisador realiza um

breve estudo bibliográfico sobre a inserção da história e da filosofia da ciência no ensino e promove, de forma significativa, uma discussão sobre a implementação da Física Moderna e Contemporânea no contexto escolar. Além dos estudos conceituais, foi possível observar que o pesquisador realizou uma análise histórica sobre a evolução dos modelos atômicos e os objetivos da transposição didática. Sob um olhar analítico, também apresenta um breve relato da metodologia adotada e, de forma detalhada, faz observações sobre as aulas implementadas.

Em sua conclusão, afirma que é possível, por meio das estratégias sugeridas, desenvolver o conteúdo de Física Moderna e Contemporânea, com o principal objetivo de desenvolver uma visão mais complexa da ciência e da construção do conhecimento.

Na dissertação *Uma abordagem para o ensino de modelos atômicos e radioatividade a partir da história da ciência*, Silva (2019) desenvolve um produto educacional (sequência didática), composto por pequenos textos e slides sobre os modelos atômicos e a radioatividade, os quais devem ser lidos em sala de aula e posteriormente debatido com os alunos. No decorrer das apresentações, os alunos devem responder a algumas perguntas. No referido estudo, ao tratar do modelo atômico de Dalton, a autora menciona cientistas que discordavam da existência do mundo atômico, isto é, os não atomistas, porém, ao longo dos demais textos, não há novas referências a esse grupo. A sequência didática aborda, inclusive, a história da ciência e o desenvolvimento dos modelos atômicos, considerando a participação de Perrin, Nagaoka e Sommerfeld, entre outros. Em sua abordagem teórica, são mencionados conceitos relacionados ao salto quântico, noções de espectroscopia e algumas partículas subatômicas, como os quarks. Em sua análise, demonstra, da melhor maneira, os principais tópicos de Física Moderna e Contemporânea a partir da história da ciência, trazendo a contextualização como pilar metodológico. A autora finaliza o trabalho concluindo que a proposta didática se mostrou oportuna e eficaz, uma vez que promoveu maior participação e envolvimento dos alunos, resultando em uma aprendizagem significativa dos conteúdos.

Na tese *Experimentos Históricos e o Ensino de Física: agregando reflexões históricas e contemporâneas através da história cultural da ciência*, Jardim (2019) apresenta um estudo de revisão de literatura sobre os experimentos históricos nos séculos XVIII e início de XIX (botelha de Leiden e a pilha de Alessandro Volta), trazendo, também, um estudo sobre a história cultural da ciência. Nesta análise, evidencia a contribuição da história cultural da ciência, e, a partir dessa relevância, desenvolve uma proposta didática e a implementa em sala com alunos do 3º ano do curso técnico. Segundo o analisado, o objetivo do estudo foi verificar como as contribuições do aporte da história cultural da ciência pode acrescentar ou contribuir para o desenvolvimento de experimentos históricos e investigar o papel dos experimentos históricos

no ensino de Física. O autor resgata e menciona cientistas e pesquisadores que não são citados nos livros didáticos, preocupando-se em desenvolver um trabalho empírico (experimentos) e conceitual no ensino de Física, fugindo da mera resolução de exercícios. Na sequência, o estudo apresenta uma análise metodológica sobre os dados obtidos na implementação das aulas. No desfecho do estudo, conclui que, após a análise dos dados obtidos, fica evidente que a o estudo da Física a partir da perspectiva história cultural da ciência possibilita problematizar as práticas científicas.

Na dissertação *O ensino de modelos atômicos por meio de metodologias ativas*, Dutra (2019) desenvolve uma proposta de ensino para o conteúdo de modelos atômicos, baseada nos resultados obtidos em uma pesquisa com professores de Química, nos Parâmetros Curriculares Nacionais, no Programa Nacional do Livro Didático e nas Metodologias Ativas. A implementação da proposta ocorre no segundo ano do ensino médio, com o objetivo de tornar os alunos protagonistas no desenvolvimento de sua aprendizagem.

A autora realiza uma análise detalhada de seis livros didáticos do PNLD, destacando os conteúdos abordados, e procede a uma busca aprofundada sobre as Metodologias Ativas. Além disso, realiza uma análise dos seis professores entrevistados, investigando as metodologias por eles utilizadas para o desenvolvimento do conteúdo de modelos atômicos. Após a entrevista com os docentes, é feito um relato exaustivo sobre a implementação da proposta, acompanhado dos depoimentos dos alunos. Em sua conclusão sobre o método adotado, de natureza qualitativa e quantitativa, afirma que a proposta de ensino é motivadora e proporcionou uma boa aprendizagem dos alunos acerca dos modelos atômicos.

Na dissertação *O ensino de Física contemporânea: compreendendo a estrutura do átomo*, Arraes (2019) elabora um guia didático para o professor de Física abordar os conteúdos dos modelos atômicos no primeiro ano do ensino médio. O trabalho fundamenta-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e utiliza metodologias ativas, além de contemplar a evolução histórica dos modelos atômicos.

A autora realiza uma breve pesquisa bibliográfica sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa e as Metodologias Ativas, além de apresentar um relato da evolução histórica dos modelos atômicos e uma exposição matemática do modelo atômico quântico. Em seguida, apresenta o produto educacional, a metodologia adotada para o desenvolvimento do guia didático e os dados obtidos na pesquisa. Por último, conclui que houve indícios de aprendizagem, inferindo a pertinência de se ensinar Física contemporânea no primeiro ano do ensino médio, o que possibilita despertar o interesse do aluno pelo estudo das Ciências.

Na dissertação *Introdução de conceitos do Modelo Padrão de Partículas Elementares através de Sequência Didática*, Santos (2019) desenvolve uma sequência didática e um jogo de cartas (semelhante ao UNO) para trabalhar os modelos atômicos e o modelo padrão das partículas elementares, que foi implementado em uma turma do terceiro ano do ensino médio. O autor apresenta a implementação da sequência didática, bem como uma análise detalhada dos resultados obtidos. Finalmente, o autor conclui que, apesar da complexidade do tema abordado, houve uma melhora no conhecimento dos alunos e que a gamificação proporcionou uma nova forma de desenvolver os conteúdos estudados.

Na dissertação *Conceito Átomo: proposta de uma sequência didática*, Anjos (2019) elabora e aplica uma sequência didática sobre o conceito do átomo, implementada no ensino médio e orientada a partir da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. O autor realiza um breve estudo sobre a abordagem histórico-epistemológica em sala de aula, além de uma análise da evolução dos modelos atômicos. Em seguida, apresenta uma descrição detalhada do procedimento metodológico, segundo Bardin. Nessa análise, são detalhados os dados obtidos por meio do relato e do mapa conceitual dos alunos. Para concluir, o autor ressalta que a sequência didática contribui para os professores como recurso didático para o desenvolvimento da aprendizagem significativa e observa que os alunos apresentaram indícios desse tipo de aprendizagem.

Na dissertação *Desenvolvimento de uma sequência didática para o ensino de concepções sobre estrutura atômica e periodicidade química nas séries finais do Ensino Fundamental*, Bandeira (2020) desenvolve uma sequência didática para o nono ano do ensino fundamental, abordando tópicos relacionados à estrutura atômica. A proposta didática é implementada com o auxílio de um aplicativo para celular.

Como aporte teórico para realização da sequência didática, o autor apoia-se na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e conduz a intervenção pedagógica. O estudo apresenta uma revisão bibliográfica, citando autores que realizaram pesquisas nas áreas de tecnologia da informação e aprendizagem significativa. Além disso, o autor destaca que o ensino da teoria atômica envolve um certo grau de abstração, por se tratar de um conteúdo fisicamente inacessível.

Na dissertação *Inserção do conteúdo Efeito Compton na unidade de Física Moderna no Ensino Médio: à uma visão da aprendizagem significativa crítica*, Pinheiro (2020) implementa um produto educacional fundamentado na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, desenvolvido segundo os princípios da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) para o conteúdo do efeito Compton, no terceiro ano do ensino médio.

O autor também realiza uma análise dos livros didáticos que apresentam o efeito Compton e desenvolve uma discussão teórica sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a UEPS. Na sequência, conduz um estudo detalhado sobre o Efeito Fotoelétrico e o Efeito Compton, incluindo o formalismo matemático, e apresenta um relato da implementação do produto educacional. Por conseguinte, analisa os dados obtidos com a implementação da UEPS e conclui que seu produto educacional é eficaz para o desenvolvimento do conteúdo sobre o Efeito Compton, visto que os alunos demonstraram interesse e apresentaram indícios de aprendizagem significativa.

Na dissertação *Modelos Atômicos e Tabela Periódica: o uso da abordagem histórica como facilitadora da aprendizagem significativa*, Lopes (2020) propõe o desenvolvimento e a implementação de um material potencialmente significativo, cujo tema são os modelos atômicos e a tabela periódica, para a primeira série do ensino médio. A autora realiza um estudo teórico sobre a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel; apresenta um relato detalhado da metodologia utilizada para coleta de dados, por meio de mapas conceituais, entrevistas e questionários; descreve detalhadamente a utilização dos mapas conceituais e a quantificação (nota) obtida por meio deles; e faz um breve relato sobre a evolução dos modelos atômicos. Por fim, a autora conclui ter desenvolvido um material didático que pode auxiliar outros professores no desenvolvimento dos temas modelos atômicos e tabela periódica, de modo a proporcionar maior motivação, tornar o conteúdo mais interessante e promover a participação ativa dos alunos, facilitando uma construção significativa dos conceitos.

Na dissertação *A experimentação no estudo dos modelos atômicos de Dalton e Thomson no ensino de Ciências*, Soares (2021) desenvolve uma sequência de aulas (experimentos demonstrativos-investigativos) remotas em virtude da pandemia, para implementar no nono ano do ensino fundamental. A autora realiza uma pesquisa detalhada do desenvolvimento do modelo atômico de Dalton e Thomson; uma análise da Base Nacional Comum Curricular em relação ao ensino de Ciências; um relato detalhado dos encontros com seus respectivos conteúdos e estratégia desenvolvida; e, uma análise do resultado das aulas experimentais (mistura de materiais), citando as falas e os resultados obtido. Somado a isso, a autora procede uma série de experimentos de eletrostática na tentativa de levar os alunos à compreensão da existência do átomo, apresentando vídeos de eletrostática. Por fim, a autora anuncia que sua proposta poderá auxiliar os professores de Ciências do nono ano a desenvolver seus conteúdos, pois sua implementação alcançou os objetivos anunciados no estudo.

Na tese *Aspectos históricos dos modelos atômicos nos livros didáticos de Química: um mapeamento do período de 1929 a 2018*, Pires (2021) realiza um estudo histórico detalhado do

modelo atômico de Dalton, citando Nagaoka, Sommerfeld, até o modelo atômico quântico. Em seu relato, o autor não adentra o conteúdo referente às partículas subatômicas e à Física Nuclear. Ademais, quando se refere ao modelo atômico de Dalton faz uma análise detalhada do conceito de “calórico” ou “atmosfera de calórico” que circunda o átomo e explica as relações entre átomos formando moléculas. Além disso, procede uma análise da evolução dos modelos atômicos segundo os critérios científicos do desgaste e falseamento de uma teoria para o surgimento de outra teoria que a substitui. E, ainda, apresenta uma revisão das reformas educacionais e do atual Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). Na sequência, faz uma análise de 102 livros didáticos de Química, datados de 1931 até 2018. Nesta análise, teceu observações sobre a teoria atômica e suas respectivas classificações. Por fim, faz recortes detalhados e análise minuciosa dos livros didáticos comentando acerca da linguagem adotada, da qualidade das imagens e textos, da transposição didática e dos conteúdos abordados (partículas subatômicas, etc.). De maneira geral, o autor realiza uma abordagem didática da teoria atômica e, dada a relevância do conteúdo, propõe sua implementação em sala de aula. Destaca, inclusive, que os livros didáticos ainda não conseguem incluir dados relevantes da história da ciência relacionados ao conteúdo do modelo atômico.

Na dissertação *Uma sequência de atividades didáticas para o ensino dos modelos atômicos ao modelo padrão de partículas sob a perspectiva da sala de aula invertida*, Portela (2022) desenvolve uma proposta de ensino dos modelos atômicos a teoria do modelo padrão de partículas. Para desenvolver a sequência didática, o autor apoia-se nas teorias da aprendizagem significativa de Ausubel, da Carga Cognitiva de John Sweller e do ensino em espiral de Jerome Bruner. O plano de ensino estruturado em conteúdos e atividades foi implementado em uma turma do terceiro ano do ensino médio, utilizando a metodologia da sala de aula invertida com o auxílio das tecnologias da informação. O autor faz um relato detalhado da implementação da sequência didática e, por fim, conclui que a proposta de ensino oportunizou resultados promissores sobre a aprendizagem, levando em consideração os resultados obtidos no pré-teste e no pós-teste.

Na dissertação *Abordagem de Conceitos de Física Moderna nos Anos Finais do Ensino Fundamental com o uso de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa*, Batista (2022) estrutura uma proposta didática sobre a Física Moderna e Contemporânea para o nono ano do Ensino Fundamental – Anos Finais, seguindo as orientações de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), tendo como suporte teórico a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e a Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica de Moreira. O autor faz uma breve análise dessas teorias, bem como detalha a Física Moderna e Contemporânea,

apontando conceitos e formalismo matemático (equações diferenciais). Apresenta, também, em seu estudo, dados obtidos por meio da utilização de mapas mentais, além dos resultados das questões dissertativas e de múltipla escolha. Por fim, conclui que as atividades propostas tornaram as aulas dinâmicas e interativas, promovendo a unidade de ensino como potencialmente significativa.

Na tese *História e filosofia da ciência em formação de professores de biologia: educação reflexiva e replicação de experimentos históricos* Silva (2019) analisa a integração entre a HFC no ensino de ciências, em particular na formação de professores de Biologia, e afirma ser crucial este conhecimento para o desenvolvimento de competências científicas e didáticas, promovendo uma visão crítica e social da ciência. Uma pesquisa, através de entrevistas, investigou a hipótese de que a disciplina de HFC na graduação capacitaria futuros professores com uma visão crítica da ciência. Os resultados indicaram que a formação continuada desempenha um papel mais significativo na aplicação de temas da HFC em sala de aula, e que a replicação de experimentos históricos inviabiliza o processo de ensino-aprendizagem, conectando aspectos teóricos e práticos do conhecimento científico.

Na dissertação *Concepções de ciência e educação: contribuições da história da ciência para a formação de professores* Marko (2018) analisa a integração da História, Filosofia e Sociologia das Ciências (HFSC) no ensino de Ciências, destacando seu crescimento nas licenciaturas, mas iniciando na formação pedagógica. Em estudo realizado com alunos de Pedagogia e outras licenciaturas na Faculdade de Educação da USP, demonstrou que a disciplina de História da Ciência promoveu a construção de concepções mais complexas e dinâmicas sobre a ciência. Os estudantes reconheceram o caráter histórico do conhecimento, a intrínseca relação entre ciência e sociedade (permeada por controvérsias e negociações), e a ciência como cultura, superando visões dogmáticas. Esta abordagem histórica da ciência favoreceu relações com o ensino de conteúdos científicos, capacitando os futuros educadores a se tornarem sujeitos críticos e aprimorarem suas práticas docentes.

Na dissertação *Uma Análise das Propostas Didáticas para o Ensino de Física Orientadas por Abordagens Histórica-Filosóficas* Silva (2014) analisa a crescente atenção à HFC no ensino de Física e reflete seu potencial para tornar as aulas mais desafiadoras, formar professores críticos e facilitar a compreensão de conceitos - contudo, o autor afirma que a integração efetiva da HFC ainda apresenta desafios. A pesquisa desenvolvida analisa as estratégias de transposição didática em teses e dissertações brasileiras que elaboram propostas didáticas de Física, focadas na Gravitação Universal de Newton, com o objetivo de aprimorar as visões dos estudantes sobre a Natureza da Ciência (NdC). Os resultados indicam que os

textos com abordagens históricas, presentes nas propostas didáticas, são eficazes em evidenciar as concepções de NdC selecionadas pelos autores.

Na dissertação *Sequência Didática Inclusiva: Modelos Atômicos no Ensino Médio* Miranda (2023) analisa a aplicação de atividades inclusivas no ensino médio, usando uma sequência didática sobre modelos atômicos para promover a cooperação entre alunos, introduzindo uma abordagem tanto conceitual como histórica sobre a constituição do átomo. A proposta, construída com os estudantes, utilizou aulas dialógicas e materiais diversos para engajar a todos, incluindo alunos com TEA, e estimular o respeito às diferenças. Os resultados mostram que a abordagem colaborativa, com debates e trabalhos em grupo (como "saraus literário"), melhorou a aprendizagem e a reflexão sobre inclusão. O estudo conclui que o envolvimento da comunidade escolar e da família é fundamental para complementar a formação dos alunos.

3.3 Revisão de Produtos Educacionais

Para realizar tal busca no banco de dados da CAPES, foram utilizados os seguintes descritores:

- “Física” AND “Moderna” AND “Contemporânea”;
- Mestrado Profissional;
- Com um recorte temporal de 2020 a 2025.

Assim, obtivemos 52 (cinquenta e dois) títulos com temas relevantes para uma análise mais detalhada. A partir dessa busca, realizou-se a leitura dos títulos e resumos e, quando o tema foi considerado pertinente, efetuou-se a leitura dinâmica do produto educacional. Ao identificar semelhanças com a presente pesquisa, analisaram-se quatro produtos educacionais, conforme descrito no Quadro 2:

Quadro 2 - Relação dos Produtos Educacionais revisados

Título	Autor	Produção	Instituição/ Estado	Ano
A Física de partículas elementares aos olhos da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel no ensino médio	Ítalo Marcos de Lima	Dissertação	UNIVASF/BA	2020
O ensino das partículas elementares a partir de uma sequência didática	Orlando Leite de Moura Júnior	Dissertação	UFSCar/SP	2020

Título	Autor	Produção	Instituição/ Estado	Ano
Uma sequência de ensino investigativa sobre radioatividade, energia nuclear e suas aplicações	Clotildes de Souza Miranda Simões	Dissertação	IFF/RJ	2020
Contradições sobre o uso e desuso da energia nuclear com enfoque CTS	Angela Pereira Cerqueira	Dissertação	UFF/RJ	2020
Ensino da Física Moderna e Contemporânea com o uso do Simulador PHET para o Ensino Fundamental	Paulo Sergio Pereira da Silva	Dissertação	UFPA	2023

Fonte: Pesquisa (2025).

Na dissertação *A Física de partículas elementares aos olhos da Teoria de Aprendizagem Significativa de Ausubel no ensino médio*, o autor relata a aplicação do produto educacional em duas turmas do 3º ano do ensino médio, desenvolvido e implementado segundo os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Em um primeiro momento, realiza-se um resgate histórico, que vai do Geocentrismo e Heliocentrismo até o Big Bang. Em seguida, é feita uma análise das partículas que constituem a matéria e das partículas elementares. Por fim, apresenta-se uma análise dos aceleradores de partículas, desde os mais rudimentares até o LHC, e as descobertas proporcionadas por eles. O autor destaca a necessidade de o docente disponibilizar atividades em grupo para a socialização dos conhecimentos, seja por meio dessas atividades ou da reprodução de vídeos para complementar as informações, visando estimular os alunos a realizarem pesquisas além da sala de aula.

Na dissertação *O ensino das partículas elementares a partir de uma sequência didática*, o autor relata a aplicação de uma sequência didática desenvolvido em turmas da 3 série do ensino médio, desenvolvido e implementado segundo os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. O autor desenvolve a sequência didática em nove encontro e os descreve detalhadamente, citando cada atividade desenvolvida nas unidades didáticas (aula de 60 minutos), apresenta o roteiro dos alunos e sugestões para outros docentes implementarem. O roteiro didático é composto de atividades em grupo para socializar os conhecimentos e questões de avaliação, as quais serão ilustradas por meio da exibição de vídeos pelo professor.

Na dissertação *Uma sequência de ensino investigativa sobre radioatividade, energia nuclear e suas aplicações*, O autor implementa uma sequência didática (apostila) para o ensino de Física Moderna e Contemporânea, com foco na energia nuclear e suas aplicações, direcionada ao 2º ano do ensino médio, fundamentada nos princípios do ensino por investigação. Inicialmente, o produto educacional aborda a energia nuclear e se desenvolve por meio de uma pesquisa de campo com entrevistas, proporcionando a socialização dos resultados.

Em um segundo momento, apresenta-se a teoria nuclear no contexto de Ciência, Tecnologia e Sociedade, seguida da socialização do conhecimento por meio de atividades em grupo.

Na dissertação *Contradições sobre o uso e desuso da energia nuclear com enfoque CTS*, o autor desenvolve uma sequência didática para o ensino de Física Moderna e Contemporânea, com ênfase no conteúdo relacionado a Física Nuclear e as radiações, implementado no 2º ano do ensino médio. O material foi elaborado sob os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e das Tecnologias da Informação e Comunicação. O produto educacional é composto por dois roteiros: um para professores e outro para alunos, contendo orientações sobre o desenvolvimento de experimentos, o uso de material lúdico, ferramentas tecnológicas e a realização de debates simulados.

Na dissertação *Ensino da Física Moderna e Contemporânea com o uso do Simulador PHET para o Ensino Fundamental* Silva (2023) investiga se é possível ensinar Física Moderna para alunos de uma escola rural no Pará e despertar seu interesse pelo assunto usando tecnologia. O autor criou uma sequência de aulas baseada na teoria da Aprendizagem Significativa, utilizando um simulador virtual (PhET) para ensinar o tema a uma turma do 9º ano de uma escola quilombola. Cujo objetivo era verificar se os alunos realmente aprenderam e deram novos significados ao conteúdo, em vez de apenas decorar. A pesquisa também buscou mostrar a importância da Física no dia a dia e como a falta de preparo de alguns professores pode prejudicar o ensino dessa matéria.

3.4 Análise do Corpus

Este estudo analisa diversas dissertações e teses que abordam o ensino de conceitos de Física e Química, com foco em modelos atômicos e radioatividade e vinculados ao ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio e fundamental. Contudo, não foi identificando estudos especificamente voltados a cursos de licenciatura em Ciências Biológicas. As pesquisas destacam a importância de abordagens didáticas inovadoras, como a Teoria da Aprendizagem Significativa, metodologias ativas, uso de tecnologias da informação e comunicação (TICs), e a inserção da história da ciência. Os trabalhos demonstram a viabilidade e eficácia dessas estratégias para promover a aprendizagem significativa da FMC, o engajamento dos alunos e uma compreensão mais complexa da ciência, mesmo em tópicos considerados complexos e abstratos. Além disso, algumas teses analisam a presença e a

qualidade desses temas em livros didáticos do ensino médio, apontando a necessidade de atualização e inclusão de aspectos históricos relevantes.

A HC no ensino de ciências é fundamental para desenvolver uma concepção crítica ao abordar a história e a ciência na sociedade, em particular na formação de professores. Sua inclusão na graduação ajuda futuros educadores a entenderem o caráter histórico do conhecimento científico, suas relações sociais e a cultura científica, superando visões dogmáticas. Apesar de desafios, a HC potencializa a compreensão dos conceitos e a concepção da NdC, tornando as aulas mais desafiadoras e promovendo a formação de professores críticos.

4 PRODUTO EDUCACIONAL E SUA APLICAÇÃO

O presente capítulo aborda o produto educacional desenvolvido para este estudo, apresentando sua origem e a descrição do contexto para o qual foi elaborado, os aportes teóricos que subsidiam sua estruturação didática, sua aplicação na forma de um estudo denominado “ensaio”, a descrição do produto na forma como foi implementado e, por fim, a aplicação junto à turma-alvo da pesquisa.

4.1 Origem, concepção e desenvolvimento do PE

Frente à problemática apresentada na introdução desta tese e vinculada às dificuldades no ensino de Física Moderna e Contemporânea, tornou-se aos olhos do pesquisador um grande desafio organizar didaticamente um novo modo de discutir os fenômenos. Isso vem acompanhando a trajetória profissional do pesquisador e, a cada nova edição das disciplinas de Física, algo é repensado e incorporado como alternativa para qualificar o ensino e aproximar os estudantes do curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da Física.

Nessa busca, o uso da história da ciência tem se mostrado uma alternativa didática e, ao mesmo tempo, objeto investigativo desta pesquisa doutoral. Para isso, e tomando como referência a TAS e a TASC, buscamos estruturar um material que, em concomitância, oportunizasse o contato dos estudantes com os fenômenos físicos, a fim de produzir e garantir uma aprendizagem significativa e crítica, como preconizado por Moreira (2011).

A referência do produto educacional aqui apresentado é o material elaborado na forma de texto de apoio aos alunos que tem sido utilizado pelo pesquisador nas aulas de Física e, a partir dele, sua (re)estruturação para atender às especificidades de um PE, segundo a Área de Ensino da Capes. Os documentos da Área de Ensino enfatizam que uma Produção Técnica Tecnológica é “entendida como produtos e processos educacionais que possam ser utilizados por professores e outros profissionais envolvidos com o ensino em espaços formais e não formais” (Brasil, 2022, p. 10). Segundo o documento da Área de Ensino (Brasil, 2019), os mestrados e doutorados profissionais devem se ocupar do desenvolvimento de produtos educacionais que possam ser utilizados por outros professores, procedendo-se as devidas adaptações que o novo contexto exige.

O anunciado já havia sido assinalado por Moreira e Nardi (2009), ao especificarem que um programa profissional se difere de um acadêmico, entre outros aspectos, por envolver a elaboração de um produto educacional voltado à melhoria do ensino em uma área específica.

Os autores complementam, mencionando que, no mestrado, e podemos acrescentar, também, nos doutorados profissionais, os produtos correspondem a uma: “Nova estratégia de ensino, uma nova metodologia de ensino para determinados conteúdos, um aplicativo, um ambiente virtual, um texto” e que necessariamente foi implementado ‘em condições reais de sala de aula ou de espaços não formais ou informais de ensino’” (Moreira; Nardi, 2009, p. 4).

Tomando por referência tais entendimentos e frente ao desejo de apresentar um material direcionado a promover uma aprendizagem significativa e crítica, o produto educacional desenvolvido para o estudo buscou, como referencial teórico, a aplicação de TAS e TASC na forma como anunciada no segundo capítulo, tendo como destaque os aspectos apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Aspectos da TAS e TASC evidenciados no PE

Referencial teórico	Aspecto presente na elaboração do PE
TAS	Resgate dos conhecimentos prévios
TAS	Identificação dos subsunçores
TAS	Organizadores prévios
TAS	Material potencialmente significativo
TASC	Princípio do conhecimento prévio
TASC	Princípio da não centralidade do livro texto
TASC	Princípio da aprendizagem pelo erro
TASC	Princípio da incerteza do conhecimento
TASC	Princípio do abandono da narrativa

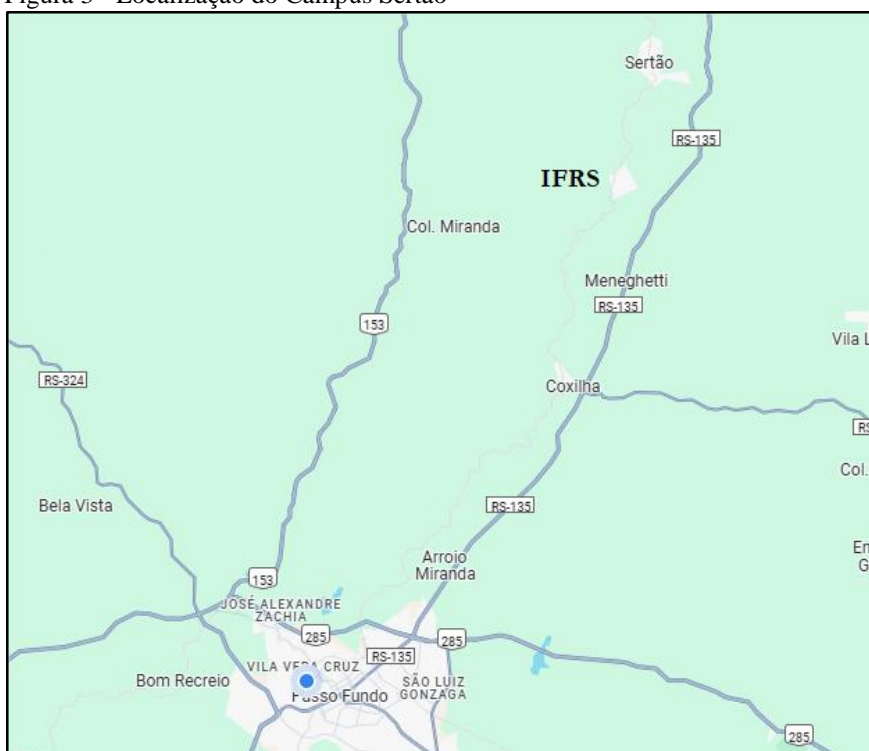
Fonte: Pesquisa (2024).

No quadro identificamos que o PE foi estruturado a partir de aspectos desenvolvidos pelas duas teorias e que atuaram como elementos estruturantes da proposta didática elaborada. Diante disso, essa proposta apoiada na história da ciência utiliza diferentes recursos estratégicos como forma de diversificar as atividades, como será relatado na seção do PE.

4.2 Local da aplicação do PE

O PE desenvolvido para este estudo foi implementado, em suas diferentes etapas, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS), Campus Sertão. O IFRS está localizado no Distrito de Engenheiro Luiz Englert, município de Sertão, a 25 quilômetros de Passo Fundo (Figura 3), na região Norte do Estado do Rio Grande do Sul, e integra a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica.

Figura 3 - Localização do Campus Sertão



Fonte: Google Maps (2024).

O campus³, localizado em uma área de 237 hectares, conta com laboratórios de ensino, pesquisa e produção nas áreas de: Agricultura (culturas anuais, fruticultura, silvicultura, olericultura e hidroponia), Zootecnia (avicultura de postura e de corte, cunicultura, apicultura, piscicultura, suinocultura, ovinocultura, bovinocultura de leite e de corte e equinocultura/equoterapia), Jardinagem, Agroindústria (abatedouro e processamento de carnes, leites e vegetais), Unidade de Beneficiamento de Sementes e Fabricação de Rações (recebimento, classificação, secagem, armazenamento de grãos e processamento em rações) e Mecanização Agrícola, constituindo um laboratório para prática profissional, atividades pedagógicas e produção de matéria-prima para o processo agroindustrial.

O IFRS tem como missão ofertar educação profissional, científica e tecnológica, inclusiva, pública, gratuita e de qualidade, promovendo a formação integral de cidadãos para enfrentar e superar desigualdades sociais, econômicas, culturais e ambientais, garantindo a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão e em consonância com potencialidades e vocações territoriais.

Atualmente, o IFRS – Campus Sertão possui, em seu quadro de discentes, 1.064 alunos matriculados nos diversos cursos oferecidos pela instituição. Desses alunos, 270 residem em

³ Informações obtidas do site do IF Campus Sertão. Disponível em <https://ifrs.edu.br/sertao/institucional/>. Acesso em 6 de março de 2025.

alojamentos fornecidos pelo campus, estudando em regime integral. Dentre os cursos que integram o IFRS – Campus Sertão, destaca-se o de Ciências Biológicas – Licenciatura, selecionado como objeto deste estudo. Mais especificamente, foi escolhida a disciplina de Física II, que integra a matriz curricular do curso. A Figura 4 apresenta a fachada principal do IFRS, onde está localizado o Laboratório de Física, local em que foram realizadas as atividades de aplicação do produto educacional.

Figura 4 - IFRS Campus Sertão, prédio central



Fonte: <https://ifrs.edu.br/sertao/wp-content/uploads/sites/7/2019/04/Diapositivo1-1.jpg>.

O curso de Ciências Biológicas – Licenciatura funciona em modo presencial, com aulas no turno da manhã, e apresenta uma estrutura curricular composta por oito níveis, distribuídos ao longo de quatro anos. O curso possui conceito 5 no MEC e carga horária total de 3.240 horas e foi criado em 2015 - Resolução CONSUP/IFRS nº 079, de 22 de setembro de 2015, com a primeira turma ingressando em fevereiro de 2016. No Projeto Pedagógico do Curso, é fixado como objetivo geral “Formar educadores éticos e críticos, habilitados a lecionar os componentes curriculares de Ciências e Biologia na Educação Básica, trabalhando os conteúdos de forma contextualizada à realidade na qual estão inseridos e comprometidos com a construção de valores e atitudes que visem à sustentabilidade ambiental” (PPC, 2017, 16).

O curso almeja formar professores para atuar como docente no Ensino Básico, especificamente no Ensino Fundamental – Anos Finais e Ensino Médio, desempenhando as seguintes funções: docência em ensino de Ciências; docência em ensino de Biologia. Ele propõe como missão educativa “formar profissionais habilitados para enfrentar os desafios da educação

contemporânea, comprometidos com da geração de conhecimentos científicos e tecnológicos e sua aplicação eficaz na sociedade e no mundo do trabalho”.

A disciplina de Física I tem como objetivo “fornecer conhecimento e compreensão das propriedades básicas da mecânica newtoniana e suas aplicações, tornando o futuro docente de ciências apto a lecionar tais conteúdos físicos nos anos finais do ensino fundamental” (PPC, 2017, 45). Por outro lado, a disciplina de Física II tem como objetivo “fornecer conhecimento e compreensão das propriedades dos sistemas físicos e suas aplicações, levando a compreensão da importância da Física no desenvolvimento das ciências e das tecnologias, bem como identificar os princípios básicos da física relacionados aos seres vivos” (PPC, 2017, 55). A ementa da disciplina contempla: Energia: energia e o corpo humano, fontes convencionais e não-convencionais de energia; Fenômenos Elétricos na Biologia: campo elétrico, potencial elétrico, corrente elétrica e condutância, capacitores; Fenômenos Ópticos na Biologia: princípios da óptica física e geométrica; física da visão; Física das Radiações: conceitos básicos sobre radiação, aplicação, proteção, desintegração nuclear, raios-X, efeitos biológicos da radiação.

A partir da identificação do local onde o estudo foi desenvolvido, passamos a descrevê-lo, iniciando pela aplicação do primeiro estudo, considerado como ensaio. Em seguida, apresentamos o segundo estudo, diretamente relacionado ao produto educacional vinculado à presente tese.

4.3 Estudo inicial na forma de ensaio

O ensaio do PE foi implementado no segundo semestre de 2023, com seis alunos. Assim, como os demais cursos de licenciaturas do Brasil, o Campus Sertão sofre com a evasão, principalmente por estar localizado na zona rural. O difícil acesso, a distância dos centros urbanos e a falta de incentivo para a formação de professores são alguns dos motivos que ocasionam a evasão acadêmica. “Os seis alunos participaram integralmente do desenvolvimento do PE, o que possibilitou sua implementação e a realização da avaliação final, o pós-teste.

O ensaio referente à aplicação do PE tomou como referência o texto já elaborado pelo pesquisador e que estava sendo utilizado como material de apoio aos alunos no conteúdo de Física Moderna e Contemporânea vinculado à disciplina de Física II no curso de Licenciatura em Ciências Biológicas, como descrito no item 4.1. Esse material foi ajustado para contemplar a proposta didática associada ao uso da história da ciência em sintonia com a TASC, alinhando-

se aos estudos de Lima e Rosa (2022). O primeiro ensaio a partir dessa nova organização didática é o objeto que passamos a descrever e foi aplicado em 2023.

Neste ensaio, a prioridade foi verificar a adequação do texto de apoio como material para os estudantes. Além disso, avaliou-se a viabilidade de algumas atividades didáticas, como leituras compartilhadas, vídeos, debates entre os participantes e o uso de simuladores. O ensaio compreendeu um total de oito aulas (20 horas/aula), sendo que cada uma teve duração de duas horas/aula, com exceção de duas aulas de quatro horas/aula. As atividades foram desenvolvidas na disciplina de Física II, no segundo semestre de 2023, junto ao curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFRS. A seguir, relatamos os encontros, destacando as atividades realizadas em cada um.

O primeiro encontro foi destinado a identificar os conhecimentos prévios dos estudantes por meio da elaboração individual e sem consulta de um texto dissertativo sobre o átomo. Com essa atividade, foi possível perceber que os alunos possuíam algum conhecimento sobre a evolução histórica da teoria atômica, embora bastante limitado. Quase todos afirmaram que o átomo é uma das menores partículas da matéria e que é composto por prótons, nêutrons e elétrons, sem fazer menção às partículas subatômicas. Apenas um aluno (A5) mencionou que os elétrons formam uma nuvem com carga negativa ao redor do núcleo. Outra observação em relação a esse momento, foi que os estudantes ao citarem os modelos atômicos fazem certa confusão ao determinar a evolução do modelo e o respectivo cientista pesquisador, demonstrando não terem um conhecimento aprofundado sobre as evoluções que ocorreram ao longo da história durante a atividade, em nenhum momento os participantes argumentaram sobre a evolução das teorias científicas ou sobre a existência de uma corrente teórica antiatomística. Além disso, ao dissertar sobre o átomo, os alunos não mencionaram a Física Nuclear nem sua contextualização na sociedade, demonstrando estarem alheios a esse contexto. Na sequência foi apresentado o vídeo sobre o acidente nuclear de Fukushima⁴.

O vídeo faz uma narrativa do terremoto, do Tsunami e do desastre nuclear que ocorreu em Fukushima. Quando questionados sobre o tema que o vídeo, o qual abordou temáticas como “meia vida do átomo”, “quais os tipos de radiação que existe”, “qual a meia vida do cério radioativo”, os alunos demonstraram desconhecer o tema. Ainda, quando questionados sobre a utilização ou não da energia nuclear, relataram não ter conhecimento para desenvolver uma opinião.

⁴ Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um triplo desastre, BBC NEWS. Disponível em: <https://youtu.be/rmL881wVgk8?si=5Q2nHDxXBuf6EaXb>. Acesso em: 28 jul. 2023.

Neste encontro, foram distribuídos os textos de apoio que serão apresentados mais adiante na tese. Na oportunidade, foi esclarecido que alguns dos materiais estavam disponíveis na internet. Já outros foram extraídos de livros e artigos. Ao decorrer da interação, foi explicado aos alunos que a Física Moderna e Contemporânea seria desenvolvida a partir de uma abordagem histórica, o que provocou certa curiosidade entre os discentes. Para o início das atividades, destacou-se que o átomo de Dalton não era uma simples bola de bilhar, mas sim uma esfera revestida de calórico. Os alunos novamente demonstraram, pela expressão facial, surpresa diante o enunciado. Na sequência, foi explicada a relação do “calórico” com a união dos átomos e a formação das moléculas.

No segundo encontro, iniciamos com a leitura do material de apoio, verificando a existência de cientistas desconhecidos (Eugen Goldstein; Paul Villard; Jean Perrin; Philipp Lenard). Sobre isso, foi perceptível a surpresa e certa confusão dos alunos, especialmente quando destacamos a construção coletiva da ciência e o fato de que, muitas vezes, conhecemos apenas um dos cientistas. Ao assistirem aos vídeos propostos no material, os alunos mencionaram ter compreendido um pouco melhor o conteúdo descrito no texto, que lhes foi previamente entregue. Embora tenhamos buscado dinamizar a fala, percebemos que a leitura do texto tornou a aula monótona e cansativa, apesar dos momentos de diálogo e participação dos estudantes.

No terceiro encontro, utilizamos um simulador digital para discutir sobre o Efeito Fotoelétrico proporcionando mais interação dos alunos e a identificação por parte deles de que quanto mais intensidade luminosa maior a emissão de elétrons. Além disso, perceberam que a frequência possibilita a emissão de elétrons, pois existe um “ponto de corte” que deixa de passar elétrons. Por fim, os estudantes, ao exporem suas opiniões sobre o lecionado, concluíram que a frequência possibilita a existência de elétrons com mais energia.

No quarto encontro, excepcionalmente com duração de 4 horas aula, foi projetado o vídeo do Dr. Quantum e a dualidade onda partícula do elétron⁵. Em seguida, foi comentada e questionada a função do “observador” citado no vídeo. Após isso, foi finalizada a leitura dos modelos atômicos segundo Broglie e Schroedinger. De mais a mais, foram abordados os números quânticos e um possível análogo na Física clássica. Também foi analisada a figura do experimento que comprovou a existência do nêutron, assim como a figura do experimento que revelou a origem do spin do elétron.

⁵ Disponível em: <https://youtu.be/UtPf0XYQzFI?si=SIEbQKU8vk562D2n>. Acesso em: 28 jul. 2023.

Na sequência, foi elaborado um debate entre um grupo de atomistas (alunos) e antiatomistas (professor). Os alunos fizeram registro das ideias para realizar o debate, que ocorreu de modo tímido por parte da maioria, salvo um deles, que fez bons apontamentos e argumentou com entusiasmo. No debate entre atomistas e antiatomistas, e na tentativa dos alunos de demonstrar a evidência da existência do átomo, foram citadas as observações de Robert Brown sobre o movimento randômico dos pólenes, a descoberta do elétron por Thomson por meio dos tubos de raios catódicos, o modelo atômico de Bohr com os níveis de energia e o salto quântico, sem, entretanto, fazer referência à espectroscopia e aos experimentos de Rutherford. Nesse debate, os alunos representaram o grupo dos atomistas, enquanto o professor representou o grupo dos antiatomistas.

No quinto encontro foi lido o texto que integra o material (Partículas Sub Atômicas) e assistido os vídeos indicados no material de apoio. No decorrer do encontro, não houve questionamento significativo por parte dos alunos, o que, pela análise, ocorreu devido à complexidade do tema.

No sexto encontro, também com excepcionalidade de duração de 4 horas/aula, foi projetado o vídeo “A Crise do Lixo Nuclear” do youtuber Pedro Loss⁶. A seguir, foram discutidas as vantagens e desvantagens da utilização da energia nuclear, dando continuidade à leitura do material sobre Física Nuclear. Ao término, os alunos dissertaram sobre o tema átomo, com consulta ao material.

Ao dissertar sobre o tema “átomo”, os alunos de modo geral não desenvolveram um senso crítico sobre a evolução da teoria atômica. A exceção foi um aluno que citou a “guerra” entre atomistas e não atomistas, demonstrando que o conhecimento não pode ser dogmático. Os demais limitaram-se a relatar a evolução das teorias atômicas, de Dalton a Sommerfeld e tentaram descrever a radiação nuclear e o decaimento radioativo, porém cometeram erros e confusão. Apesar dos vídeos apresentados sobre a utilização da energia nuclear, os alunos não fizeram menção em seus relatos.

No sétimo encontro foram retomados os tópicos principais como os modelos atômicos desenvolvidos na história, isto é, uma retomada da teoria das partículas subatômicas e da Física Nuclear. Foi apresentado e comentado o vídeo “Física Nuclear – Introdução”⁷. Além disso, foi indagado aos alunos sobre armamento e usinas nucleares, sendo também oportunizado que comentassem a respeito do tema “Física Nuclear”, com o intuito de despertar o senso crítico.

⁶ Disponível em: <https://youtu.be/YvwmzdoJPAG?si=RMGCl33jKeN5u4F1>. Acesso em: 28 jul. 2023.

⁷ Disponível em: <https://youtu.be/YqASYnn8Y6I?feature=shared>. Acesso em: 28 jul. 2023.

na estrutura cognitiva dos alunos, especialmente sobre as partículas subatômicas. Nota-se, também, que faltou uma investigação mais aprofundada sobre a evolução da história da ciência.

A partir do que foi identificado neste estudo na forma de ensaio, o material/texto de apoio foi reestruturado, e a sequência didática foi elaborada de modo a envolver recursos didáticos que possibilitassem a participação ativa dos estudantes, bem como o estabelecimento de diálogos e debates. Além das observações pertinentes ao ensaio, tivemos o exame de qualificação da tese, no qual a banca sugeriu que o material fosse organizado em três grandes temas, o que possibilitaria uma discussão mais intensa e voltada à criticidade, conforme preconizado pelo referencial teórico selecionado: a TASC. Esses temas centrais foram assim definidos: Modelos atômicos e a invisibilidade do cientista; Radioatividade e as mulheres na ciência; e Energia nuclear e o debate público da ciência.

Com essa nova organização didática, que caracteriza o PE a ser descrito nas próximas seções, organizamos a nova aplicação, agora na forma de estudo final. Esse novo estudo foi aplicado em 2024, envolvendo nove encontros (20 horas/aula), no mesmo curso e disciplina do estudo ensaio, porém com diferentes participantes, como será apresentado a seguir.

4.4 Participantes do estudo

O segundo estudo, denominado estudo final, foi realizado com a turma da disciplina Física II, no segundo semestre de 2024 (setembro a novembro). A amostra inicial contou com cinco estudantes devidamente matriculados, sendo três do sexo feminino e dois do sexo masculino. Dentre os participantes, dois se autodeclararam indígenas. Todos os alunos assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B), e a instituição concedeu autorização para a aplicação do Produto Educacional (Anexo A). Para preservar o anonimato dos participantes, estes foram identificados por meio da letra “A” seguida de um número sequencial (A1, A2, A3, A4 e A5), sendo todos classificados pelo gênero masculino para efeitos de análise.

O grupo de alunos que se desloca até o campus para assistir às aulas é majoritariamente composto por estudantes da região, cuja quantidade tem diminuído drasticamente nos últimos semestres. Além do número reduzido de participantes, observa-se que boa parte dos matriculados não frequenta regularmente a disciplina, caracterizando um elevado índice de evasão nas turmas.

Considerando essas informações e a problemática apresentada na introdução desta tese, projetamos o PE contemplando tópicos de FMC por meio de uma abordagem histórica,

fundamentada na TASC. A proposta buscou não apenas contemplar os conhecimentos específicos do conteúdo, mas também promover uma visão mais histórica e crítica da ciência, aspecto especialmente relevante para um curso de formação de professores. A seguir, descrevemos o Produto Educacional e, na sequência, sua aplicação.

4.5 Descrição do PE

Após a aplicação do ensaio e com as alterações indicadas pela banca, reestruturamos o PE, o que passamos a discutir nessa seção. Inicialmente, destaca-se que o material foi estruturado conforme a definição de “produto educacional” estabelecida pela Área de Ensino da CAPES. Nesse contexto, o PE enquadra-se na tipologia dos Produtos Técnico-Tecnológicos, especificamente como uma “sequência didática”, configurando-se como um material de apoio para professores, que contempla textos destinados à distribuição aos estudantes.

De acordo com a Área de Ensino, os PE são os Produtos Técnico-Tecnológicos mencionados pela CAPES e são entendidos como recursos estratégicos ou outros que estão disponíveis e que buscam qualificar o processo de ensino-aprendizagem (CAPES, 2019), como já especificado no item 4.1.

Tendo como fundamento o mencionado, apresentamos o PE elaborado e que foi aplicado na turma alvo da pesquisa como será relatado na próxima seção. O PE, constituído por um material de apoio a professores está dividido em partes, sendo a primeira uma apresentação sobre o texto e sobre a tese que o acompanha. A seguir, serão apresentados os referenciais teóricos que subsidiam a proposta, incluindo aspectos da TASC, HC e a organização didática proposta por Lima e Rosa (2022). Na sequência, apresenta-se a proposta de atividades estruturada em três tópicos: Modelos atômicos e a invisibilidade dos cientistas; Radioatividade e as mulheres na ciência; e Energia nuclear e o debate público da ciência. Ao final, são apresentados os autores do estudo e os referenciais bibliográficos utilizados. A Figura 5 ilustra a capa do PE, disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/1131587>.

Figura 6 - Capa do Produto Educacional



Fonte: Autor (2025).

O PE inicialmente elaborado e aplicado na forma de um estudo ensaio foi desenvolvido como um texto único onde os alunos tinham a disposição uma sequência linear dos textos, seguindo uma sequência de datas e fatos ocorridos na HC. Após a implementação do ensaio, essa estrutura foi alterada como já mencionado. A nova estrutura comporta três tópicos, como segue:

- Modelos atômicos e a invisibilidade dos cientistas, neste momento faz-se um estudo dos modelos atômicos clássicos e destaca-se a invisibilidade de alguns cientistas não citados na HC, como Nagaoka (saturniano), Lewis (modelo cubico) e o Sommerfeld (elíptico);
- Radioatividade e as mulheres na ciência, neste momento faz-se um estudo dos primeiros experimentos sobre luminescência (fluorescência e fosforescência), da radiação invisível de Becquerel, a participação de Rutherford e o casal Curie nas pesquisas sobre radioatividade;
- Energia nuclear e o debate público da ciência, neste momento faz-se um estudo sobre a energia nuclear (fissão, fusão, meia vida atômica e decaimento radioativo), sua utilização na produção de energia, nas armas e na radiação dos alimentos.

4.6 Aplicação do Produto Educacional

Para relatar os encontros, objeto desta seção, recorreremos ao diário de bordo, aos debates e falas dos alunos, aos vídeos gravados durante debates e aos materiais produzidos pelos alunos no decorrer dos encontros.

A aplicação do PE ocorreu em nove encontros, sendo que oito deles foram de duas horas/aula e um de quatro horas/aula, como descrito no Quadro 4. Para desenvolver o PE, utilizou-se, como aporte e fundamento, a sequência de atividades proposta no próprio produto, seguindo seu roteiro. Foi aplicado um questionário sobre a “natureza da ciência” e instituídos debates sobre o tema, bem como, ao final, solicitado que os alunos produzissem um texto relacionado à discussão. Os encontros abordaram os seguintes temas: Modelos atômicos e a invisibilidade do cientista; Radioatividade e as mulheres na Ciência; e Energia nuclear e o debate público da ciência.

Quadro 4 - Cronograma de aplicação da sequência didática

Tema	Aula	Nº de períodos	Data (2024)	Descrição
Atividade introdutória	1	4	30/09	Avaliar a compreensão sobre a produção do conhecimento em Ciência; Verificar a percepção sobre o debate público da ciência; Analisar a invisibilidade de alguns cientistas no desenvolvimento científico; Desenvolver a socialização do tema (debate) em sala de aula.
Modelos atômicos e a invisibilidade do cientista	2	2	07/10	Apresentar a temática em estudo e o material didático a ser utilizado. Identificar os conhecimentos prévios e os conceitos subsunçores. Apresentar um organizador prévio para o tema em discussão. Apresentar por meio de uma simulação, o experimento de Rutherford. Resgatar os modelos atômicos já estudados.
	3	2	14/10	Trazer ao debate que a ciência é uma construção coletiva e mostrar a invisibilidade de cientistas no momento em que a ciência é apresentada nos livros didáticos. Verificar quais modelos atômicos estão presentes nos livros didáticos; Analisar o Modelo Saturnino proposto por Nagaoka.
	4	2	21/10	Discutir o Modelo Saturnino; Proceder a leitura e discussão de um texto sobre o Modelo Saturnino; Refletir sobre a invisibilidade do cientista e a injustiça social.
Radioatividade e as mulheres na ciência	5	2	28/10	Discutir sobre a história do conhecimento da radioatividade; Analisar na história quais os principais cientistas envolvidos; Discutir sobre a fluorescência e a fosforescência; Analisar os diferentes fenômenos de radiação.
	6	2	04/11	Desenvolver estudo sobre Marie Curie e a radioatividade; Pesquisar sobre as mulheres na ciência; Desenvolver um debate sobre a participação das mulheres na pesquisa científica, nas diversas áreas do conhecimento.
Energia nuclear e o debate público da ciência	7	2	11/11	Analisar a tecnologia da bomba atômica e seu potencial de destruição; Identificar decaimento radioativo e formas de radiação; Identificar a meia vida de um átomo radioativo; Apresentar a fissão e a fusão nuclear.
	8	2	18/11	Realizar uma análise sobre a utilização da radiação nos alimentos; Reconhecer o Cobalto 60 entre as demais substâncias químicas radioativas; Identificar as vantagens da radiação nos alimentos; Debater sobre o desperdício de alimentos na sociedade.
Atividade de análise	9	2		Avaliar a compreensão sobre a produção do conhecimento em Ciência; Verificar a percepção sobre o debate público da ciência; Analisar a invisibilidade de alguns cientistas no desenvolvimento científico.

Fonte: Autor (2024).

A seguir, passamos a descrever cada um dos nove encontros, envolvendo neles dados produzidos pelos participantes durante as atividades. A análise mais detalhada das atividades, com vistas a responder à pergunta de pesquisa, é objeto do próximo capítulo, no qual nos ocupamos com a pesquisa desenvolvida.

4.6.1 Aula 1

A aplicação do PE iniciou-se no dia 30 de setembro de 2024 e, inicialmente, foi esclarecido aos alunos que nas próximas aulas seria desenvolvido o tema de FMC, a partir de uma abordagem da HC.

A primeira atividade da aula, com duração de 4 horas/aula, foi a aplicação do questionário sobre a natureza da ciência, com o intuito de verificar a compreensão dos estudantes sobre aspectos relacionados a produção do conhecimento na ciência e sua relação com a sociedade (Apêndice I e II). A resposta ao questionário é objeto de discussão da pesquisa e apresentado no próximo capítulo.

Após responderem individualmente o questionário, os cinco alunos manifestaram certa surpresa com as questões, o que pode estar relacionado a dificuldade que eles manifestaram em relação às perguntas.

Em seguida, foram exibidos os vídeos indicados no PE, entre eles “O que é ciência e por que confiar nela?”, apresentado pela doutora em Microbiologia, Natalia Pasternak. A Figura 6 apresenta uma imagem extraída desse vídeo.

Figura 7 - Vídeo “O que é ciência e porque confiar nela”



Fonte: https://youtu.be/1aQRJQRHQvg?si=iITU2k_8Kb18IB5s

Na sequência, foi apresentado o vídeo⁸ do físico e astrônomo brasileiro Marcelo Gleiser “Definição de ciência”. A Figura 7 ilustra uma imagem do vídeo.

⁸ Disponível em: <https://youtu.be/nQN5GJI69SE?si=aYVy8upgfAbZuKTt>. Acesso em 16 set. 2024.

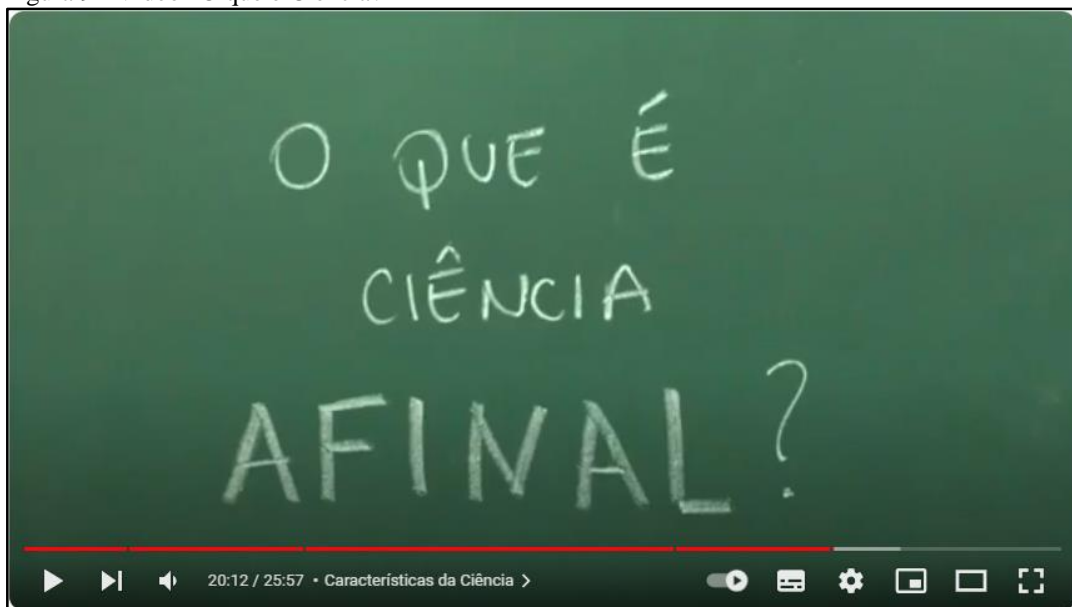
Figura 8 - Vídeo “Definição de ciência”



Fonte: <https://youtu.be/nQN5GJI69SE?si=aYVy8upgfAbZuKTt>

Por fim, o professor apresentou o vídeo⁹ “O que é Ciência?” da professora Dra. Luciana Massi (Doutora em Ensino de Química), mais especificamente a partir dos 7:00 min. até os 12:15min; dos 16:17min. até o término. A Figura 9 apresenta uma imagem do vídeo.

Figura 9 - Vídeo “O que é Ciência?”



Fonte: <https://youtu.be/ZYz0O8gFbyQ?si=MH2ILdxRn3QIJugV>

Após a apresentação, os alunos iniciaram um debate sobre o que é ciência e como ela é desenvolvida.

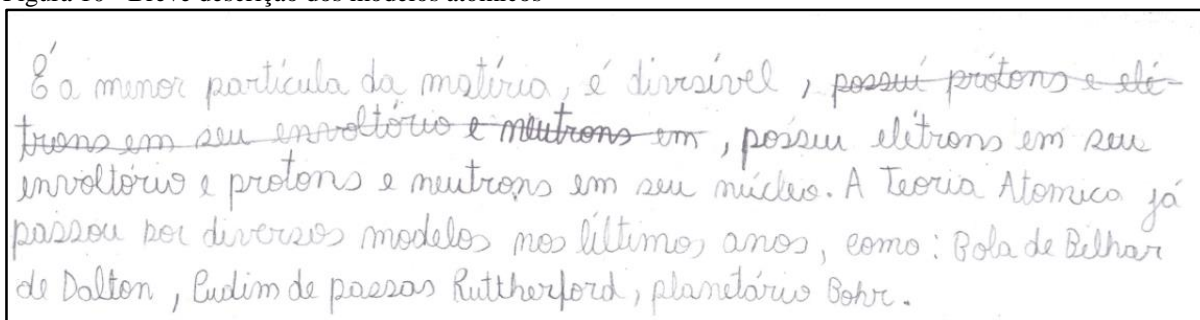
⁹ Disponível em: <https://youtu.be/ZYz0O8gFbyQ?si=MH2ILdxRn3QIJugV>. Acesso em 16 set. 2024.

4.6.2 Aula 2

Na segunda aula, foram iniciadas as atividades sobre “Modelos atômicos e a invisibilidade dos cientistas”. Os objetivos dessa etapa foram: apresentar a temática em estudo e o material didático a ser utilizado; identificar os conhecimentos prévios e os conceitos subsunçores; oferecer um organizador prévio para o tema em discussão; demonstrar, por meio de uma simulação, o experimento de Rutherford; e resgatar os modelos atômicos previamente estudados.

Esse encontro contou com a participação de apenas dois alunos (A1 e A3). Inicialmente, foi solicitado que descrevessem, em alguns parágrafos, a teoria atômica conforme seu entendimento. A Figura 9 apresenta o texto produzido por um dos participantes.

Figura 10 - Breve descrição dos modelos atômicos



Fonte: Aluno A1 (2024).

A figura demonstra que os conhecimentos prévios desse aluno estão associados aos modelos clássicos, o que leva a reforçar a necessidade de retomar essas teorias e discutir outras possibilidades. Nesse caso, o indicado é trabalhar com organizadores prévios como forma de estabelecer as pontes cognitivas entre o conhecimento já existente e os novos. Para essa finalidade, foi realizado um experimento.

Após esse resgate de conhecimentos iniciais, passamos a realizar um experimento que está descrito no artigo “O papel da imaginação no pensamento científico: análise da criação científica de estudantes em uma atividade didática sobre o espalhamento de Rutherford”, de autoria de Gurgel e Pietrocola (2011)¹⁰. Esse experimento trata de rolar uma esfera sob uma madeira e nesta madeira há obstáculos que desviam a trajetória da esfera. O aluno não tem conhecimento do formato do obstáculo que está sob a madeira e deverá descrever o que pode estar interceptando a esfera. Quando a esfera passa sob a madeira, algo que não é visível pelos

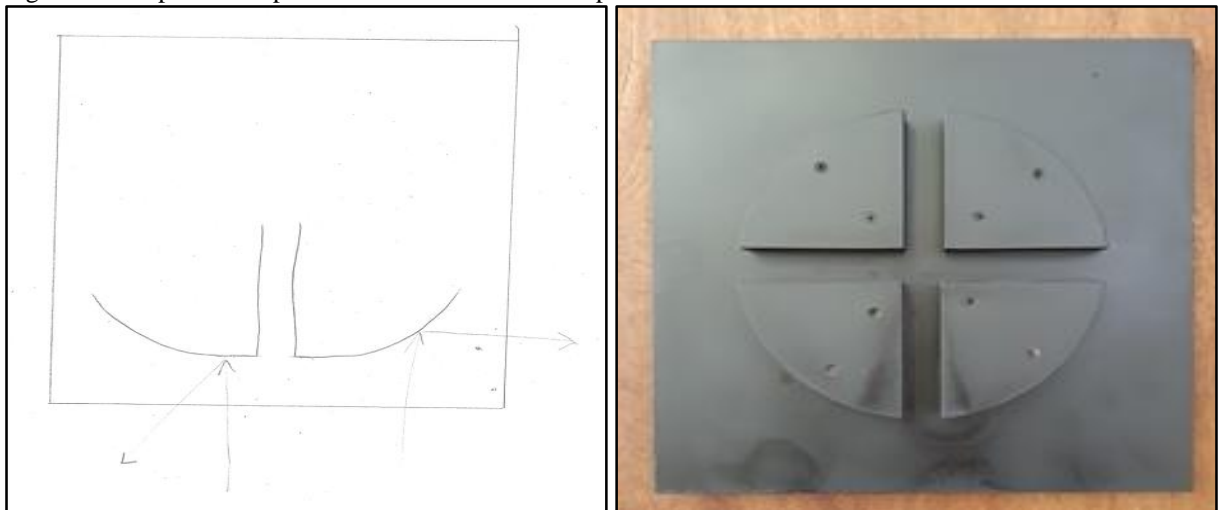
¹⁰ Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2011v28n1p91/18167>. Acesso em: 20 abr. 2024.

alunos, tem que ser descrito a partir da interpretação da trajetória da esfera antes e depois da intercepção – uma analogia ao que os cientistas vivenciaram ao estudar o átomo.

A realização da atividade contou com a participação e o entusiasmo de dois alunos que, de forma rápida, compreenderam o objetivo do experimento e como poderiam associá-lo ao que estava sendo discutido. A atividade exigiu que os alunos descrevessem o desconhecido a partir de sua criatividade e imaginação.

A Figura 10 apresenta o desenho realizado por A1 em comparação com a foto do experimento, considerando a sua compreensão do formato da figura que estava desconhecida para ela.

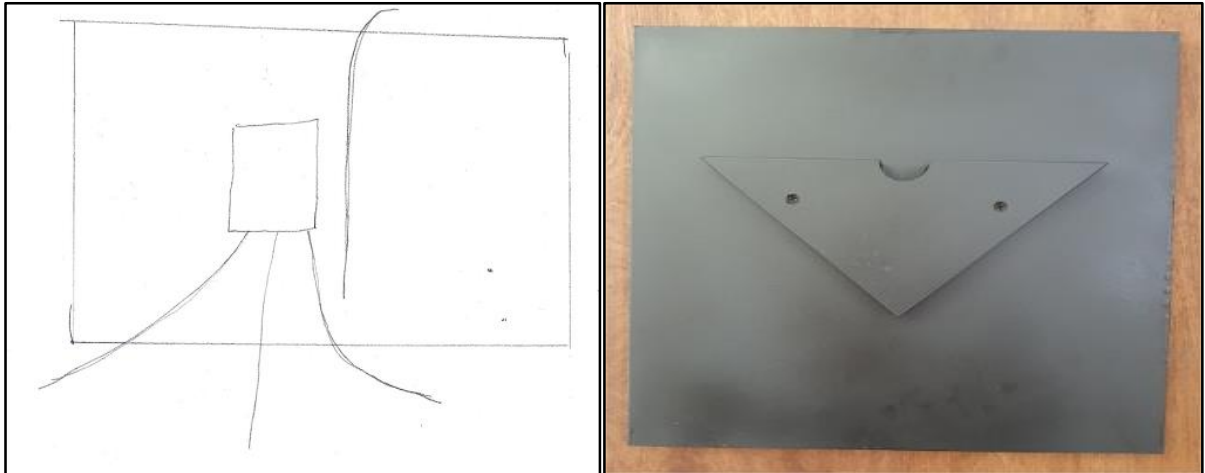
Figura 51 - Experimento prático sobre átomo realizado por A1



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

O aluno A3 descreveu o primeiro experimento de forma equivocada; entretanto, após uma conversa, ele realizou novamente a atividade e a executou corretamente. A Figura 11 apresenta o desenho feito por A3 ao lado da imagem do experimento

Figura 62 - Experimento prático sobre átomo realizado por A3



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

O experimento, como mencionado, foi instigante para os alunos, despertando curiosidade e engajamento com as discussões que estavam sendo realizadas.

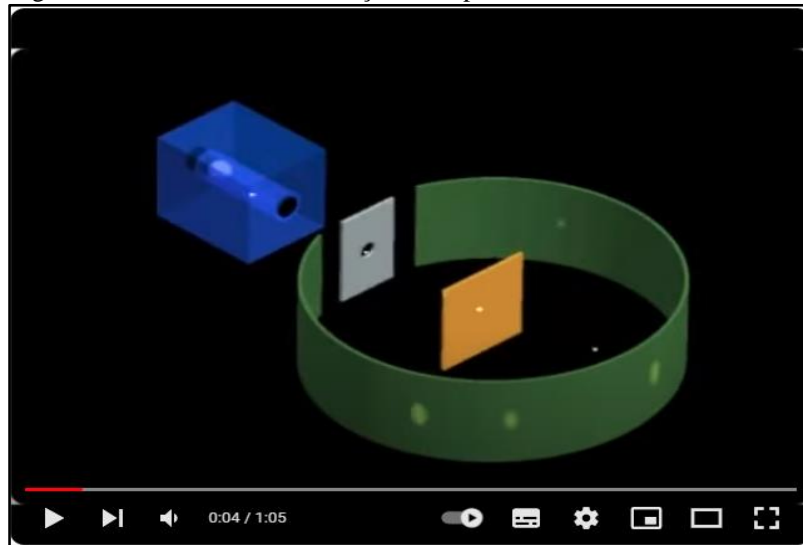
Ao decorrer do encontro, foram explicados os principais conceitos acerca dos fenômenos de fluorescência e da fosforescência, com ênfase aos aspectos históricos desses dois conceitos. Ademais, foram destacados os experimentos que deram origem às pesquisas que conduziram à descoberta da “radiação invisível”, posteriormente identificada por Marie Curie como radioatividade.

Nas palavras de Donoso (2024, 4):

Na fluorescência, a radiação emitida cessa imediatamente depois da excitação desaparecer. Na fosforescência, a emissão espontânea persiste durante intervalos de tempo longos (de seg. até horas). Isto sugere que a fluorescência é uma conversão da radiação absorvida em energia reemitida e que a fosforescência envolve o armazenamento de energia e uma emissão lenta.

Os alunos argumentaram que, em seu cotidiano, frequentemente se deparam com o fenômeno da fosforescência. Neste momento, foi explicada a origem das pesquisas com substâncias químicas que provocam esse fenômeno, tais como o urânio, além da participação de Becquerel, Rutherford e Marie Curie. Também foi apresentado o vídeo “Experimento de Rutherford” e explicado que o experimento foi inicialmente desenvolvido por Geiger e Marsden. Além disso, discutiu-se a relação do vídeo com a atividade experimental realizada em aula. A Figura 12 apresenta uma imagem do vídeo.

Figura 73 - Vídeo sobre a simulação do experimento de Rutherford

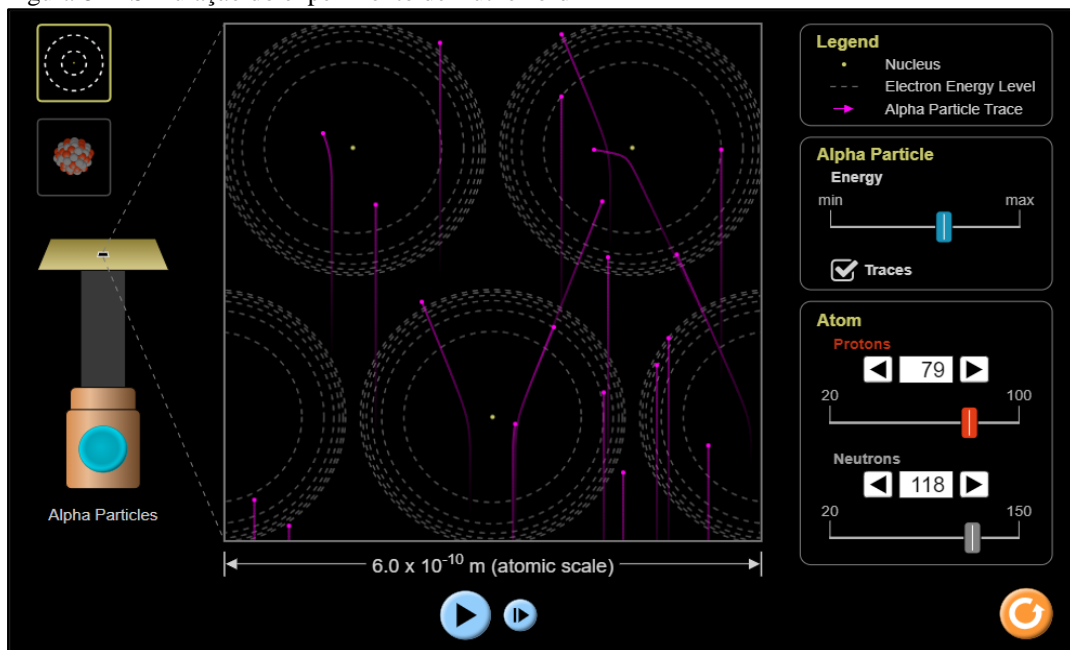


Fonte: https://youtu.be/AHXD9pgmkPQ?si=xdgmG7julKOA4_y

Na sequência, foi discutido o quanto é importante os cientistas estarem preparados para pensar sobre o desconhecido e ser criativo para resolver um problema e desenvolver uma teoria.

Para explorar o “Espalhamento de Rutherford” utilizamos o simulador do Phet Colorado¹¹, disponível gratuitamente e online. Nesse experimento, os estudantes analisaram a trajetória da radiação gama. A Figura 13 apresenta uma imagem do experimento de Rutherford e que está relacionada ao experimento de realizado no início da aula.

Figura 84 - Simulação do experimento de Rutherford



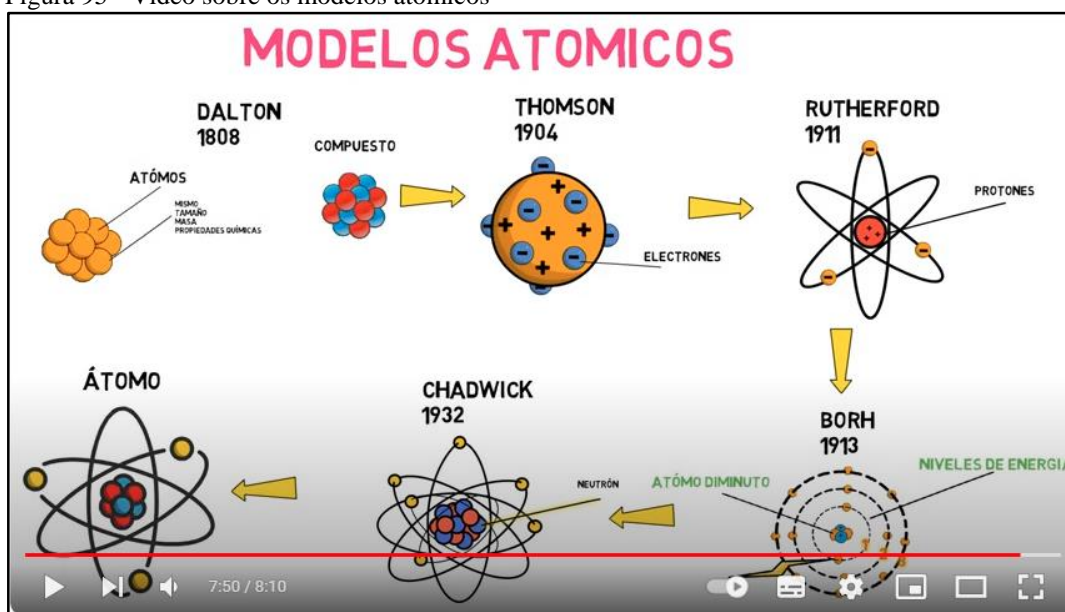
Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_all.html.

¹¹ Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/rutherford-scattering/latest/rutherford-scattering_all.html. Acesso em 19 dez. 2024.

Na simulação “Espalhamento de Rutherford”, foi possível visualizar as trajetórias possíveis da radiação gama ao ser projetada contra uma fina folha de metal. A visualização pelo simulador possibilitou os estudantes interpretar o desconhecido mundo atômico que não é visível aos olhos.

Para finalizar a aula e como forma de avaliar o realizado, apresenta-se o vídeo sobre os “Modelos atômicos (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr y Chadwick)”¹², instigando os estudantes e refletirem sobre esses modelos que será o objeto de discussão do próximo encontro. A Figura 14 ilustra uma tela do vídeo.

Figura 95 - Vídeo sobre os modelos atômicos



Fonte: <https://youtu.be/8lX8FjjLKhc?si=4SSd8CxjkYf-9dWn>.

4.6.3 Aula 3

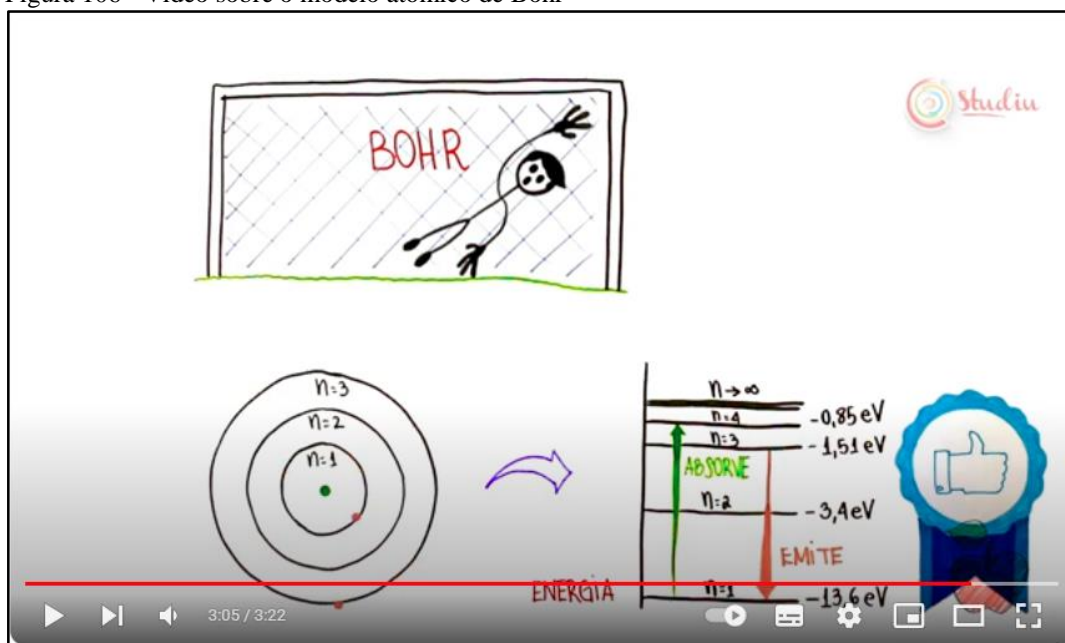
O encontro deu continuidade as atividades sobre os modelos atômicos, destacando o Modelo do Átomo de Bohr e o Modelo Saturnino proposto por Nagaoka. O objetivo estava em trazer ao debate que a ciência é uma construção coletiva e mostrar a invisibilidade de cientistas, no momento em que a ciência é apresentada nos livros didáticos; verificar quais modelos atômicos estão presentes nos livros didáticos; e analisar o Modelo Saturnino proposto por Nagaoka.

¹² Disponível em: <https://youtu.be/8lX8FjjLKhc?si=4SSd8CxjkYf-9dWn>. Acesso em 19 dez. 2024.

Neste dia, participaram os alunos A1 e A2 e foi comunicado que o aluno A5 havia trancado o curso e o aluno A4 havia desistido, restando então três alunos¹³.

Para início das discussões foi exibido o vídeo “O átomo de Bohr | A Evolução da Teoria Atômica”¹⁴, como apresentado na Figura 15.

Figura 106 - Vídeo sobre o modelo atômico de Bohr



Fonte: https://youtu.be/dft6UoXZnMw?si=xQmbXQBKHE_MFadH.

Na sequência, foi sugerida a realização de uma pesquisa na internet sobre os principais modelos atômicos. Com base nessa pesquisa feita pelas participantes, os alunos discutiram em sala de aula os temas abordados, e o debate promovido por elas foi gravado em vídeo. A Figura 16 ilustra esse momento da aula.

¹³ A partir desse encontro passaremos a tratar os participantes pelo gênero feminino, uma vez que restaram apenas três alunas na turma.

¹⁴ Disponível em: https://youtu.be/dft6UoXZnMw?si=xQmbXQBKHE_MFadH. Acesso em 19 dez. 2024.

Figura 117 - Alunas gravando vídeo, encontro 3



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

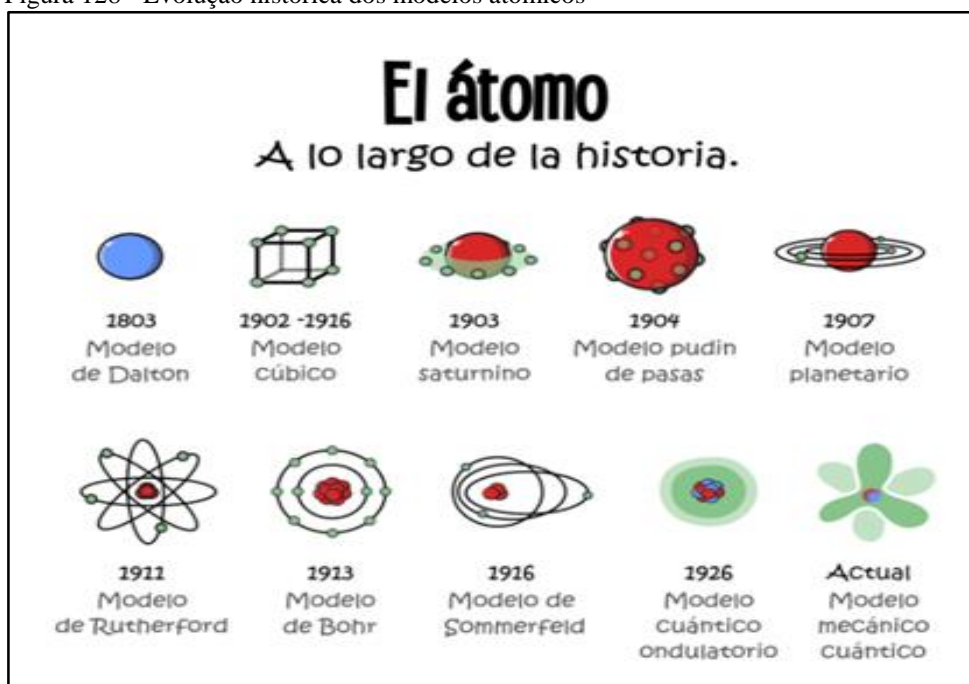
A aluna A2 argumentou que fez uma consulta no “Chat GPT”, pois este dispositivo de Inteligência Artificial (IA) disponibiliza uma resposta compacta e de muita praticidade, não sendo necessário pesquisar em diversos sites.

Nas pesquisas apresentadas, as alunas descreveram os modelos atômicos clássicos, como era esperado, mas não citaram o modelo atômico de Nagaoka (saturniano), o de Lewis (modelo cúbico) nem o de Sommerfeld (elíptico). Foi proposta a continuidade da pesquisa com o objetivo de identificar os cientistas que participaram do desenvolvimento dos modelos atômicos, já que a HC não os menciona.

Na sequência, foram citados o experimento de Geiger-Marsden (folha fina de ouro), o modelo atômico de Nagaoka (saturniano) e o modelo atômico de Rutherford.

No encontro, deu-se destaque ao modelo saturniano e foi oportunizado um debate sobre as possíveis razões pelas quais o nome de Nagaoka não consta na história. Para subsidiar essas discussões, foi apresentada a Figura 17, que ilustra os modelos atômicos e a posição do modelo saturniano entre eles.

Figura 128 - Evolução histórica dos modelos atômicos



Fonte: <https://molasaber.org/2020/06/09/el-atomo-a-lo-largo-de-la-historia/>.

Na continuidade foi entregue impresso o “Texto de apoio 1” (Apêndice II) para leitura e discussão. O texto apresenta um breve relato dos gregos e de alguns atomistas da idade média; a teoria atômica de Dalton e a teoria do calórico; e cita alguns antiatomistas.

Posteriormente foi apresentado no PowerPoint os diversos modelos atômicos, o que acabou trazendo surpresa para as alunas, especialmente ao se depararem com modelos atômicos nunca visto antes. Ao final da aula foi indicado como leitura complementar o texto “O Modelo Atômico Saturniano de Nagaoka”¹⁵.

4.6.4 Aula 4

A quarta aula teve como foco discutir o Modelo Saturnino; proceder a leitura e discussão de um texto sobre o Modelo Saturnino; e, ao mesmo tempo, promover a reflexão sobre a invisibilidade do cientista e a injustiça social. Deste encontro, participaram as três alunas da turma, como retratado na Figura 18.

¹⁵ Disponível em: <https://www.spf.pt/magazines/GFIS/414/article/1277/pdf>. Acesso em 17 set. 2024.

Figura 139 - Alunas participantes do quarto encontro



Fonte: Arquivo pessoal (2024).

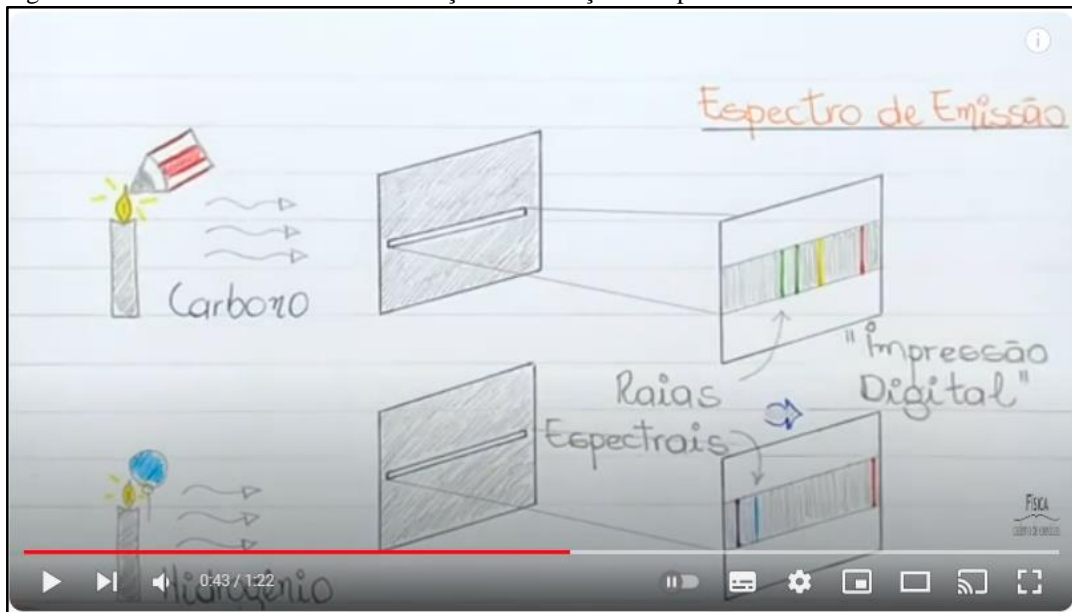
O momento inicial da aula foi destinado a promover uma revisão no que já havia sido abordado anteriormente sobre os modelos atômicos clássicos. Foram destacados os modelos atômicos não citados na história da ciência como o modelo atômico de Perin, Nagaoka, Lewis, Sommerfeld e do Nicholson.

Durante a atividade, as alunas foram questionadas sobre a problemática relativa ao modelo atômico que tem sido invisível pela história da ciência: “Por que o modelo atômico saturnino não foi mais investigado na história da ciência?”

Para iniciar a discussão sobre o modelo saturnino, proposto por Nagaoka, foi conversado sobre a espectroscopia, pois, Nagaoka, tentou em seu modelo atômico relacionar o movimento dos elétrons a radiação luminosa (luz) e invisível (raio X e ultravioleta). Para isso, foi discutido o entendimento do espectro de emissão e absorção da luz foi projetado o vídeo “Emissão e Absorção de Radiação: o espectro”¹⁶, conforme ilustrado na Figura 19.

¹⁶ Disponível em: <https://youtu.be/WdRrTftHeI8?si=rM03mNzjX7nAfUns>. Acesso em 19 dez. 2024.

Figura 20 - Vídeo sobre Emissão e Absorção de Radiação: o espectro



Fonte: <https://youtu.be/WdRrTftHeI8?si=rM03mNzjX7nAfUns>.

Na sequência, foi distribuído e discutido o “Texto de apoio 2” (Apêndice III). O texto apresenta a teoria do modelo atômico Saturnino; uma análise sobre a construção do conhecimento científico; e a discussão do “Efeito Mateus” muito comum no mundo científico.

Dando prosseguimento, foi destacado aos estudantes que o famoso experimento de Rutherford com a “fina folha de ouro” foi desenvolvido inicialmente por seus colaboradores, Geiger e Marsden, como citado por Melzer e Aires (2015, p. 72).

Então, fez-se uma pausa nas informações, a fim de que as alunas pudessem relatar as suas observações sobre a invisibilidade de alguns cientistas na HC.

Para possibilitar novas discussões, particularmente direcionadas a presença de Nagaoka na elaboração de um modelo atômico, foi apresentado o vídeo “O esquecido Modelo Atômico de Nagaoka – Conhecem?”¹⁷, como apresentado na Figura 20.

¹⁷ Disponível em: <https://youtu.be/7FH9YXIQHIQ?si=4bwHdm7YWWoG0oiQ>. Acesso em 19 dez. 2024.

Figura 141 - Vídeo “O esquecido Modelo Atômico de Nagaoka – Conhecem”



Fonte: <https://youtu.be/7FH9YXlQHIQ?si=4bwHdm7YWWoG0oiQ>.

Ao término do vídeo e da aula, foi chamada a atenção para a conclusão do debate de que pesquisar é um ato social onde estamos sujeitos a influências sociais, raciais, de gênero, políticas e econômica, tal qual na sociedade. Além disso, foi deixado como tarefa assistir o vídeo “Hantaro Nagaoka e seu pioneirismo na ciência japonesa com seu Modelo Atômico Saturniano”.¹⁸

4.6.5 Aula 5

Nesta aula foi iniciado o estudo de radioatividade, a partir de uma abordagem histórica. A aula teve como objetivos: discutir sobre a história do conhecimento da radioatividade; analisar nessa história quais os principais cientistas envolvidos; discutir sobre a fluorescência e a fosforescência; e, analisar os diferentes fenômenos de radiação.

A aula iniciou com o resgate dos conhecimentos prévios, trazendo exemplos de situações em que é possível observar a presença da radioatividade e investigando a percepção das alunas sobre o assunto. Neste dia, participaram apenas duas alunas (A1 e A3), contando também com a presença da professora Cleci Werner da Rosa, orientadora da presente tese. A abordagem da temática, partindo dos conhecimentos prévios das participantes, possibilitou aproximar o conteúdo do cotidiano e das vivências. Durante essa discussão, foi introduzida a

¹⁸ Disponível em: <https://youtu.be/2LZE9EQ0NPU?si=HuOP5fsVRZTDL3J6>. Acesso em 17 set. 2024.

questão da presença da mulher na ciência, por meio do tema “Radioatividade e as mulheres na ciência.

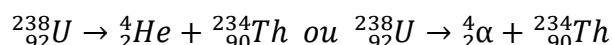
Na sequência realizou-se a pesquisa sobre o que são os fenômenos de fluorescência e fosforescência, sendo retomado e discutido em sala de aula tais fenômenos. Na pesquisa realizada, também foram abordados quais os principais cientistas que participaram dos estudos sobre radioatividade. Ao final, as alunas expuseram os resultados de sua pesquisa, citando Becquerel e o casal Curie.

Na continuidade da aula, foi entregue o “Texto de apoio 3” (Apêndice IV) que trata de um relato histórico dos experimentos de Becquerel; da participação de Rutherford na descoberta da radioatividade; da participação do casal Curie nas descobertas da radioatividade.

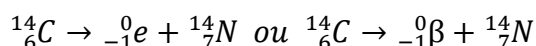
Em seguida, destacou-se que Becquerel reproduziu diversos experimentos de cientistas contemporâneos à sua época e demonstrou criatividade ao realizar investigações com o que era chamado de “radiação invisível”. Também foi ressaltada a importância de Rutherford e do casal Curie nas pesquisas sobre radioatividade, com ênfase nas dificuldades enfrentadas e na significativa participação de Marie Curie e seu marido nos estudos sobre o tema.

Por fim, foi feita uma análise de como é interpretado a radioatividade a partir do simbolismo adotado pela química, radiação alfa, beta e gama. Assim expresso:

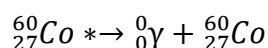
O decaimento alfa (α) é a emissão de uma partícula α do núcleo, por exemplo o Urânio-238 sofre decaimento α , tornando-se Tório-234 (Serway; Junior, 2010, p. 1194):



O decaimento beta (β^-) é a emissão de um elétron de um núcleo. O Carbono -14 é um exemplo de um nuclídeo que sofre decaimento β^- (Serway; Junior, 2010, p. 1198):



A emissão gama (γ) é observada quando um nuclídeo é formado em um estado excitado e depois decai para seu estado fundamental (emissão espontânea), com a emissão de um raio γ , um quantum de radiação eletromagnética de alta energia:



O apresentado não foi aceito com naturalidade pelas alunas participantes, ao contrário, elas manifestaram estranhamento e dificuldade para compreender, especialmente o simbolismo.

4.6.6 Aula 6

A aula teve por objetivos desenvolver estudo sobre Marie Curie e a radioatividade; pesquisar sobre as mulheres na ciência; e desenvolver um debate sobre a participação das mulheres na pesquisa científica, nas diversas áreas do conhecimento.

Inicialmente foram retomadas as questões sobre fluorescência, fosforescência e a radioatividade. Foi apresentado o vídeo “How to Build a Cloud Chamber!”¹⁹ sobre a radioatividade que no PE está indicado para a aula anterior e que por falta de tempo acabou sendo deslocado para esse encontro. Com a apresentação do vídeo foi evidenciado o quanto é sutil um experimento sobre radioatividade. A Figura 21 apresenta uma imagem do vídeo.

Figura 152 - Experimento sobre radioatividade



Fonte: Vídeo “How to Build a Cloud Chamber!” Youtube.

Para a discussão da participação de Marie Curie no desenvolvimento da ciência, foi exibido um segundo vídeo “Como Marie Curie descobriu a radioatividade e mudou o mundo para sempre”²⁰. A Figura 22 apresenta uma imagem do vídeo.

¹⁹ Disponível em: <https://youtu.be/pewTySxfTQk?si=y35WjNSQIvlsIOei>. Acesso em 19 dez. 2024.

²⁰ Disponível em: <https://youtu.be/ghSKCW-nNx4?si=7zsEHGVdSMpFl6C1>. Acesso em 19 dez. 2024.

Figura 163 - Vídeo explicando a radioatividade e a vida de Marie Curie



Fonte: <https://youtu.be/ghSKCW-nNx4?si=7zsEHGVdSMpFl6C1>.

Como continuidade ao debate sobre as mulheres na ciência, foram analisadas quais são as mulheres laureadas com o prêmio Nobel em Ciências. A Sociedade Brasileira para o Progresso em Ciências (SBPC), em 2020, apresentou uma matéria intitulada “Mesmo com produção crescente, mulheres ganharam apenas 3% dos Nobel de ciência em 120 anos”²¹. Na mesma linha, mencionamos a reportagem do jornal *O Povo* que em 2022, a qual traz uma manchete que cita que “mulheres representam apenas 3,6% de todos os cientistas já premiados pelo Nobel em 120 anos de existência”.²²

Na sequência, foi destacado que a participação das mulheres brasileiras na ciência é marcada com o crescente número de mulheres pesquisadoras no Brasil, como podemos ver no vídeo “Número de mulheres cientistas brasileiras cresceu 29% em duas décadas” (SBT Brasil, reportagem de 08/03/24)”²³. A Figura 23 ilustra uma imagem do vídeo.

²¹ Disponível em: <https://portal.sbpnet.org.br/noticias/mesmo-com-producao-crescente-mulheres-ganharam- apenas-3-dos-nobels-de-ciencia-em-120-anos/>. Acesso em 27 ago. 2024.

²² Disponível em: <https://mais.opovo.com.br/reportagens-especiais/mulheres-na-ciencia/2022/01/25/quem-sao- elas-no-nobel.html>. Acesso em 27 ago. 2024.

²³ Disponível em: <https://youtu.be/K10sMINKkJI?si=qMyEk0P3RqiT5LWW>. Acesso em 19 dez. 2024.

Figura 174 - Vídeo “Mulheres cientistas brasileiras”



Fonte: <https://youtu.be/K10sMINKkJI?si=qMyEk0P3RqiT5LWW>.

Em seguida, foram apresentadas as pesquisas da cientista da UFRGS, Márcia Barbosa²⁴, física especializada em estruturas complexas da molécula de água e suas anomalias. Também pode ser apresentado o vídeo “Lugar de Mulher – Márcia Barbosa”, no qual a diretora do Instituto de Física da UFRGS na época, atualmente Reitora da instituição, fala sobre sua trajetória pessoal e sua atuação como pesquisadora. A Figura 24 mostra uma imagem do vídeo, em que aparece a professora Dra. Márcia Barbosa.

Figura 185 - Vídeo “Lugar de Mulher - Marcia Barbosa”



Fonte: https://youtu.be/IgoZE6frDy0?si=_hj3elf3Mt0HF8Z.

²⁴ Diretora da Academia Brasileira de Ciências e integrante da Academia Mundial de Ciências, Reitora da UFRGS.

Por fim, foi debatido sobre a importância da mulher na sociedade e sobre a dificuldade em ser valorizada com o trabalho e a pesquisa. As alunas tiveram a oportunidade de expressar suas inquietações e reconhecer que a sociedade tem uma conotação machista, onde a mulher tem poucos espaços ainda conquistados e muito a conquistar.

4.6.7 Aula 7

A aula teve como objetivos analisar a tecnologia da bomba atômica e seu potencial de destruição; identificar o decaimento radioativo e as formas de radiação; compreender a meia-vida de um átomo radioativo; e apresentar os processos de fissão e fusão nuclear.

Nesse encontro, foi iniciado o tema “Energia nuclear e o debate público da ciência”. Para isso, utilizou-se inicialmente um organizador prévio que estabelecesse conexões entre os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva das alunas e os tópicos a serem abordados. A escolha recaiu sobre o vídeo “Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um triplo desastre”. A Figura 25 ilustra uma imagem desse vídeo.

Figura 196 - Vídeo “Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um triplo desastre”



Fonte: <https://youtu.be/rmL881wVgk8?feature=shared>.

No prosseguimento comentamos como a catástrofe nuclear ocorrida em Goiânia em 1987 (césio 137) e o descaso que o governo brasileiro dá ao lixo nuclear.

Na sequência foi apresentado um vídeo sobre a utilização de armas nucleares, testes nucleares²⁵, cuja imagem está representada na Figura 26.

Figura 207 - Vídeo “Bombas Atômicas 2017”

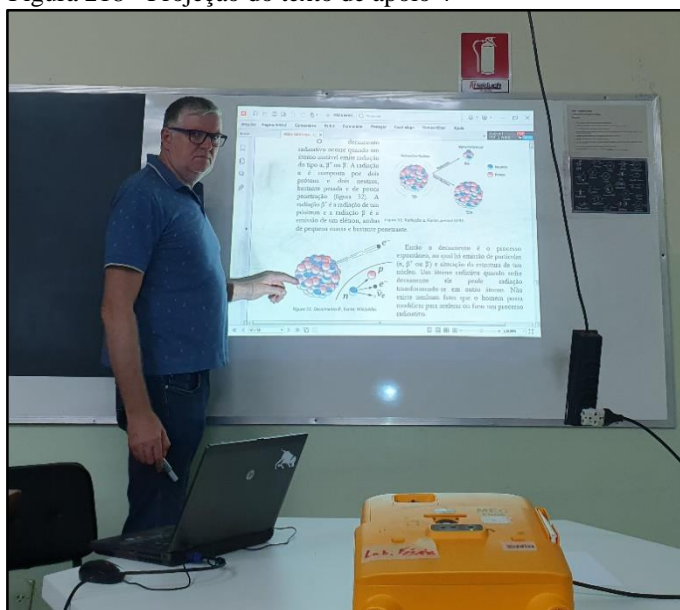


Fonte: <https://youtu.be/ADo-Yhpp91c?si=XyKCqFEsqr5tpXj>.

Na sequência foi entregue cópia impressa do “Texto de apoio 4” (Apêndice V) que trata do decaimento radioativo; das séries de decaimento e a meia vida atômica; e da fissão e a fusão nuclear. Para auxiliar a compressão do texto e o debate, projetamos o texto com auxílio de um projetor multimídia, como ilustra a Figura 27.

²⁵ Disponível em: <https://youtu.be/ADo-Yhpp91c?si=XyKCqFEsqr5tpXj>. Acesso em 20 dez. 2024.

Figura 218 - Projeção do texto de apoio 4

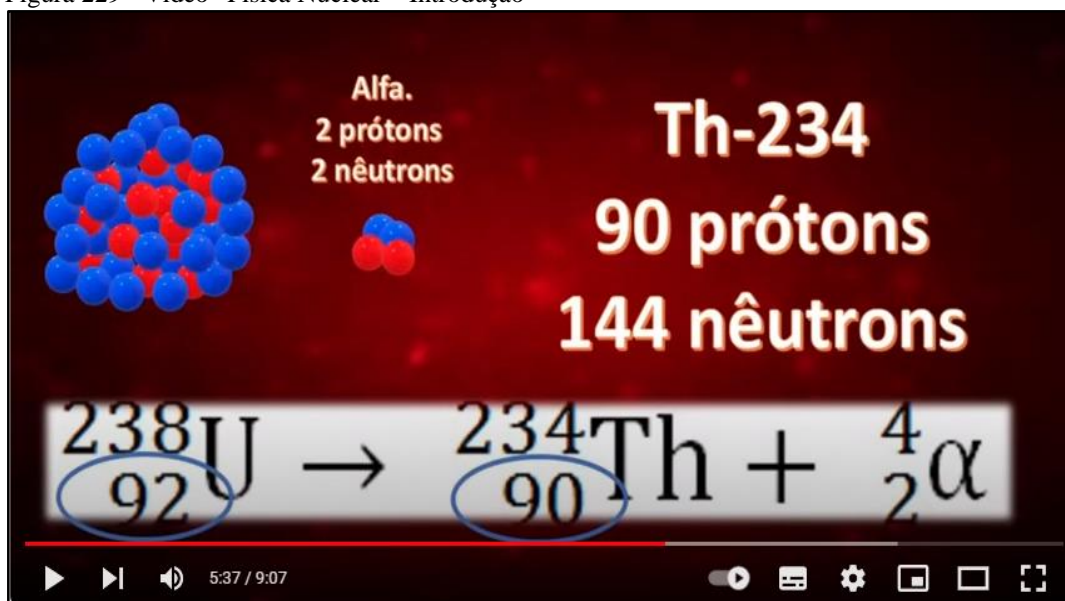


Fonte: Arquivo pessoal (2024).

No desenvolver da aula, o professor com auxílio do recurso do Power Point ® explicou e revisou os conceitos sobre radiação, tais como: decaimento radioativo, meia vida atômica, fissão e fusão.

Na sequência foi apresentado o vídeo “Física Nuclear – Introdução”²⁶, cuja imagem está representada na Figura 28.

Figura 229 - Vídeo “Física Nuclear – Introdução”



Fonte: <https://youtu.be/YqASYnn8Y6I?si=rzknsutEdgCztgHt>.

²⁶ Disponível em: <https://youtu.be/YqASYnn8Y6I?si=rzknsutEdgCztgHt>. Acesso em 20 dez. 2024.

Para dar prosseguimento as discussões, foi apresentado o vídeo “A crise do lixo nuclear”²⁷. Foi discutido sobre a preocupação de alguns países tornar a energia nuclear mais segura e com um armazenamento seguro dos resíduos nucleares. A Figura 29 apresenta uma imagem do vídeo.

Figura 30 - Vídeo “A crise do lixo nuclear”



Fonte: <https://youtu.be/YvwmzdoJPag?si=tjghWJTQ-vl6KPcx>

Ao término do vídeo foi apresentado projetos do Brasil implementar novas usinas nucleares, disponíveis em reportagens como “Energia nuclear aposta em expansão e espera construir 9 usinas no Brasil”²⁸.

4.6.8 Aula 8

A aula teve como objetivos realizar uma análise sobre a utilização da radiação em alimentos; reconhecer o Cobalto-60 entre outras substâncias químicas radioativas; identificar as vantagens da radiação nos alimentos; e promover um debate sobre o desperdício de alimentos na sociedade. Participaram da aula duas alunas (A1 e A3), com duração de 4 horas/aula.

Como organizador prévio para este terceiro tópico do estudo, foi assistido o vídeo “Radiação de alimentos”, cuja imagem de uma das telas está na Figura 30.

²⁷ Disponível em: <https://youtu.be/YvwmzdoJPag?si=tjghWJTQ-vl6KPcx> Acesso em 20 dez. 2024.

²⁸ Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/economia/2023/11/6657476-energia-nuclear-aposta-em-expansao-e-espera-construir-9-usinas-no-brasil.html>. Acesso em 9 jan. 2025.

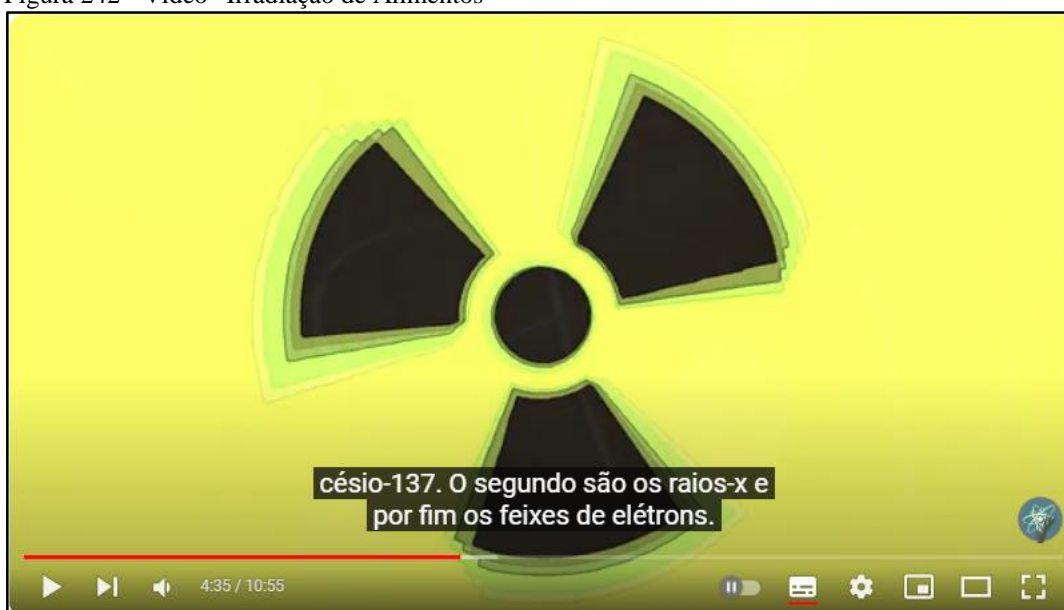
Figura 231 - Vídeo “Radiación de alimentos”



Fonte: <https://youtu.be/AEYp3xJuzlw?feature=shared>.

Logo após, foi abordado o tema da radiação nos alimentos, sendo exibidas algumas imagens obtidas no Google® sobre a irradiação e o desperdício de alimentos, com o intuito de despertar a atenção para a temática. Posteriormente, foi apresentado o vídeo “Irradiação de Alimentos” e estabelecido um debate sobre os conteúdos apresentados. A Figura 31 ilustra uma imagem do vídeo.

Figura 242 - Vídeo “Irradiação de Alimentos”



Fonte: <https://youtu.be/aszy9P15zZM?feature=shared>

Foram distribuídas cópias impressas do “Texto de apoio 5”, o qual aponta o desperdício de alimentos pela má conservação; a radiação ionizante; e a radiação do Cobalto 60 (Apêndice VI).

Na sequência foi promovido um debate que também foi gravado em vídeo, sobre a utilização das tecnologias nucleares – vantagens e desvantagens. Esse debate faz parte dos dados da pesquisa e são analisados mais adiante.

Foi realizado um intervalo após as discussões e, no retorno, as alunas responderam ao questionário sobre “a natureza da ciência” e na sequência dissertaram sobre a teoria atômica. Tais dados integram a pesquisa e são discutidos mais adiante.

5 PESQUISA

O capítulo apresenta as características da pesquisa científica de abordagem qualitativa, especificando os instrumentos selecionados para a produção dos dados e a forma como o estudo pretende proceder à análise. A pesquisa toma como referência a aplicação do PE, cuja apresentação e descrição dos encontros foram realizadas no capítulo anterior. Além disso, no referido capítulo, foi feita a apresentação do contexto em que o produto foi aplicado e dos sujeitos participantes do estudo.

5.1 Características da pesquisa

A pesquisa qualitativa teve origem quando se saiu do campo da mensuração dos dados para uma abordagem descritiva, Bogdan e Biklen (1994, p. 11) afirmam que a pesquisa “alargou-se para contemplar uma metodologia de investigação que enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções pessoais”. Deste modo, a investigação assume uma diversidade de comportamento.

A pesquisa qualitativa contempla diversas estratégias de investigação (coletas de dados) com características comuns. Os dados qualitativos, geralmente descritivos, são ricos em detalhes pessoais, conversas, locais e quase impossível tratamento estatístico. Esta pesquisa privilegia a coleta de informações e o entendimento do comportamento, a partir do estudo do sujeito.

Bogdan e Biklen (1994, p. 47) afirmam que “na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal”. Portanto, a interpretação do pesquisador sobre os dados e os instrumentos de pesquisa é a questão primordial da pesquisa.

Então, o universo da investigação qualitativa exige se comprometer e observar os dados de modo não trivial, ou seja, toda informação obtida é fundamental para a interpretação e pode induzir a uma pista que permita compreender o objeto de estudo (Bogdan; Biklen, 1994).

Na pesquisa qualitativa, o pesquisador em educação constantemente questiona o sujeito a ser investigado, com intenção de perceber “aquilo que eles experimentam, o modo como eles interpretam as suas experiências e o modo como eles próprios estruturam o mundo social em que vivem” (Psathas, 1973 *apud* Bogdan; Biklen, 1994, p. 51).

Na investigação fenomenológica, tenta-se compreender o significado dos acontecimentos e das interações entre pessoas, assim “tudo depende do ponto em que nos

encontramos, da nossa perspectiva” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 53). Ou seja, a ação humana é mediada pela interpretação. Para esses autores, ao investigarem qualitativamente e ao abordar as pessoas com a intenção de “compreender seu ponto de vista”, muitas vezes pensa-se que este não seja o método perfeito, mas é o que mais aproxima da realidade do sujeito.

A interpretação humana está vinculada aos seus conhecimentos e sua cultura. Segundo Geertz “a cultura não é um poder, algo a que possa ser casualmente atribuído os acontecimentos, comportamentos, instituições ou processos sociais; trata-se antes de um contexto, algo no interior do qual estes fenômenos se tornam inteligíveis, ou seja, suscetíveis de serem descritos com consistência” (1973, p. 14 *apud* Bogdan; Biklen, 1994, p. 58).

A pesquisa científica implica na análise e investigação dos dados obtidos, de modo empírico e sistemático, além da investigação qualitativa satisfaz tal condição. Então, tem a função de registrar (documentar) exaustivamente o contexto e/ou o grupo de sujeitos a observar e generalizar os comportamentos. Deste modo, “busca-se estudar objetivamente os estados subjetivos dos sujeitos” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 67). O investigador envolve-se tempo considerável em recolher grande quantidade de dados. Estes dados proporcionam um relato (descrição) de informações e fatos muito superior à que a mente humana poderia prever antes de implementação da ação do pesquisador. Assim, o investigador tem como objetivo construir um conhecimento e não simplesmente opinar sobre os dados ou o contexto. Busca-se gerar uma teoria, uma descrição ou compreensão.

Na execução do plano de investigação, após a conclusão do estudo, realiza-se a narração dos fatos de forma fiel ao que ocorreu, elaborando uma retrospectiva e um relatório detalhado do método utilizado. Quando se inicia a pesquisa, ainda que se tenha, de forma intuitiva, uma ideia dos procedimentos a serem seguidos, o investigador não dispõe de um plano completamente predeterminado (Bogdan; Biklen, 1994, p. 83).

O tempo disponível para a implementação da pesquisa e a coleta de dados é um fator determinante para o êxito da investigação. Se necessário, a investigação pode ser reduzida para se adequar ao tempo disponível. Bogdan e Biklen (1994, p. 96) afirmam que, quanto mais tempo se mantém a execução da pesquisa, mais dados serão obtidos. No entanto, há um limite, e em determinado momento a coleta de dados tende a diminuir. Portanto, é preciso haver flexibilidade, mas também a definição de um ponto final.

Seguem os mesmos autores mencionando que a participação do pesquisador no universo de estudo e a coleta de dados descritivos constituem a pesquisa qualitativa. Percebe-se que esta participação e observação não fornece garantias de que seja captado a realidade. Também poder-se-á inferir que “É importante compreender que os investigadores qualitativos não são

ingênuos. Eles sabem que nunca podem atingir um nível de compreensão e reflexão que possa resultar em notas puras, isto é, notas que não reflitam a influência do observador” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 167).

Segundo esses mesmos autores, “os dados não são apenas aquilo que se recolhe no decurso do estudo, mas a maneira como as coisas aparecem quando abordadas com um espírito de investigação” Bogdan e Biklen (1994, p. 200). Observando estes detalhes torna-se um bom investigador. Mas também envolve saber quando omitir dados de valor questionável e quando mantê-los. Até o momento em que se tem dados suficientes para realizar a pesquisa e passar para a análise da pesquisa.

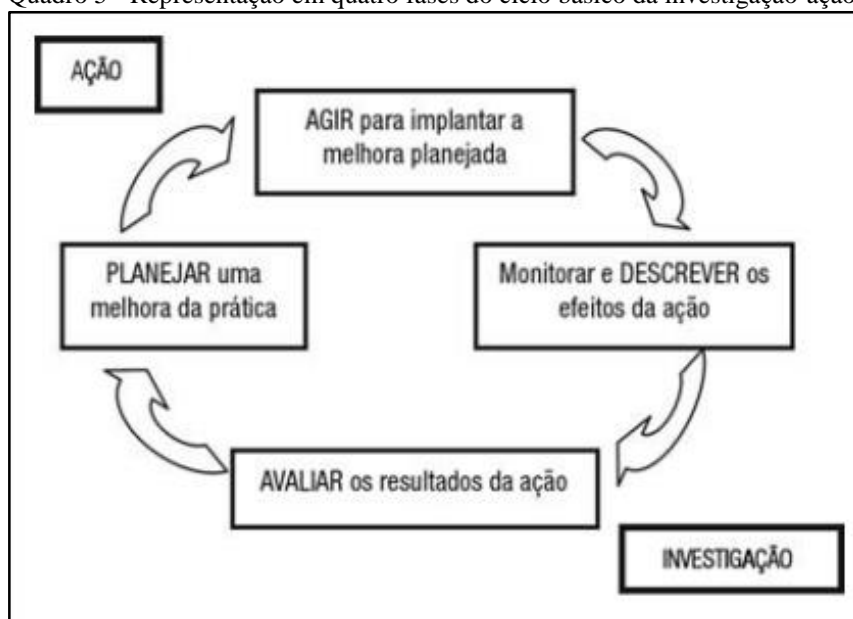
Além de ser uma pesquisa qualitativa, o estudo se caracteriza como uma pesquisa-ação especialmente por trazer como lócus de aplicação, o campo de atuação profissional do pesquisador. Segundo Tripp (2005, p. 445), entende-se como pesquisa-ação como:

Um dos inúmeros tipos de investigação-ação, que é um termo genérico para qualquer processo que siga um ciclo no qual se aprimora a prática pela oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela. Planeja-se, implementa-se, descreve-se e avalia-se uma mudança para a melhora de sua prática, aprendendo mais, no correr do processo, tanto a respeito da prática quanto da própria investigação.

Assim, a flexibilidade da pesquisa e a natureza participativa da pesquisa-ação permitem que ela seja implementada em diferentes contextos e necessidades, tornando-a uma estratégia metodológica valiosa para os pesquisadores interessados em promover mudanças sociais efetivas.

No desenvolvimento da pesquisa-ação Tripp (2005, p. 446) apresenta um diagrama para o entendimento das quatro fases do ciclo básico da investigação-ação. No Quadro 5, é possível exemplificar que se inicia com a identificação do problema, se realiza o planejamento da ação, bem como se obtém a sua implementação e monitoramento, descrevendo os efeitos e resultados, e finalmente a avaliação da eficácia ou não.

Quadro 5 - Representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação



Fonte: Tripp (2005, p. 446).

Corrêa (2018), citando Thiollent, fala da flexibilidade e dinamismo da pesquisa-ação ao estudar o problema, nas tomadas de decisões, nas ações, nos conflitos e tomadas de consciências que ocorre entre os pesquisadores durante o processo de implementação da pesquisa. Neste contexto, Corrêa cita que:

A pesquisa-ação é, portanto, um procedimento reflexivo, sistemático, controlado e crítico, orientada para a resolução de problemas situacionais e específicos, movida sempre pelo desejo de mudança, de transformação, de melhoria de uma realidade educacional e/ou social (Corrêa, 2018, p. 48).

A pesquisa-ação, ao integrar teoria e prática de maneira dinâmica, oferece uma abordagem ampla para enfrentar desafios no campo das ciências, promovendo mudanças reais e mensuráveis enquanto se contribui para o corpo de conhecimento existente.

A pesquisa-ação tem sido implementada em diversas áreas, incluindo educação, saúde, desenvolvimento comunitário e organizações sociais. No contexto educacional, por exemplo, pode ser utilizada para desenvolver e implementar novas metodologias de ensino, abordando questões como a inclusão e a melhoria do desempenho escolar. Na implementação da pesquisa-ação monitora-se os efeitos da sua ação, Tripp (2005, p. 435) afirma que: “Frequentemente se produzem dados sobre os efeitos de uma mudança da prática durante a implementação (mediante observação, por exemplo) e ambos antes e depois da implementação (como quando se utiliza um método pré/pós para monitorar os efeitos de uma mudança)”.

Portanto, o modo como se realiza uma pesquisa implica na ação da população investigada, como agente ativo na aquisição de conhecimentos para resolver o problema e satisfazer às necessidades.

A partir desse entendimento de pesquisa projetamos sua execução a partir dos seguintes passos:

Etapas 1: Realização de um estudo bibliográfico em artigos sobre ensino de Física; teorias de aprendizagem; e, uso da história da ciência no ensino de ciências.

Etapas 2: Seleção de atividades como textos históricos de FMC, vídeos, experimento e simulações que complementam a aprendizagem da FMC e subsidiam a construção do PE.

Etapas 3: Desenvolvimento/elaboração do PE, na forma de uma sequência didática para abordar FMC a partir de abordagem histórica e crítica de modo a buscar a promoção de uma aprendizagem significativa;

Etapas 4: Aplicação do PE na disciplina de Física II do Curso de Licenciatura em Ciências Biológica e coleta dados para análise;

Etapas 5: Análise os dados obtidos na etapa 4 e reestruturar o PE e finalizá-lo.

5.2 Instrumentos produção de dados

Como instrumentos para produção de dados o estudo seleciona as atividades realizadas durante os encontros, especialmente os dois questionários respondidos a produção dos participantes, os registros em áudio e os registros do pesquisador em seu diário de bordo.

Com relação ao questionário aplicado no início e no final da atividade, mencionamos que eles foram idênticos e buscavam identificar os conhecimentos prévios dos alunos e comparar com o possível surgimento de um pensamento crítico a respeito do desenvolvimento do conhecimento científico.

Ao final da sequência didática foi elaborado um texto dissertativo sobre os modelos atômicos e o impacto deste conhecimento científico na sociedade. Busca-se com essa atividade analisar a compreensão dos estudantes e, por ventura, seus limites em relação ao tema abordado no estudo.

Além desses instrumentos, o estudo apoia-se no registro do pesquisador em seu diário de bordo e que foi utilizado no decorrer das atividades sempre que possível e ao final de cada encontro. O registro no decorrer das aulas está associado a captação de expressões, perguntas ou outras falas dos estudantes que poderão contribuir com o estudo. Os registros ao final dos

encontros, por sua vez, buscam trazer a percepção do pesquisador sobre o ocorrido e com isso ampliar os dados da pesquisa. Essa forma de registro em um diário de classe ou de bordo, segundo Zabalza (1994, *apud* Gianotto; Carvalho, 2015, p. 135), “contribui para que os professores se transformem em investigadores de si próprios, primeiro como narradores e, posteriormente, como analistas críticos dos registros que elaboram”.

Desenvolver um diário de bordo (diário de aula) na pesquisa envolve registrar diariamente os objetivos, atividades realizadas, observações, dados coletados, análises e reflexões. Cada registro deve ser datado e incluir detalhes sobre os métodos e materiais utilizados, bem como quaisquer problemas encontrados e suas soluções. Esse registro sistemático e organizado facilita o acompanhamento do progresso da pesquisa, permite a identificação e correção de erros, auxilia na interpretação dos resultados e proporciona uma base sólida para a comunicação dos achados científicos (Zabalza, 2020).

Segundo esse autor, o diário de aula é uma ferramenta crucial para a investigação científica no campo educacional, pois permite aos professores documentar e refletir sistematicamente sobre suas práticas pedagógicas. Zabalza (2020) destaca que os diários de aula funcionam como instrumentos de autoavaliação e desenvolvimento profissional, ajudando os educadores a identificar e analisar as estratégias de ensino, as dinâmicas de sala de aula e as respostas dos alunos. Além disso, esses registros detalhados e reflexivos oferecem dados qualitativos valiosos para pesquisas educacionais, facilitando a identificação de padrões e tendências, a avaliação de intervenções pedagógicas e a promoção de uma prática educativa mais consciente e fundamentada.

Além de possibilitar a reflexão sobre a ação dos alunos e do professor este diário possibilita a melhoria da ação do professor em sala de aula, pois o diário de aula é um valioso instrumento de investigação científica na educação, proporcionando um registro sistemático e reflexivo das experiências diárias dos professores em sala de aula. Ele oferece dados qualitativos ricos que capturam a complexidade das práticas pedagógicas e das interações com os alunos, permitindo a identificação de padrões e a avaliação de intervenções educacionais. Além de promover o desenvolvimento profissional contínuo dos educadores, os diários de aula facilitam a realização de estudos de caso, pesquisas-ação e estudos longitudinais, contribuindo para a melhoria contínua da qualidade do ensino e do aprendizado ao integrar teoria e prática de maneira dinâmica e responsiva (Zabalza, 2020).

Os diários proporcionam uma narrativa escrita pelos professores ricas em informações e com uma sistematização das observações. Este diário proporciona uma experiência a partir da escrita do professor, onde seus apontamentos de natureza emocional ou afetiva se tornam de

natureza cognitiva. Zabalza (2020, s/n) afirma que “a experiência é reconstruída e, com ela, a possibilidade de se descentrar dela e de a analisar; e, se desejado, é facilitada a possibilidade de socializar a experiência, partilhando-a com um conselheiro pessoal ou com um grupo de colegas”.

Deste modo, a utilização do diário de aula proporciona um registro temporal rico em informações coletadas durante a implementação do PE. Sua implementação contribui para a coleta de dados e posterior análise da pesquisa.

5.3 Cuidados éticos

A ética na pesquisa é fundamental para garantir a integridade, credibilidade e respeito aos direitos humanos e dos animais envolvidos nos estudos científicos. Ela envolve princípios como o respeito à dignidade, à integridade e à justiça, orientando desde a concepção do projeto até a divulgação dos resultados. A necessidade de obter consentimento informado, proteger a privacidade dos participantes e garantir o bem-estar dos envolvidos são aspectos centrais dessa ética, visando assegurar que o avanço do conhecimento científico ocorra de forma ética e responsável, sem comprometer a dignidade e os direitos das pessoas.

Então, o pesquisador deve se preocupar, precipuamente, com questões éticas, observando as questões morais com que se pode defrontar. Duas questões devem ser consideradas em uma pesquisa eticamente correta: “o consentimento informado; e a proteção dos sujeitos contra qualquer espécie de danos” (Bogdan; Biklen, 1994, p. 75). Ainda que exista um comitê de ética, as decisões éticas a serem tomadas no decorrer da investigação devem ser de inteira responsabilidade do investigador, baseado nos valores deste e na sua opinião sobre o fato a ser analisado, conforme pensa ser adequado.

Neste sentido, o presente estudo tomou todos os cuidados éticos com a pesquisa obtendo a autorização da Coordenação do Curso de Ciências Biológica para fins de realizar a pesquisa (Anexo A). Além disso, obteve-se a assinatura dos participantes no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo B).

5.4 Procedimento análise dos dados

A análise nos dados produzidos e seguindo o mencionado anteriormente, seguirá o proposto por Laurence Bardin e vinculado a Análise de Conteúdo. O autor define a análise qualitativa como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens (Bardin, 1977, p. 42).

Deste modo, faz-se deduções lógicas e justificadas da origem das mensagens – do emissor e seu contexto, por meio da análise de conteúdo pode ser um estudo dos significados (análise temática), como pode ser um estudo dos significantes (análise dos procedimentos).

Logo, a análise de conteúdo seria um “conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens” (Bardin, 1977, p. 38), cuja intenção é a inferência dos conhecimentos relativos nas suas condições de produção.

A maioria dos processos de análise de conteúdo se organizam a partir de categorizações. Esta categorização “tem como primeiro objetivo (da mesma maneira que a análise documental), fornecer, por condensação, uma representação simplificada dos dados brutos” (Bardin, 1977, p. 119). Essas categorias podem ser dadas *a priori* ou *a posteriori*. No primeiro caso, elas são constituídas a partir do referencial teórico ou do objetivo da pesquisa e no segundo caso elas emergem da leitura dos dados produzidos durante a pesquisa.

No caso do presente estudo e considerando o objetivo de avaliar a pertinência de uma proposta didática, baseada na TASC e nos aspectos históricos e sociais da ciência, para o ensino de tópicos de FMC, visando à construção de uma visão crítica da ciência. Em outras palavras na busca por avaliar uma proposta didática em termos de sua contribuição para o desenvolvimento de uma visão crítica da ciência, definimos as categorias como *a priori* e dadas por esse objetivo. As categorias foram assim estabelecidas considerando a proposta didática desenvolvida e o público-alvo participante: a) compreensão/concepção de ciência; b) construção de uma visão histórica e social da ciência; c) apropriação dos conhecimentos abordados.

5.5 Discussão dos resultados

A partir do estabelecimento das categorias, passamos a analisar os dados produzidos durante a aplicação do PE na busca por responder à pergunta de pesquisa do estudo.

5.5.1 Compreensão/concepção de ciência dos licenciandos em Ciências Biológicas

Esta categoria compreende identificar o surgimento e a compreensão do pensamento crítico sobre o que é ciência. Os dados obtidos para análise decorrem do questionário respondido pelos participantes na primeira e na última aula (pré teste Apêndice VII e pós teste Apêndice VIII). Para essa análise, procedemos a apresentação de cada questão em um quadro, de modo a trazer a pergunta, as respostas fornecidas pelas alunas (no início e ao final), bem como a análise das respostas por aluna. Após o quadro são feitas considerações gerais sobre esses dados. Os quadros de 6 a 13 seguem esse procedimento.

Quadro 6 - Questionário, pergunta 1

Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica?		
Questão/ Aluno	Momento	Descrição
1ª/A1	antes	As principais características de uma investigação científica são: utilização de uma metodologia pré-definida, uma pesquisa bibliográfica... Ela possui alguns casos conceitos menos teóricos que uma investigação filosófica e pode ser comprovada.
	depois	A investigação científica muitas vezes é algo mais visual, palpável, apesar de também possuir sua parte filosófica. Algumas vezes a investigação científica não tem uma parte “visual”, mas ainda busca na teoria algo que foi visto experimentalmente, buscando algo próximo da verdade, enquanto a investigação filosófica não se limita a verdade.
Análise 1ª/A1: Inicialmente a ciência é descrita como uma investigação que segue uma metodologia pré-definida, dando ênfase a pesquisa bibliográfica e na sua comprovação experimental. No pós-teste amplia-se a visão da ciência, embora muitas vezes seja palpável e visual, também tem uma visão filosófica. Observa-se uma visão mais complexa e integrada da ciência, não se limitando somente as questões empíricas, mas busca na teoria explicações para os fenômenos observados em experimentos. Essa evolução observada reflete uma visão inicialmente restrita e metodológica para uma compreensão mais abrangente que interpreta a relação entre o empírico e o teórico.		
1ª/A2	antes	As características científicas são abordagens teóricas, metódicas e baseadas em dados sem interferência pessoal. A investigação filosófica ocorre uma pesquisa quantitativa onde o pessoal é o mais importante.
	depois	A investigação científica usa dados completos, lógicos e metódicos, sem interferência da emoção, somente fatos lógicos. Investigação filosófica não trabalha com dados lógicos, apenas com pensamento e intuição.
Análise 1ª/A2: Inicialmente a ciência é identificada como uma abordagem teórica, metódica e respaldada por dados, sem interferência pessoal. No pós-teste a ciência é descrita como uma investigação que utiliza dados completos, lógicos e metódicos, livres da interferência emocional. Nesta interpretação a ciência está associada exclusivamente a lógica e aos fatos, reforçando a ideia de que a ciência é objetiva e racional. Assim, a evolução da interpretação mostra um maior destaque a objetividade e a lógica como fundamental para a investigação científica.		
1ª/A3	antes	Tem como objetivo avaliar um estudo como o científico.
	depois	Deve ser uma variável, ou seja, não muda, e um método que consiste em explorar observar e responder a construção e testes de uma previamente estabelecida. Pode também significar racional, lógico ou profundo.
Análise 1ª/A3: No pós-teste a resposta está mais determinada a descrever o entendimento sobre ciência. Descreve que existem variáveis e tem a aplicação de um método e também consiste em explorar e observar os fenômenos. Interpreta que a ciência pode ter uma rigidez metodológica (racional) e uma profundidade teórica. Essa evolução em não detalhar o que é ciência para posteriormente detalhar sugere que ocorreu uma compreensão mais ampla do que é ciência, reconhecendo as questões metodológicas e da profundidade teórica racional.		

Fonte: A pesquisa (2024).

Nota-se que mesmo com uma evolução significativa no pensamento da aluna A1 ainda há a presença do “empirismo ingênuo” como descrito por Forato, Pietrocola e Martins (2011, p. 32). Os autores argumentam que “a construção de uma imagem ingênua da ciência e do conhecimento científico, entra em conflito com as orientações para formação de professores e alunos”.

Já a aluna A2 dá ênfase ao fato de a ciência ser “objetiva e racional” fornecendo indícios do desenvolvimento do entendimento do que é ciência, porém ainda não crítica como esperado por Lima e Rosa (2022, p. 487). Para esses autores, uma abordagem da história da ciência e sua inserção na formação pedagógica dos professores de ciência proporcionaria uma educação alinhada com os desafios do século XXI, pois o entendimento do que é ciência sem uma abordagem crítica não é suficiente para ser um bom professor no século XXI.

A aluna A3, por sua vez, teve uma evolução no detalhamento do que é ciência, o que pode ser visualizado por uma interpretação mais próxima do que é usualmente entendido como ciência. Porém, como afirma Moura (2014) tanto alunos quanto docentes frequentemente possuem concepções inadequadas sobre a NdC, destacando a necessidade de abordagens pedagógicas que superem essa lacuna, especialmente por meio da História e Filosofia da Ciência (HFC). Nota-se que a aluna A3 ainda não desenvolveu o conhecimento científico de forma contextualizada e crítica.

Quadro 7 - Questionário, pergunta 2

Como você considera que a ciência é produzida?		
Questão/Aluno	Momento	Descrição
2ª/A1	antes	A ciência é produzida através de teorias e comprovações dessas teorias, além disso muitas vezes aquilo que já foi comprovado é substituído por novas postulações mais completas.
	depois	Por meio de observação, questionamentos, elaboração de teorias, experimentos...
Análise 2ª/A1: Observa-se que temos inicialmente como conhecimento prévio a possibilidade de uma teoria científica ser substituída por outra “mais completa”. Também se percebe que no pré e pós-teste uma visão empírica (experimental) da ciência. No pós-teste a aluna tenta reproduzir um método científico (observação, questionamentos, elaboração de teorias, experimentos).		
2ª/A2	antes	Através de pesquisas testes e ideias inovadoras.
	depois	Eu considero que seja produzida a partir de uma ideia, uma dúvida curiosidade sobre determinado assunto, causando uma investigação.
Análise 2ª/A2: Observa-se inicialmente (pré-teste) que se trata de uma ciência empírica resultante de “testes”. Já no pós-teste observa-se que a aluna se refere a um problema que dá origem a pesquisa.		
2ª/A3	antes	Através da pesquisa
	depois	A ciência é considerada com os científicos se comportam, o objetivo é demonstrar uma solução para um problema proposto por meio de argumentação.
Análise 2ª/A3: Observa-se que inicialmente (pré-teste) temos uma resposta ingênua e no pós-teste temos uma resposta melhor elaborada, onde o cientista tem que “demonstrar uma solução para um problema”. Não fazendo referência a ideia empírica que os outros alunos fazem.		

Fonte: A pesquisa (2024).

A aluna A1 inicialmente tem uma visão empírica da ciência e evolui sua interpretação para uma pesquisa metódica, não desenvolvendo uma interpretação crítica da construção do conhecimento científico. Como Moura (2014) afirma, diversas pesquisas evidenciam que alunos e professores frequentemente possuem concepções inadequadas sobre a NdC, não tendo a percepção da construção do conhecimento científico de forma contextualizada.

A aluna A2 e A3 inicialmente apresentam uma ideia “vaga” sobre a pesquisa e posterior argumentam existir um problema de pesquisa, limitando-se ao conhecimento científico sem ter desenvolvido uma concepção crítica da NdC. Como afirma Almeida e Farias (2011) a HFC surge como uma ferramenta essencial para abordar a NdC, mas neste caso parece ainda não ter desenvolvido tal percepção pelos alunos.

Quadro 8 - Questionário, pergunta 3

Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar?		
Questão/Aluno	Momento	Descrição
3ª/A1	antes	Com certeza, a ciência está em constante transformação.
	depois	Com certeza, a ciência está em constante transformação e com o avanço das tecnologias é quase impossível teorias já comprovadas antes não serem refutadas ou complementadas.
Análise 3ª/A1: Como observado na questão dois esta aluna já havia citado, no pré-teste, que o conhecimento científico sofre evoluções. Mas no pós-teste faz referência ao desenvolvimento de novas tecnologias e novas interpretações da ciência.		
3ª/A2	antes	Sim, ela sempre pode ser aprimorada de várias formas.
	depois	Sim, pode se transformar, seja se aprimorando com novas ideias, seja buscando outros pontos de vista. Se tornando inovadora e mais completa com evidências.
Análise 3ª/A2: Nota-se que nos dois momentos (pré e pós-teste) a aluna afirma que a ciência pode se transformar, “buscando outros pontos de vista”. Porém, no pós-teste a aluna sugere que pode ocorrer novas interpretações.		
3ª/A3	antes	Com observação, questionário e conclusão.
	depois	Ela pode ser desenvolvida pelos cientistas, o que fazer com essa teoria e se transformar através de pesquisa como melhorar.
Análise 3ª/A3: Nota-se uma evolução na complexidade da resposta comparando o pré e o pós-teste. Esta aluna tem dificuldade de se expressar em todos os trabalhos, mas parece que está obvio que ela afirma que a “teoria se transforma através da pesquisa”.		

Fonte: A pesquisa (2024).

As três alunas citam inicialmente que a ciência sofre “evolução” e posteriormente comentam esta “evolução” com mais detalhes, dando ênfase a uma visão “simplista” da NdC. Almeida e Farias (2011, 481) destacam que estudos revelam “que tanto professores quanto licenciandos frequentemente reproduzem visões simplistas e equivocadas da NdC, heranças de uma cultura escolar tradicional, agravadas pela falta de formação adequada em HC e pela escassez de materiais didáticos que articulem esses saberes à prática pedagógica”.

Quadro 9 - Questionário, pergunta 4

A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidencia que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo?		
Questão/Aluno	Momento	Descrição
4ª/A1	antes	Diversas teorias que foram comprovadas por experimentos como o tubo de Crookes e a lâmina de ouro.
	depois	O conjunto de experimentos aplicados para entender o comportamento do átomo, mas isso não quer dizer que tal teoria não possa sofrer alterações.
Análise 4ª/A1: Nota-se que no pré-teste a aluna cita que a teoria foi comprovada através de experimentos. Já no pós-teste os experimentos servem para “entender o comportamento do átomo”, ou seja, ocorre uma interpretação do experimento, uma interpretação do modelo atômico.		
4ª/A2	antes	
	depois	Mesmo não vendo o átomo, sabemos que ele existe por meio de teorias e indícios científicos, embora seja difícil entender, a ciência tenta nos mostrar tais fenômenos e coisas mais complexas.
Análise 4ª/A2: Percebe-se que em primeiro momento (pré-teste) não soube responder e no pós-teste a mesma argumentou que “mesmo não vendo o átomo, sabemos que ele existe por meio de teorias”. Assim, percebe-se que a mesma tem o entendimento dos fenômenos atômicos a partir de um modelo científico elaborado pela ciência.		
4ª/A3	antes	Ter um conhecimento a definir sobre cada teoria para que o cientista ter um bom entendimento do átomo.
	depois	É um modelo que explica a estrutura o comportamento e as interações dos átomos, é composta e extremamente pequena, orbitando o núcleo que leva os cientistas ter entendimento do átomo.
Análise 4ª/A3: Nota-se que no pré-teste a resposta vaga onde o “cientista tem um bom conhecimento do átomo”, não citando a interpretação dos experimentos. Já no pós-teste a aluna faz referência a um “modelo que explica a estrutura, o comportamento e as interações dos átomos”. Percebe-se a riqueza de detalhes da resposta quando faz referência a um “modelo”, ou seja, a aluna entende que é uma representação atômica.		

Fonte: A pesquisa (2024).

A aluna A1 inicialmente afirma que o experimento serve para comprovar a existência do átomo e posteriormente afirma que o experimento serve para entender (interpretar) a teoria atômica. Já a aluna A2 passou de uma situação em que não soube responder à questão para o entendimento da representação dos modelos atômicos. A aluna A3, por sua vez, apresenta inicialmente uma resposta vaga sobre o cientista conhecer o átomo e, ao final, uma resposta mais elaborada, incluindo a representação do átomo, do modelo atômico. Nota-se que assimilaram a ideia de um modelo do átomo que está sendo representado segundo interpretação de um pesquisador, de uma teoria – como está previsto na categoria “c) apropriação dos conhecimentos abordados”.

Quadro 10 - Questionário, pergunta 5

A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido?		
Questão/Aluno	Momento	Descrição
5ª/A1	antes	Sim, a história da ciência é extremamente importante para entender o desenvolvimento científico.
	depois	Depende, nem sempre é fácil encontrar a completa história da ciência, mas caso for encontrada e transmitida corretamente, não tendo a ciência como um produto individual e o cientista como herói, pode assim ser considerada uma das narrativas mais próxima a verdadeira de como o conhecimento foi produzido.
<p>Análise 5ª/A1: No pré-teste a aluna tem uma posição mais assertiva e direta sobre o que é a história da ciência, tentando explicar o processo científico.</p> <p>Já no pós-teste a aluna uma escrita mais cuidadosa e reflexiva explicando que a história da ciência depende de fatores como o registro histórico e o modo como a história é transmitida. Neste pós-teste a aluna acaba problematizando a questão quando diz que existe uma narrativa, próximo da verdade histórica. Quando esta narrativa for transmitida de modo correto evitando a visão idealista do cientista, como herói e como um produto individual, ele está desenvolvendo uma visão crítica e preocupando-se com a desconstrução dos mitos, valorizando os processos coletivos e contextualizando o coletivo.</p>		
5ª/A2	antes	Sim, pode. A história da ciência nos mostra a evolução da mente e inteligência humana e através disso foram se aprimorando cada vez mais o conhecimento.
	depois	A história da ciência infelizmente não reporta todos os conhecimentos, deixando para traz diversos nomes e pessoas ou experimentos importantes de fora. Mostrando apenas os nomes mais conhecidos, renomados e respeitados das épocas, deixando importantes contribuições de fora.
<p>Análise 5ª/A2: Nos dois momentos a aluna aborda a importância da história da ciência, mas com enfoques distintos. No pré-teste temos uma postura mais afirmativa e geral ressaltando a importância da história da ciência na compreensão do desenvolvimento científico. Neste momento enfatiza a evolução da mente e da inteligência humana como um processo contínuo de aprimoramento do conhecimento, com uma visão linear do progresso científico.</p> <p>No pós-teste também reconhece a importância da história da ciência, porém com uma visão mais crítica e reflexiva. Neste momento aponta uma limitação em que a história da ciência nem sempre registra todos os conhecimentos, nomes ou experimentos, privilegiando figuras renomadas e respeitadas em suas épocas. Nesta visão crítica o aluno revela uma preocupação com a exclusão de contribuições valiosas que ficaram a margem do registro histórico, questionando a imparcialidade e a completude da narrativa científica tradicional.</p>		
5ª/A3	antes	Pela conquista que foi produzida e tem conhecimento pela ciência.
	depois	É considerado o conhecimento científico surgiu o conhecimento pode ser considerado uma narrativa verdadeira a necessidade do ser humano.
<p>Análise 5ª/A3: Esta aluna sempre teve dificuldade de expressar suas ideias, mas parece que num primeiro momento argumenta que o conhecimento foi conquistado e expressa-se através da ciência.</p> <p>No pós-teste a aluna interpreta a história da ciência como uma narrativa verdadeira, não desenvolvendo um senso crítico sobre o conhecimento.</p>		

Fonte: A pesquisa (2024).

A aluna A1 partiu de uma concepção ingênua de que a história da ciência serve para ensinar o desenvolvimento científico, para uma visão mais elaborada e crítica sobre como a história da ciência deve ser abordada. Assim, esta interpretação crítica da história da ciência busca satisfazer os desafios da educação do século XXI, como descrito por Lima e Rosa (2022), ocorrendo uma inserção na formação pedagógica dos futuros professores de ciências.

A aluna A2, por seu turno, evolui de uma visão “clássica” da história da ciência para uma visão crítica onde envolve cientistas não citados pela história da ciência corriqueira. Como cita Lima (2021) configurou a necessidade de analisar as ciências e a história em suas relações

concretas com a sociedade, em uma visão externalista, enfatizando como esses campos se entrelaçam com a organização social.

Quadro 11 - Questionário, pergunta 6

Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade?		
Questão/Aluno	Momento	Descrição
6ª/A1	antes	A falta de valorização da ciência e da educação, a ideia errônea de que a ciência é construída rapidamente, a pouca divulgação da grande trajetória que diversos cientistas percorrem até uma teoria ser realmente comprovada.
	depois	O preconceito, a xenofobia, classe social, política.
Análise 6ª/A1: No pré-teste a aluna enfatiza uma história da ciência como uma ferramenta essencial para entender o progresso científico. No pós-teste, realmente a aluna destaca a problematização e os desafios estruturais e sociais que influenciam o desenvolvimento científico. Neste momento a aluna apresenta uma visão mais crítica destacando as desigualdades e preconceitos.		
6ª/A2	antes	Muitos fatores infelizmente. Nos dias de hoje ainda existem muitas barreiras, inclusive redes sociais e pessoas leigas afirmando coisas aleatórias. Atrapalhando a verdade.
	depois	Os fatores infelizmente existem sendo causa o lugar e origem da pessoa, o sexo se mulher ou homem, idade e também se a pessoa tem ou não influencia. Como muito ocorreu no passado onde grandes contribuições levavam somente o nome de cientistas famosos deixando escondido nomes importantes com ideias e contribuições eficientes.
Análise 6ª/A2: O pré-teste declara que a história da ciência é importante para compreender o desenvolvimento científico. Cita uma visão ampla sem detalhamento dos desafios ou obstáculos que podem dificultar a compreensão do que é ciência. Ela menciona barreiras contemporâneas, como a desinformação propagada nas redes sociais e por pessoas leigas, que atrapalham a disseminação da verdade científica. No pós-teste temos uma abordagem mais crítica e detalhada, focando nos fatores que dificultam a construção e divulgação de uma narrativa científica. A aluna também faz uma análise crítica a prática comum do passado de atribuir grandes contribuições apenas a cientistas famosos, enquanto nomes importantes e significativos eram esquecidos. Essa diferença de visão apresentado no pós-teste reflete uma visão mais idealizada e uma perspectiva mais crítica e realista da história da ciência.		
6ª/A3	antes	Os fatores podem ter reconhecimento da sociedade de como trabalhar com o saber de como explicar.
	depois	Pode se influenciar o conhecimento com alteração das condições previstas pelos cientistas e da sociedade.
Análise 6ª/A3: Parece que a aluna não soube interpretar a questão, respondendo vagamente.		

Fonte: A pesquisa (2024).

A aluna A1 num segundo momento evolui sua resposta para um pensamento mais crítico de ciência citando as relações sociais, as desigualdades e preconceitos. Como Moura (2016), propõe ocorre uma abordagem educacional que articule a prática científica com sua dimensão histórica e política, capacitando os estudantes a analisar o papel da ciência na sociedade e suas implicações éticas e epistemológicas.

A aluna A2 num segundo momento apresenta um pensamento mais crítico sobre a história da ciência quando afirma que cientistas são esquecidos na história em privilégio de poucos cientistas renomados, como comentado por Melzer e Aires (2015). Os autores afirmam que os livros didáticos têm suprimido informações importantes da história da ciência. Também

se percebe que a aluna desenvolveu um senso crítico ao desprender-se de uma aprendizagem mecânica e reprodutiva que ensina verdades absolutas ao interpretar a história da ciência e a existência de cientistas esquecidos, como citado por Lima e Rosa (2022).

Quadro 12 - Questionário, pergunta 7

Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade?		
Questão/Aluno	Momento	Descrição
7ª/A1	antes	A ciência explica diversas coisas do dia a dia, mostrando e explicando como as coisas realmente funcionam, quebrando o conhecimento empírico.
	depois	Se relaciona por meio de interesses e necessidades, por exemplo, em guerras a maior parte do conhecimento científico foi voltado para a produção de armas e outros instrumentos bélicos...
<p>Análise 7ª/A1: No pré-teste a aluna apresenta a ciência como uma ferramenta de compreensão do mundo, com uma visão mais neutra e descritiva.</p> <p>No pós-teste a aluna mostra como a ciência é influenciada e aplicada em contexto específico, como as guerras. A aluna faz um comentário com uma interpretação crítica a utilização da ciência na sociedade e suas motivações de uso.</p> <p>Portanto, ouve uma maior interpretação das questões éticas, história da ciência e sociedade, evidenciando uma postura crítica.</p>		
7ª/A2	antes	Influência de uma forma direta, pois as pessoas se tornam mais criteriosas, instigadas a saber a fundo das coisas, se tornando menos alienadas e dando grande ideias inovadoras.
	depois	Se relaciona diretamente com a sociedade, pois tudo que ocorre ao redor influencia claramente com a ciência. Porém existe diversas adversidades e desafios para serem inseridos e principalmente entendido pela sociedade que muitas vezes acaba por ser leiga e ter dificuldade em entender coisas não tangíveis.
<p>Análise 7ª/A2: No pré-teste a aluna foca nos benefícios da ciência para o desenvolvimento individual e coletivo, tendo uma visão otimista e inspiradora.</p> <p>No pós-teste a aluna aborda os desafios de integrar a ciência na sociedade, em particular a complexidade dos conceitos científicos. Desse modo, faz-se uma análise crítica sobre as barreiras que impedem a ciência de ser plenamente compreendida e valorizada.</p> <p>Então, nesta evolução de pensamento, com uma visão crítica, ocorre uma motivação em refletir sobre a responsabilidade de comunicar a ciência de forma clara e acessível além de entender os desafios de inserção do conhecimento científico na sociedade.</p>		
7ª/A3	antes	Através do conhecimento e como trabalhar com a sociedade.
	depois	Para ter o conhecimento da ciência é o resultado de atividades que envolvem a coleta de dados e experimentação.
<p>Análise 7ª/A3: Nota-se que esta aluna novamente não soube interpretar a questão ao relacionar a ciência com a sociedade.</p>		

Fonte: A pesquisa (2024).

A aluna A1, após o desenvolvimento da sequência didática, apresenta uma postura crítica com relação as questões éticas, história da ciência e sociedade, bem como indicativos do desenvolvimento de uma concepção crítica e reflexiva sobre a realidade (Lima *et al.*, 2021, *apud* Lima; Rosa, 2022). Segundo os autores mencionados, o exercício da cidadania está associado ao “desenvolvimento de uma concepção crítica e reflexiva sobre a realidade”.

A aluna A2 desenvolveu um senso crítico ao entender a responsabilidade de comunicar a ciência na sociedade e o fato dessa sociedade influenciar o desenvolvimento científico,

manifestado pela preocupação de inserir o conhecimento científico na sociedade. Ao final, a aluna parece ter percebido que a educação deve proporcionar uma interpretação crítica do mundo, como descrito por Moreira (2010), quando afirma que o conhecimento científico deveria valorizar a interação social e se tornar crítico na aprendizagem com significado, desenvolvendo uma sociedade mais consciente e atuante.

Quadro 13 - Questionário, pergunta 8

De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?		
Questão/Aluno	Momento	Descrição
8ª/A1	antes	Influencia por meio de novas tecnologias lucrativas, alternativas ambientais, invenções que tem o potencial de mudar totalmente a forma de viver.
	depois	O conhecimento científico precisa de tempo para ser construído, por conta disso alguns países não investem tanto em ciência, por ser um grande gasto e não gerar resultados instantâneos, mas dizer que ciência não traz resultado econômicos é algo incorreto, pois os países que mais investiram em ciência são os mais desenvolvidos economicamente nos dias de hoje.
<p>Análise 8ª/A1: O pré-teste aborda os resultados práticos e transformadores da ciência, com uma visão focada na apropriação da ciência. Esta visão possibilita desenvolver um entendimento do potencial da ciência para gerar inovações e mudanças significativas.</p> <p>No pós-teste a aluna aborda os desafios e o retorno econômico a longo prazo do investimento científico. Desenvolve uma análise crítica sobre os obstáculos e a necessidade de paciência e planejamento para colher os frutos do investimento em ciência. Ou seja, faz uma reflexão sobre a importância de defender investimentos em ciência e pesquisa, mesmo que os resultados demorem a aparecer.</p>		
8ª/A2	antes	De um modo bem direto. Países que focam na educação, ciência e pesquisa acabam com conhecimentos corriqueiros e alienação tornando assim a população mais desenvolvida e a frente.
	depois	Influencia diretamente na economia de um país, sendo que a ciência traz grandes contribuições, e novas descobertas, inovações e tecnologias, capazes de gerar emprego, exportação, melhorias, etc... um exemplo: Brasil e Instituto Butantan trabalhou na vacina para a imunização do SARS-CoV (Covid).
<p>Análise 8ª/A2: No pré-teste a aluna está focada no impacto social e intelectual da ciência, destacando o papel da ciência na formação de sociedades mais desenvolvidas e sensivelmente crítica. Nesta visão está relacionando o papel da ciência e da educação como ferramentas para o desenvolvimento humano e social.</p> <p>No pós-teste a aluna aborda o impacto econômico e prático, com um exemplo concreto, tendo uma escrita mais específica e ampliada mostrando como a ciência gera benefícios econômicos e soluções para problemas reais. Neste momento a escrita pode servir como base para entender como a ciência contribui para a economia e para a resolução de desafios globais, como a pandemia de Covid-19.</p>		
8ª/A3	antes	O conhecimento como desenvolver e buscar mais sobre a ciência.
	depois	O conhecimento atento e aprofundado de algo sistematizado adquirido via observação é avaliado por diversos indicadores no desenvolvimento econômico.
<p>Análise 8ª/A3: No pré-teste a aluna associa a ciência e o desenvolvimento científico através da constante busca pelo conhecimento.</p> <p>No pós-teste quando a aluna escreve sobre a “observação e avaliação” deduz-se que está referindo-se à aplicação prática do conhecimento científico e seu impacto no desenvolvimento econômico. Neste momento a aluna cita como o conhecimento científico é sistematizado e avaliado para gerar benefícios econômicos.</p>		

Fonte: A pesquisa (2024).

A aluna A1 apresentou um pensamento crítico ao perceber que a sociedade ao investir em ciência e tecnologia proporciona para sua população uma melhor qualidade de vida, com um “retorno econômico”. Nota-se que esta aluna desenvolveu uma postura criativa, inovadora

e contextualizada a uma sociedade em constante transformação como citado por Moreira (2006). Segundo o autor a educação deve ocupar-se em proporcionar uma formação que leva a uma postura crítica, estando mais apto a viver diante das incertezas da sociedade.

A aluna A2, após a sequência didática, apresentou um raciocínio detalhado e mais abrangente mostrando uma ciência voltada para o desenvolvimento de tecnologias e os benefícios econômicos. Esta preocupação com o desenvolvimento científico e a sociedade, evidenciam que o aluno desenvolveu uma interpretação crítica do mundo, alterando a sua percepção do mundo. Moreira (2010), afirma que para isso ocorrer é importante o professor valorizar as interações sociais e a postura crítica na aprendizagem.

A aluna A3 demonstrou ter ampliado seus conhecimentos na busca sobre a aplicação do conhecimento científico e o impacto econômico gerado. Nota-se que surge uma preocupação com as questões sociais do conhecimento proporcionando uma nova visão de mundo em decorrência da mudança na postura didática do professor. Segundo Scheid (2018) na sociedade em que vivemos com os desenvolvimentos tecnológicos dos organismos geneticamente modificados, transgênicos, as tecnologias digitais e muitas outras mudanças “exige cidadãos críticos da realidade em que vivem e atuantes na busca de soluções para os problemas que encontram” (Scheid, 2018, p. 444). Muitos dos problemas da sociedade contemporânea são resultados das aplicações da ciência e tecnologia.

5.5.2 Construção de uma concepção histórica e social da ciência

Esta categoria compreende identificar o surgimento e a compreensão de que a ciência é desenvolvida a partir de uma concepção social e histórica. Os dados obtidos para análise decorrem do diário de bordo, dos vídeos gravado nas aulas e das falas dos alunos em sala de aula.

Como apresentado no relato do diário de bordo, na Aula 1, inicialmente as alunas ao se referirem ao questionário sobre a natureza da ciência argumentaram que a ciência deve ser experimental e empírica. Deste modo e aos olhos do pesquisador, é perceptível a existência de uma visão de que a ciência se baseia na observação direta dos fatos e na realização de experimentos controlados para testar hipóteses. Porém, ao término da aula e após assistirem os vídeos propostos na aula, as mesmas alunas passam a mencionar que definir o que é ciência não é tão simples, na verdade uma questão bem complexa. Tal posicionamento das alunas pode estar associado ao fato de que nos vídeos foi trazido reflexões críticas sobre uma visão elitista e individualista; sobre o fato de que os cientistas são homens, branco e europeu; e que os

cientistas não trabalham em grupos. Reflexões críticas, também, sobre uma concepção empírico indutivista; de que a ciência somente está vinculada a observação do real e com a experimentação; e de uma concepção rígida da ciência... a partir do método científico. Estas reflexões causadas pelos vídeos foram oportunas para debater o que é ciência.

Na Aula 3 foi realizado uma pesquisa sobre os cientistas que participaram do desenvolvimento científico dos modelos atômicos e que a história tem ignorado, tornando-os invisíveis. A aluna A1 argumentou que a *“HC cita somente alguns cientistas, pois seriam os mais importantes, reduzindo a HC a poucos nomes para ser mais fácil de recordar”*. A aluna A2 acredita que são citados na HC os nomes mais conhecidos para ter maior credibilidade sobre a teoria atômica. Deste modo omitem nome de cientistas que *“não são tão conhecidos”*. Frente a essas colocações, foi conduzida a pesquisa e a socialização do encontrado de modo a trazer questões relacionadas com a humanidade na tentativa de abandonar as narrativas triunfalistas presentes na HC. O discutido procurou desenvolver um pensamento que considera a ciência como uma construção humana, um empreendimento coletivo em que o social não está desvinculado do processo de construção da ciência, *“considerando não apenas os sucessos, mas também os fracassos”* (Guerra, 2021, p. 1087).

Em continuidade o professor argumentou que a fala das alunas representa uma ciência neutra, pois ingenuamente estavam argumentando que terceiros decidiram que a HC seria descrita deste modo, citando somente alguns cientistas. Imediatamente as duas alunas mencionam não acreditar em uma ciência neutra e que a humanidade define o que lhe convém, segundo princípios políticos, econômicos, culturais e sociais. Após suas falas o professor solicitou para elas refletirem sobre seus argumentos e identificassem que suas falas são ingênuas mesmo acreditando que a ciência não é neutra. Nesse momento elas detectam uma contradição entre a fala e o pensamento. A aluna A1 mencionou *“eu não penso assim, mas a minha fala é assim”*, referindo-se a sua resposta ingênua sobre a neutralidade científica. Guerra (2021) destaca que a análise cultural e social das práticas científicas tornam-se fundamental para realizar estudos históricos sobre ciência. A autora faz referências a questão da invisibilidade na ciência, pois muitas pessoas participaram de experimentos e pesquisas científicas, mas não são citados nos registros científicos. Vale o registro de que as atividades desenvolvidas e que integram o produto educacional desta tese, exploram o contexto da produção do conhecimento, trazendo aspectos históricos e sociais da ciência.

Neste momento a aluna A2 argumenta que as mulheres que participaram das pesquisas científicas no século XIX e XX tiveram que realizar suas publicações utilizando o nome dos

maridos, pois mulheres não podiam ser pesquisadoras. Isso mostra que desenvolveu um senso crítico e tem conhecimento sobre a existência de um patriarcado na ciência.

Quando citado o experimento de Geiger-Marsden (folha fina de ouro) e o modelo atômico desenvolvido por Nagaoka (saturniano) e o descaso que a história da ciência faz sobre a importância destes cientistas a aluna A1 afirma, para a turma, após pesquisa e debates que *“pode ter sido um egoísmo dos cientistas por querer o crédito somente para eles, não citando os demais participantes”*. Deste modo ocorre o desenvolvimento de uma postura social crítica sobre a HC, onde o ensino foi centrado no aluno pois o *“aluno é responsável por sua própria aprendizagem, que ele é o senhor dessa aprendizagem”* (Moreira, 2017, p. 46).

Na aula 4, quando questionado as alunas sobre a invisibilidade de alguns cientistas na HC, as alunas argumentaram em sala de aula que é importante passar para os alunos, de ciências, a *“verdadeira história da ciência”* para que saibam que eles também podem se tornar um pesquisador, ou um aprendiz em iniciação científica.

Quando chamado a atenção para o fato da ciência ser uma construção coletiva, a aluna A1 argumenta *“que sempre tem espaço para trabalhar como pesquisador, muitas vezes como o principal pesquisador ou como um auxiliar de pesquisa que futuramente pode ser um pesquisador”*. A aluna começou a entender como a ciência funciona, mas isso não faz da aluna uma cidadã consciente sobre o bem-estar coletivo e a justiça social, mesmo com o desenvolvendo da literacia científica não temos a garantia de um cidadão consciente de sua posição social. Moura (2021) cita que a bússola da educação em ciências deve estar alinhada com valores de justiça social e bem-estar coletivo, pois estes seriam os desafios da contemporaneidade.

Nesta construção coletiva de ideias a aluna A2 argumenta *“que se os alunos percebem que existe pesquisadores que inicialmente são auxiliares e futuramente podem ser o principal pesquisador, estaria fomentando a iniciação científica”*.

Em diálogo as alunas reforçaram o argumento de que *“é importante passar para os alunos a ‘verdadeira’ história da ciência para que os alunos saibam que eles podem se tornar um pesquisador”*. Assim, acredito que os alunos perceberam a contribuição de diversos cientistas no desenvolvimento da teoria atômica.

As alunas demonstraram compreensão da ciência como uma construção coletiva e dinâmica, superando a visão tradicional de cientistas isolados como únicos protagonistas. Como citado por Scheid (2018, p. 452) quando afirma que a história da ciência no ensino de ciência é *“uma ferramenta válida para questionar o que é o conhecimento e como este é produzido”*.

Quando as alunas argumentam que a “*verdadeira história da ciência*” deve incluir uma diversidade de contribuições - desde auxiliares até pesquisadores principais -, elas evidenciaram uma nova construção cognitiva que integra valores de equidade e possibilidade de participação na pesquisa científica. McComas (2020 *apud* Lima; Rosa, 2022, p. 486) aponta para a potencialidade da HC possibilitar a compreensão da natureza da ciência, ou seja, “sobre o que é ciência, como ela funciona, suas potencialidades e limitações, bem como suas relações com a sociedade, tecnologia e cultura”, ou seja a “*verdadeira história da ciência*”.

Neste relato das alunas, nota-se a evidência de aprendizagem pois associaram o conteúdo da HC às questões sociais de inclusão e representatividade, reconhecendo que o conhecimento científico é humano, acessível e em constante evolução, e está permanentemente fomentando a iniciação científica. Para Martins (2006), a HC não substitui o conhecimento científico, mas pode complementá-lo, proporcionando o entendimento das relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Isso mostra que a ciência se desenvolveu concomitantemente com a sociedade e a tecnologia, que a ciência faz parte de um mundo humano e de uma cultura.

Na Aula 5, ao fazer referências ao fenômeno de fluorescência e fosforescência, a aluna A1, em seus conhecimentos prévios, descreveu seu entendimento dos conceitos de fluorescência e fosforescência. Esse conhecimento que apresenta conceitos corretos não incluía aspectos históricos, culturais ou mesmo sociais da produção do conhecimento. Ao expor seu entendimento ela o trouxe de forma descontextualizada e na tentativa de incluir aspectos da HC, a aluna recorreu a uma narrativa biográfica de pesquisadores como Antoine Henri Becquerel. Todavia, ao ser trabalhado em aula o material que integra as atividades do PE, contextualizando a participação de Becquerel, Rutherford e a família Curie as alunas depararam-se com um conhecimento científico crítico na tentativa de proporcionar o que Matthews (1995) considera como humanizar as ciências e aproximar dos interesses éticos, políticos, culturais e pessoais; ao tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, promovendo o pensamento crítico; contribuir para um entendimento mais significativo da ciência, dando significado às formulas e às equações.

Na aula 7, ao contemplar a física nuclear, inicialmente as três alunas deram pouca importância para o documentário (Fukushima: o dia em que o Japão sofreu um triplo desastre) apresentado, mas no decorrer do vídeo elas acabaram se envolvendo emocionalmente com o tema. Ao término do vídeo, elas ficaram impressionadas pelas dimensões da catástrofe e mencionaram que não conseguem imaginar isso ocorrendo em um país como Brasil. Ao apresentar vídeos mostrando o potencial destrutivo das armas nucleares as alunas comentaram brevemente que poderia ser utilizado esses recursos de armamento para melhorar a qualidade

de vida da humanidade. Como Moreira (2010; 2011; 2017) afirma, é necessária uma aprendizagem significativa crítica, com o objetivo de preparar o sujeito a viver na realidade que se apresenta. O aluno deve ter conhecimento de ciência e da tecnologia que o cerca e saber discernir ela.

Na sequência foi apresentado o vídeo “Física Nuclear – Introdução”. As alunas silenciaram-se com a complexidade do vídeo, especialmente ao abordar explicações sobre os quarks, as quatro forças fundamentais e a física nuclear, também reforçado com a explicação do professor. Neste momento o professor desenvolve estratégias para apresentar conteúdos contemporâneos como afirma Moreira, “Estamos no século XXI, mas em algumas disciplinas a matéria ensinada não passa do século XX” (Moreira, 2017, p. 23).

Ao término da aula foi comentado sobre reportagens onde afirmam que existem projetos de implementação de novas usinas nucleares no Brasil e as alunas questionaram o fato do Brasil (governo e sociedade) não se importar com o meio ambiente e provavelmente não tomar os devidos cuidados com o lixo nuclear. Essa discussão estendeu-se uma vez que as alunas se consideram defensores da preservação do meio ambiente e questionam a tecnologia nuclear como um recurso viável. O professor procurou, através de argumentos, desmistificar a interpretação equivocada de que uma usina nuclear está emitindo radiações descontroladamente e sem segurança. Nota-se que as alunas relacionaram seus conhecimentos sobre o meio ambiente a implementação de uma nova tecnologia e apresentaram uma postura crítica sobre a implementação desta “nova tecnologia”. Seguindo as ideias de Alencar e Silva (2018) que afirmam que os textos dos livros didáticos são exposições de conceitos e demonstrações matemáticas e quando ocorre citações históricas são superficiais... e a aprendizagem pode se torna agradável quando contextualizada historicamente, situando o aluno no mundo da ciência, explicitando como se desenvolveu o conhecimento científico em um longo processo de construção.

Na aula 8, foi apresentado o tema “radiação nos alimentos” e as alunas questionaram se a radiação deixa resíduos radioativos nos alimentos, momento em que o professor retomou a explicação sobre o fenômeno da radiação e apresentou outros vídeos que pudessem elucidar o caso. Posteriormente, as alunas demonstraram preocupação quanto à segurança no manuseio de substâncias radioativas. Por fim, mostraram-se surpresas por saber que tal tecnologia vem sendo pesquisada há muitos anos e, ainda assim, permanece desconhecida por grande parte da sociedade. Percebe-se a influência do meio em que vivem, no qual defendem questões ambientais, mas agregam novos conhecimentos ao se depararem com a utilização da radiação nos alimentos. Vieira (2020, p. 60), citando Moreira, afirma que a TASC tem como princípio a

aprendizagem significativa, acrescido do fato de que “o contexto dos sujeitos interfere no processo educativo”. Assim, a introdução dos conceitos da radiação nos alimentos deve proporcionar a inserção das alunas em sua realidade e cultura, junto ao desenvolvimento de um senso crítico.

No decorrer da aula, a aluna A1 argumenta que, inicialmente, tinha certo preconceito quanto às tecnologias nucleares, mas que, com o esclarecimento sobre a física nuclear e os benefícios apresentados, concluiu que sua utilização pode ser uma opção viável. A aluna comenta que o preconceito se dava pelo receio de que a tecnologia nuclear pudesse prejudicar a saúde das pessoas, revelando uma preocupação com a possibilidade de radiação residual. A implementação do PE parece ter promovido o exercício da cidadania, que está associado ao “desenvolvimento de uma concepção crítica e reflexiva sobre a realidade”, como apontam Lima (*et al.*, 2021, *apud* Lima; Rosa, 2022, p. 486), bem como à formação científica.

A aluna A3 intervém e questiona sobre o uso de armas nucleares, argumentando que, infelizmente, já foram utilizadas. De forma ingênua, demonstra-se inconformada com o fato, revelando que nunca havia refletido profundamente sobre o tema. Nesse fluxo de informações e discussões científicas, envolvendo física nuclear e radiações, a aluna interpreta acontecimentos históricos, como o uso de armas nucleares e a possibilidade de que venham a ser utilizadas novamente, como uma expressão de despreço do ser humano por seu semelhante. Nota-se, portanto, que a História da Ciência não tem como objetivo único atrair o aluno por meio de relatos, mas também desenvolver um senso crítico sobre a ciência estudada, despertando o entendimento da essência da física, que é estudar e compreender os fenômenos (Alencar; Silva, 2018).

A aluna A1, muito participativa, questiona sobre o acidente nuclear ocorrido em Chernobyl e, posteriormente, menciona o acidente nuclear de Fukushima. Impressionada com o nível de contaminação residual que permaneceu no solo dessas regiões, e com o isolamento e cuidados que o ser humano deve manter ao lidar com a radiação, demonstra ter compreendido os conceitos de física nuclear (decaimento radioativo, meia-vida atômica e tipos de radiação) abordados durante o desenvolvimento do Produto Educacional. Nesse momento, observa-se que a aluna rompe com a ideia de que a física é uma “matéria difícil”, que desestimula os estudantes, evidenciando a baixa confiança em compreendê-la. Essa “barreira”, citada por Alencar e Silva (2018, p. 161), impede o aluno de aprender, mesmo quando possui habilidades por não conseguir “enxergar” conceitos triviais. Parece, então, que o PE oportunizou a aprendizagem de conceitos fundamentais da física nuclear, conforme previsto na categoria “c) apropriação dos conhecimentos abordados”.

5.5.3 Apropriação dos conhecimentos abordados

Esta categoria compreende identificar o surgimento e a compreensão dos conceitos de FMC, através dos dados obtidos para análise decorrem do texto dissertativo, sobre o átomo, respondido pelos participantes na primeira e na última aula (Apêndice IX).

Na descrição inicial do átomo a aluna A1 faz uma simples descrição dos modelos atômicos clássicos e cita os cientistas envolvidos, caracterizando o átomo como uma partícula divisível composta por prótons, nêutrons e elétrons.

Na descrição final a aluna A1 temos a citação do surgimento do pensamento atomista a partir de Demócrito, a teoria de John Dalton, Thomson, o “desconhecido” Nagaoka, Rutherford e Bohr. A mesma dá um destaque para os cientistas que ficaram invisíveis aos olhos da HC e tiveram participação significativa em teorias e experimentos. A aluna preocupou-se muito em explicar a NdC ao invés de explicar os conceitos de FMC. Acredita-se que foi significativo o desenvolvimento do PE quando se deparou com a construção do conhecimento, a coletividade da ciência, e a relação entre ciência e sociedade. A mesma cita que o desenvolvimento do conhecimento científico aparenta ser linear e individual, porém ao investigar com maior profundidade depara-se com uma construção coletiva da ciência e que sofre influência do momento histórico que está vivendo, e da sociedade. Segundo a aluna, o desenvolvimento científico proporciona o avanço tecnológico com que transforma a sociedade.

Segundo Melzer e Aires (2015, p. 63) o ensino dos modelos atômicos demonstram que os livros didáticos têm “suprimido dados importantes para a compreensão de como os pesquisadores da Teoria Atômica chegaram a determinados modelos”. Deste modo, deixam de contemplar informações importantes sobre como realmente ocorreu a construção de cada modelo e quais fatores influenciaram a construção. Este PE vem contribuir com a aprendizagem da FMC trazendo informações importantes sobre a construção das teorias atômicas e sobre a NdC.

Na declaração da aluna A1 percebe-se, ainda, que inicialmente havia concepções erradas da ciência, que segundo Martins (2006) algumas pessoas concebem a ciência como verdade absoluta, imutável, eterno, algo que foi descoberto por gênios que nunca erram. Mas a aluna A1 percebe que o conhecimento é desenvolvido por seres humanos falíveis e que em um esforço comum entre cientistas é aperfeiçoado, sem ter a certeza de chegar a algo definitivo.

Na descrição inicial, a aluna A3 divaga sobre o átomo não descrevendo corretamente a teoria atômica. Já na descrição final a aluna faz uma descrição ingênua de como o átomo é

constituído a partir do núcleo atômico a eletrosfera. Descreve que os átomos são eletricamente neutros e possuem elétrons com massa desprezível. Além disso, a aluna cita o fato que os átomos são estudados a partir de modelos atômicos (representações) que evoluíram junto com o desenvolvimento tecnológico da sociedade e de sua época.

Como Martins (2006, p. 20) afirma a ciência não se desenvolve em uma bolha isolada, mas em um “contexto social, econômico, cultural e material bem determinado” Essa compreensão da ciência foi introduzida na formação do aluno de licenciatura, nível superior, que possibilita futuramente desenvolver história da ciência no ensino fundamental e ensino médio. Nota-se, também, que a implementação da história da ciência em sala de aula possibilita “a compreensão da construção sócio-histórica do conhecimento, da dimensão humana da ciência” (Forato; Pietrocola; Martins, 2011, p. 29). Então, quando a ciência está associada a atividade humana e envolta em um contexto sociocultural o desenvolvimento do conhecimento científico no banco escolar também é um processo contextualizado e influenciado pelos elementos sócio-político-cultural.

Em termos da apropriação dos conceitos científicos e mais especificamente em relação ao anunciado na TASC, destacamos que o estudo possibilitou identificar indícios de uma aprendizagem nos momentos que os estudantes identificavam os conceitos adquiridos em novas situações ou mesmo quando era perceptível uma ampliação na compreensão de um determinado conceito. Dentre esses momentos menciona-se a aluna A1 que na questão 4 responde que a teoria é comprovada a partir do experimento, para posterior responder que o experimento serve para “*entender o comportamento do átomo*”, ou seja, ocorre uma interpretação do experimento segundo as convicções do cientista.

Destaca-se a aluna A2 que na questão 4 inicialmente não soube responder e posteriormente afirma que “*mesmo não vendo o átomo, sabemos que ele existe por meio de teorias*”, apresentando um entendimento de que existe um modelo atômico (científico) elaborado através da ciência.

Além disso, destaca-se a aluna A3, que, inicialmente, afirma que o cientista tem conhecimento do átomo para, posteriormente (pós-teste), afirmar existir um “modelo que explica a estrutura, o comportamento e as interações dos átomos”, demonstrando entender que existe uma representação do modelo atômico.

Na aula 5, a aluna A1 descreve perfeitamente os conceitos de fluorescência e fosforescência; porém, não demonstra conhecimento do contexto social e científico em que tal conhecimento surgiu, segundo HC. Após o contato com o PE, as alunas passaram a conhecer

os experimentos desenvolvidos por Becquerel, Rutherford e a família Curie, contextualizando e compreendendo a construção coletiva do conhecimento.

Na aula 8, a aluna A1 inicialmente afirma ter preconceito quanto ao uso da tecnologia nuclear; porém, após o desenvolvimento do PE, ela argumenta ter compreendido seu uso e conclui que é uma opção a ser considerada. Para uma aluna que se declara defensora do meio ambiente, chegar ao entendimento do uso das tecnologias nucleares representa uma evolução em seus conhecimentos científicos.

O mencionado possibilita inferir que as alunas demonstraram entendimento da Física nuclear e da radioatividade, fundamentais para a compreensão dos fenômenos atômicos. Também superaram as dificuldades iniciais na compreensão de partículas subatômicas, e na tentativa de fazer analogias a fenômenos de seu cotidiano. O desenvolvimento do produto educacional foi crucial, pois oportunizou uma imersão na FMC, permitindo-lhes discernir a energia nuclear como uma alternativa viável e limpa. Além disso, a narrativa histórica da Física, presente no material, resgatou a contribuição de cientistas frequentemente negligenciados, enriquecendo a perspectiva das estudantes. A sequência didática, por sua vez, elucidou a natureza e o processo de construção do conhecimento científico. Consequentemente, as alunas não apenas assimilaram os diversos modelos atômicos, mas também indicaram a presença de indícios de uma aprendizagem significativa crítica sobre a evolução da ciência, cultivando um senso crítico apurado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese debruçou-se sobre o desafio contemporâneo de lecionar FMC em cursos de formação de professores, especificamente para licenciandos em Ciências Biológicas. Reconhecendo que o ensino de ciências, muitas vezes, ancora-se em práticas que não transcendem os conteúdos do século XX (Moreira, 2017), e que o professor contemporâneo necessita instrumentalizar seus alunos para analisar, interpretar e argumentar criticamente sobre os fenômenos científicos e suas implicações sociais, esta pesquisa propôs e avaliou um PE, fundamentado na TASC e na HC. O objetivo central foi investigar como tal abordagem poderia fomentar não apenas a apropriação de conceitos da FMC, mas, crucialmente, o desenvolvimento de uma concepção crítica da ciência e a percepção da sua construção histórica e social entre os futuros professores de ciências.

A implementação do PE desenvolvido e implementado em 2023/2 deu suporte para o desenvolvimento final em 2024/2. Inicialmente foi idealizado um grande caderno de física com os temas de FMC e sutilmente abordando a NdC e a HC, em um total de onze encontros (22 horas/aulas). Em 2024/2 foi implementado o PE e reduzindo para 20 horas/aulas em virtude do compromisso com o restante da carga horária da disciplina de Física II e foi remodelado para atender o artigo de Lima e Rosa (2022).

A implementação do PE, ao longo de nove encontros, revelou transformações significativas na maneira como as alunas participantes do estudo passaram a conceber a ciência (NdC), seu desenvolvimento histórico e seu papel na sociedade, evidenciando a potência da TASC articulada à HC (Lima; Rosa, 2022). A análise dos dados, organizada em três categorias principais, compreensão/concepção de ciência, construção de uma concepção histórica e social da ciência e apropriação dos conhecimentos abordados, permitiu delinear a evolução das estudantes.

As atividades desenvolvidas e que integram o PE caracterizam-se por apresentar discussões sobre a ciência recorrendo a utilização de vídeos, estabelecimento de discussões interativas entre o professor e os participantes e também textos históricos com objetivo de trazer o contexto da produção do conhecimento. Cada atividade foi integrada por momentos de discussões que possibilitavam aos participantes resgatar seus conhecimentos sobre o assunto, bem como expor suas ideias de modo a que a cada situação discutida eles pudessem rever seu entendimento e ampliá-los. Esse movimento foi circunscrito por um debate crítico entorno da ciência, do modo como ela é produzida e do seu papel social. Os vídeos selecionados e trazidos

dentro das atividades tinham o objetivo de promover um confronto e a partir deles instituir um debate que culminava com a leitura do texto histórico.

As atividades foram organizadas a partir de três grandes tópicos. O **primeiro** sobre “*os modelos atômicos e a invisibilidade dos cientistas*” que trata da evolução clássica dos modelos atômicos citando o modelo atômico de Dalton e a teoria do calórico; a evolução da teoria do atomismo sobre os antiatomistas; o modelo atômico “esquecidos” de Nagaoka e do Chadwick; e o modelo atômico de Rutherford-Bohr. O **segundo** sobre a “*radioatividade e as mulheres na ciência*” refere-se ao estudo da radioatividade pelos contemporâneos de Becquerel, Rutherford e a família Curie; investiga-se a grande contribuição que Marie Curie deu ao desenvolvimento científico da época; e debates sobre a atuação das mulheres no mundo científico contemporâneo e/ou o papel da mulher na ciência. O **terceiro** trata da “*energia nuclear e o debate público da ciência*” onde cita o desenvolvimento de armas nucleares, a energia nuclear e a utilização da radiação nos alimentos, embasado nas teorias da física nuclear e uma breve pausa para analisar as partículas subatômicas.

No que tange à compreensão da NdC, observou-se uma clara progressão de visões mais ingênuas para uma perspectiva crítica e contextualizada. Inicialmente, algumas alunas demonstravam concepções que flertavam com o empirismo ingênuo ou viam a ciência como um corpo de verdades absolutas e imutáveis, descobertas por gênios isolados (Martins, 2006). Por meio das atividades propostas, que integravam episódios da HC e promoviam o debate sob a óptica da TASC, as alunas começaram a desconstruir essas noções. Por exemplo, a aluna A1, que inicialmente via o experimento apenas como forma de “comprovar” teorias, evoluiu para uma compreensão de que o experimento serve para “entender o comportamento do átomo”, indicando uma interpretação mais sofisticada do conhecimento científico. As estudantes passaram a reconhecer a ciência como uma construção coletiva, humana e falível, influenciada pelo contexto histórico, social e cultural. A discussão sobre cientistas “esquecidos” ou invisibilizados pela narrativa tradicional da HC, como o caso de Nagaoka mencionado pela aluna A1 em sua descrição final sobre o átomo, foi particularmente potente para ilustrar o caráter dinâmico e, por vezes, não linear e socialmente condicionado da produção científica. Essa evolução alinha-se com a TASC, que preconiza uma aprendizagem que não apenas assimila informações, mas que também questiona, relaciona e transforma o conhecimento em ferramenta para a compreensão crítica da realidade.

A construção de uma concepção histórica e social da ciência foi outro pilar da evolução observada. A HC ao ser abordada criticamente, possibilitou que as alunas transcendessem a mera cronologia de descobertas. Elas passaram a identificar, por exemplo, o “patriarcado

histórico no desenvolvimento do conhecimento científico” e a necessidade de políticas que fomentem a participação feminina, como emergiu nas discussões em sala de aula. A aluna A2, ao destacar a importância de se conhecer a “*verdadeira história da ciência*” para que os alunos “saibam que eles podem se tornar um pesquisador”, evidencia uma apropriação que vai além do conteúdo científico. A percepção de que a ciência não se desenvolve em uma “bolha isolada” (Martins, 2006), mas está imersa em um “contexto social, econômico, cultural e material bem determinado”, tornou-se mais nítida. As alunas demonstraram compreender que a HC não é um mero adorno, mas uma ferramenta essencial para desmistificar a ciência, humanizá-la e revelar suas interconexões com a sociedade, tecnologia e cultura, como defendido por Lima e Rosa (2022), ao proporem a HC como via para uma aprendizagem significativa crítica. A evolução da aluna A1, que inicialmente via a HC apenas como forma de “ensinar o desenvolvimento científico”, para uma visão mais elaborada sobre como a HC deve ser abordada criticamente, ilustra esse avanço.

Quanto à apropriação dos conhecimentos específicos da FMC, embora o estudo aponte para a necessidade de mais tempo ou estratégias diversificadas para aprofundar alguns conceitos mais complexos, a abordagem mostrou-se promissora. A evolução das alunas na compreensão de modelos atômicos, por exemplo, foi notável. A aluna A3, que inicialmente “divagava sobre o átomo”, passou a descrever sua constituição e a compreender que o “modelo explica a estrutura, o comportamento e as interações dos átomos”. O engajamento em discussões sobre temas sociocientíficos controversos, como o uso da tecnologia nuclear, também revelou a capacidade das alunas de mobilizar os conhecimentos adquiridos para formar opiniões críticas e fundamentadas. A aluna A1, por exemplo, superou um “preconceito inicial” quanto às tecnologias nucleares, passando a considerá-las uma “opção à sua utilização”, após compreender melhor a física nuclear e seus benefícios, demonstrando uma evolução em seus conhecimentos científicos e uma postura cidadã mais informada. Esse processo, no qual o conhecimento é ancorado em problemas reais e debatido criticamente, é central para a TASC. A desmistificação de conceitos, como a utilização de radioatividade nos alimentos, e a capacidade de relacionar o conhecimento científico com questões ambientais e de saúde, como demonstrado pelas alunas, são indicativos de uma aprendizagem que se torna significativa e crítica.

Deste modo, o PE desenvolvido, ao articular a TASC com a HC, mostrou-se uma ferramenta valiosa para promover uma formação mais crítica e contextualizada de futuros professores de ciências. As evidências da evolução das alunas, desde a superação de visões estereotipadas da ciência até a capacidade de analisar criticamente questões sociocientíficas

complexas, corroboram a pertinência da proposta. A ciência, como ressaltado por Guerra (2021), precisa ser compreendida para além do seu corpo de conhecimentos, abarcando suas dimensões sociais, materiais e temporais, e orientando-se para a justiça social.

A utilização da História da Ciência na formação inicial de professores constitui uma abordagem pedagógica importante para o desenvolvimento de um senso crítico apurado, pois desmistifica a natureza do conhecimento científico ao combater a visão tradicional de uma ciência linear e infalível, conforme aponta Martins (2006). Ao humanizar a ciência e revelar as trajetórias, erros e influências culturais dos pesquisadores - como observado na percepção de uma aluna sobre o "egoísmo" de certos cientistas -, esta abordagem evidencia a provisoriade do conhecimento e o caráter dinâmico e não dogmático da atividade científica. A análise histórica contextualiza as descobertas nos seus respectivos cenários sociais, políticos e tecnológicos, capacitando o futuro professor a compreender e debater as implicações sociais da ciência. Dessa forma, o educador transcende o modelo de ensino meramente mecânico, adotando práticas pedagógicas reflexivas que valorizam a argumentação, a interpretação de fontes e a compreensão de que o conhecimento é um processo em constante construção, preparando-o para um ensino mais significativo.

Percebe-se que a implementação da TASC pode ser articulada com a História da Ciência ao promover uma discussão sobre o conhecimento a partir de relações que promovem o questionamento e a crítica. A História da Ciência funciona como um subsunçor fundamental, revelando a ciência como uma construção humana, provisória e influenciada por seu contexto histórico e social. Ao integrá-la ao ensino, oportuniza-se a superação da memorização simples e direta dos fatos e capacita os alunos a compreenderem a evolução de paradigmas e a analisarem criticamente os propósitos do conhecimento científico, fomentando a formação de cidadãos emancipados, conforme preconiza a TASC.

Assim, finalizamos a tese inferindo que o uso da HC associada aos preceitos da TASC favorece uma visão crítica, ética, política e social da ciência, o que se revela promissor em cursos de formação inicial de professores. Ou seja, a relação entre História, Filosofia da Ciência e formação de professores destaca-se na promoção de uma compreensão crítica e contextualizada do conhecimento científico. A integração da HC ajuda futuras docentes a superar visões ingênuas, desenvolvendo pensamentos e compreensões essenciais para formar cidadãos capazes de analisar o papel da ciência na sociedade atual.

Sugere-se, para futuras implementações, um possível redimensionamento da quantidade de conceitos de FMC abordados frente ao tempo disponível para a disciplina, a fim de garantir uma variedade de estratégias que contribuam para uma assimilação mais profunda, embora o

desejo manifesto das alunas por conhecer temas contemporâneos da Física reforce a relevância da temática. A disponibilização desta tese e do PE em formato eletrônico visa contribuir para o fomento da pesquisa e de práticas pedagógicas inovadoras no ensino de ciências, particularmente no que tange à FMC, à HC e à promoção de uma aprendizagem significativa e crítica, capacitando educadores para os desafios do século XXI. Assim, convidamos a todos os professores para entrar nessa enseada e abordar os conteúdos de forma mais crítica, trazendo para isso a história da ciência como possibilidade.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Renan de Melo; SILVA, Sérgio Yury Almeida da. A utilização da História das Ciências como instrumento facilitador para o aprendizado da física clássica no Ensino Médio. **Revista de História**, v. 10, n. 1, p. 159-171, 2018.
- ALMEIDA, Argus Vasconcelos de; FARIAS, Carmen Roselaine de Oliveira. A natureza da Ciência na formação de professores: reflexões a partir de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. **Revista Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 3, p. 473-488, 2011.
- ARAÚJO, Liércio Pinheiro de; MENEZES, Robson Lucio Silva de. Educação e Aprendizagem: A teoria da aprendizagem significativa em David Ausubel. **Revista de Educação da Universidade Federal do Vale do São Francisco (REVASF)**, v. 9, n. 19, p. 4-25, ago., 2019.
- ASUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Hellen. **Psicologia Educativa**: un punto de vista cognoscitivo. México: Ed. Trillas, 1983.
- AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: uma perspectiva cognitivista. Lisboa: Ed. Paralelo LDA, 2003. Disponível em https://www.uel.br/pos/ecb/pages/arquivos/Ausubel_2000_Aquisicao%20e%20retencao%20de%20conhecimentos.pdf. Acesso em: 9 abr. 2023.
- BALDISSERA, Adelina. Pesquisa-ação: uma metodologia do “conhecer” e do “agir” coletivo. **Revista Sociedade em Debate**, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 5-25, 2001. Disponível em: <http://revistas.ucpel.edu.br/index.php/rsd/article/viewFile/570/510>. Acesso em: 24 maio 2024.
- BALLESTER, Antoni. Aprendizagem Significativa na Prática. **Revista de Educação e Desenvolvimento Humano**, v. 3, n. 4, dez. 2014.
- BOGDAN, Roberto C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Porto: Porto editora, 1994.
- BRASIL. CAPES. **APCN – Ensino**. Brasília, 2022.
- BRASIL. CAPES. **Documento de Área – Ensino**. Brasília, 2019.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- CORRÊA, Giovana Camila Garcia; CAMPOS, Isabel Cristina Pires de; ALMAGRO, Ricardo Campanha. Pesquisa-Ação: uma abordagem prática de pesquisa qualitativa. **Ensaios Pedagógicos**, v. 2, n. 1, p. 62-72, 2018.
- CRUZ, Robson Nascimento. História e Historiografia da Ciência: considerações para pesquisa histórica em análise do comportamento. **Revista Brasileira de Terapia Comportamental e Cognitiva**, v. 8, n. 2, p. 161-178, 2006.

DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. A formação de professores para um ensino subversivo visando uma aprendizagem significativa crítica: uma proposta por meio de episódios históricos de Ciência. **Revista Labore Ensino de Ciências**, Campo Grande, v. 1, n. 1, p. 14-34, 2016.

DAMASIO, Felipe; PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. Para que ensinar Ciência no século XXI? – Reflexões a partir da filosofia de Feyerabend e do ensino subversivo para uma aprendizagem significativa crítica. **Revista Ensaio**, v. 20, p. e2951, 2018.

DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. Mapas Conceituais como ferramenta didática na promoção da Aprendizagem Significativa de Eletrostática. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, v. 10, n. 22, p. 84-98, 2017.

DONOSO, José Pedro. **Espectroscopia física**. Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos, IFSC. Disponível em: <https://www.ifsc.usp.br/~donoso/espectroscopia/Luminescencia.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2024.

FORATO, Thaís Cyrino de Mello; PIETROCOLA, Maurício; MARTINS, Roberto de Andrade. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FOUREZ, Gérard. Crise no ensino de Ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 1-28, 2003. (Tradução Carmen Cecília de Oliveira).

GARCEZ, Andrea; DUARTE, Rosalia; EISENBERG, Zena. Produção e análise de vídeo-gravações em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 249-262, 2011.

GIACOMELLI, Alisson Cristian. **Experimentos de pensamento: da concepção histórico-epistemológica às contribuições para a aprendizagem significativa em Física**. 2020. 220 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

GIANOTTO, Dulcinéia Ester Pagani; CARVALHO, Fabiana Aparecida de. Diário de aula e sua relevância na formação inicial de professores de Ciências Biológicas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 2, p. 131-156, 2015.

GUERRA, Andreia; MOURA, Cristiano Barbosa de. História da ciência no ensino em uma perspectiva cultural: revisitando alguns princípios a partir de olhares do sul global. **Ciência & Educação**, v. 28, p. 2-20, 2022.

GUERRA, Andreia. Novas perspectivas historiográficas para história de ciências no ensino: discutindo possibilidades para uma educação em ciências mais política. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 4, edição especial, p. 1083-1100, 2021.

HIDALGO, Maycon Raul; LORENCINI JUNIOR, Álvaro. Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências. **História da Ciência e Ensino**, v. 14, p. 19-38, 2016.

JAMAL, Natasha Obeid El; GUERRA, Andreia. O caso Marie Curie pela Lente da História Cultural da Ciência: Discutindo relações entre mulheres, ciência e patriarcado na educação em ciências. **Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 24, p. 1-22, 2022.

KUHN, Tomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2010.

LIMA, Nathan Willig; MOURA, Cristiano Barbosa de; GATICA, Mario Quintanilla; ADÚRIZ-BRAVO Agustín. A história da ciência para uma educação em ciências do futuro: Desafios contemporâneos na América Latina. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 15, n. 2. p. 378-385, 2022.

LIMA, Nathan Willig. Histórias plurais para a construção de um mundo comum: como História, Filosofia e Sociologia das Ciências na Educação em Ciências podem contribuir para construção do mundo Pós-Pandemia. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 4, edição especial, p. 1027-1046, 2021.

LIMA, Nathan Willig; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. Porque devemos ensinar História das Ciências em aula de Ciências? Contribuições a partir de Teoria da Aprendizagem Significativa Crítica. **Espaço Pedagógico**, v. 29, n. 2, p. 484-510, 2022.

LOREIAN, Ingridy; DARROZ, Luiz Marcelo; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. Organizadores prévios no processo de ensino de Física: o que dizem os periódicos da área. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 16, n. 37, p. 210-223, 2020.

MARKO, Gabriela. **Concepções de Ciência e Educação**: contribuições da História da Ciência para a formação de professores. 2018. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-04122018-182319/publico/GABRIELA_MARKO_rev.pdf. Acesso em: 4 ago. 2025.

MARTINELLI, Núbia Rosa Baquini da Silva; MACKEDANZ, Luiz Fernando. Abordagens da História da Ciência no Ensino de Ciências. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 11, 2017, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis: UFSC, 2017. p. 1-9.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, Roberto de Andrade. **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: subsídios para a Aplicação no Ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTINS, Roberto de Andrade. O que é ciência do ponto de vista da epistemologia? **Caderno de Metodologia e Técnica de Pesquisa**, v. 9, p. 5-20, 1999.

MATTHEWS, Michael. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins; AIRES, Joanes Aparecida. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, v. 11, n. 22, p. 62-77, 2015.

MIRANDA, Leandro. Sequência Didática Inclusiva: Modelos Atômicos no Ensino Médio. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física) – Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, 2023. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=14812497#. Acesso em: 28 set. 2025

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa crítica**. 2000. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa Crítica**. 2010. Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/apsigcritport.pdf>. Acesso em: 5 jan. 2024.

MOREIRA, Marco Antonio. Aprendizagem Significativa Subversiva. **Série-Estudos – Periódico do Mestrado em Educação da UCDB**, Campo Grande, n. 21, p. 15-32, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino e Aprendizagem Significativa**. São Paulo: Ed. Livraria de Física, 2017.

MOREIRA, Marco Antonio. **Mapas Conceituais e Aprendizagem Significativa**. 1997. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/mapasport.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2023.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, n. 94, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, Marco Antonio; NARDI, Roberto. O mestrado profissional na área de ensino de Ciências e Matemática: alguns esclarecimentos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 2, n. 3, p. 1-9, 2009.

MOURA, Breno Arsioli. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOURA, Cristiano Barbosa de. Para quê História da Ciência no ensino? Algumas direções a partir de uma perspectiva sociopolítica. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo, v. 4, n. 3, p. 1155-1178, 2021.

MOURA, Cristiano Barbosa de; GUERRA, Andreia. História Cultural da Ciência: um caminho possível para a discussão sobre as práticas científicas no ensino de Ciências? **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 725-748, 2016.

NANAY, Bence. Internal History versus External History. **The Royal Institute of Philosophy**, 2017. Disponível em: <https://philarchive.org/archive/NANIHV>. Acesso em: 20 dez. 2024.

NOVAK, Joseph Donald. meaningful learning: the essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. **Science Education**, v. 86, n. 4, p. 548-571, 2002. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/1098237x/2002/86/4>. Acesso em: 12 mar. 2023.

NÓVOA, António. **Professores: imagens do futuro presente**. Lisboa: Ed. Educa, 2009.

OLIVEIRA, Rilavia Almeida de; SILVA, Ana Paula Bispo da. **A História da Ciência no Ensino: diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da Ciência**. p. 1-12. Disponível em: https://abrapec.com/atas_enpec/viiienpec/resumos/R0227-1.pdf. Acesso em: 20 dez. 2024.

OLIVEIRA, Rilavia Almeida de; SILVA, Ana Paula Bispo da. História da Ciência e Ensino de Física uma Análise Meta-Historiográfica. In: PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro; MARTINS, André Ferrer Pinto; FERREIRA, Juliana Mesquita Hidalgo. **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Ed. EDUFRN. Natal, 2012. p. 41-57.

PRESTES, Maria Elice Brzezinski; CALDEIRA, Ana Maria de Andrade. Introdução. A importância da história da ciência na educação científica. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, p. 1-16, 2009.

RAMIREZ, Santiago; COHEN, Robert S. The History of Science: Internal or External? Mexican Studies in the History and Philosophy of Science, 1995. **Kluwer Academic Publishers**. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-0109-4_6. Acesso em: 20 dez. 2024.

SCHEID, Neusa Maria John. História da ciência na educação científica e tecnológica: contribuições e desafios. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 443-458, 2018.

SILVA, Tatiana Tavares da. **História e Filosofia da Ciência em formação de professores de Biologia: educação reflexiva e a replicação de experimentos históricos**. 2019. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48136/tde-11122019-200803/>. Acesso em: 5 ago. 2025.

SILVA, Eider de Souza. **Uma análise das propostas didáticas para o ensino de Física orientadas por abordagens histórica-filosóficas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, 2014. Disponível em: https://ppgefhc.ufba.br/sites/ppgefhc.ufba.br/files/elder_de_souza_silva_-_dissertacao_-_uma_analise_das_propostas_didaticas_para_o_ensino_de_fisica_orientadas_por_abordagens_historicas.pdf. Acesso em: 4 ago. 2025.

SILVA, Paulo Sergio Pereira da. Ensino da Física Moderna e Contemporânea com o uso do Simulador PHET para o Ensino Fundamental. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional

em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pará, Belém, PA, 2023. Disponível em: https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=14814585#. Acesso em: 28 set. 2025.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 1986.

TIBÁO, Luís Antônio Teles; SBANO, Valdir Cândido. **Guia de Introdução às Teorias Cognitivistas da Aprendizagem**: um ensaio de inserção da teoria na prática do ensino de ciências da natureza. 2021. 76 f. Produto Educacional (Mestrado em Ensino de Ciências da Natureza) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/22390/Produto%20Final%202%20Luis%20Tibao.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2023.

TRENTIN, Marco Antônio Sandini; SILVA, Marcelo; ROSA, Cleci Teresinha Werner da. Eletrodinâmica no Ensino Médio: uma sequência didática apoiada nas tecnologias e na experimentação. **Revista do Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)**, v. 9, n. 5, p. 94-118. 2018.

TRIPP, David. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 433-466, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>. Acesso em: 24 maio 2024.

VIEIRA, Luis Duarte. **O ensino de probabilidade no contexto da BNCC e a luz dos princípios da teoria da aprendizagem significativa crítica**. 2020. 204 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

XERRI, Eliana Gasparini; ZIMMER, Rosane Oliveira Duarte. Diário de aula: práticas de ação e reflexão, reações pedagógicas potencializadoras pela perspectiva freiriana de educação. **Revista Educação por Escrito**, v. 10, n. 1, p. 87-94, 2010. Disponível em <http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/porescrito/article/download/6714/5364>. Acesso em: 28 maio 2024.

ZABALZA, Miguel Ángel. **Diarios de Clase, un instrumento de investigación y desarrollo profesional**. Madrid: Narcea, S. A. de Ediciones, 2020. Disponível em <https://www.perlego.com/book/2046694>. Acessado em: 28 maio 2024.

APENDICE A - Questionário sobre a Natureza da Ciência

A Natureza da Ciência

1. Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica?
2. Como você considera que a ciência é produzida?
3. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar?
4. A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo?
5. A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido?
6. Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade?
7. Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade?
8. De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?

APENDICE B - Texto de Apoio 1**Texto de Apoio 1**

A Física é a parte da ciência que estuda as propriedades da matéria e das forças naturais. Esta ciência é constituída de uma teoria, experimentos e uma representação matemática do fenômeno. Neste contexto, estuda a matéria nos níveis moleculares, atômico, nuclear e subnuclear. Além disso, analisa os estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. Por fim, investiga em seu cerne, as quatro forças fundamentais da natureza: a gravidade, o eletromagnetismo, a interação forte e a interação fraca.

Na educação científica tradicional, ocorre uma abordagem dogmática da ciência, quase não existindo espaço para uma análise das descobertas científicas e das dificuldades para sua implementação no mundo científico. Quando contextualizado, o ensino pode desenvolver um senso crítico no aluno ao entender que o conhecimento científico tem caráter provisório e é resultado da construção de vários cientistas e da disputa entre correntes científicas e filosóficas distintas (atomistas e antiatomistas).

A primeira teoria atômica que se tem registro na história da humanidade começa na Grécia, no século V a.C. Leucipo e seu aluno Demócrito elaboraram a primeira hipótese sobre a constituição da matéria, “o Universo é formado de átomos e vácuo. Os átomos são infinitos e não podem ser cortados ou divididos. São sólidos, mas de tamanho tão reduzido que não podem ser vistos. Estão sempre se movimentando no vácuo” (Ouriques, 2024).

Claro que o átomo de Demócrito é uma hipótese, discutida no âmbito filosófico e sem evidências experimentais (quantitativas). Já no século XVIII surgem as primeiras teorias atômicas com evidências quantitativas.

Alguns atomistas

No Séc. XVII, os trabalhos do físico italiano Evangelista Torricelli (~1640) e do filósofo e matemático francês Blaise Pascal (~1650), por meio de seus experimentos, demonstraram que a Terra está envolta em um “mar” de ar que exerce pressão sobre os corpos terrestres da mesma maneira que a água exerce pressão sobre corpos imersos nela. Também foi produzido o vácuo, o vazio, comprovando assim sua existência e uma nova interpretação do mundo.

Entre os adeptos do Atomismo podemos citar os nomes de Giordano Bruno (1588), Pierre Gassendi (1649) e Robert Boyle (1661) (Oliveira, *et al.*, p. 61). Boyle (~1650), como atomista, afirmava que o ar é composto por partículas que se repelem mutuamente, como pedaços de lã ou molas enroladas ou seria formado por um turbilhão de partículas que se empurram mutuamente em seus impactos, com espaços vazios entre elas.

Newton (~1687) era um atomista e afirmava que as diferentes densidades da matéria eram observadas em termos da quantidade de espaço (vazio) entre seus átomos constituintes.

Bernoulli (~1750) foi o primeiro a propor uma teoria cinética dos gases, intitulada como “partículas dotadas de movimento translacional”. A pressão exercida por um gás decorre do impacto das partículas sobre as paredes do recipiente. Em seus estudos, o autor também demonstra que a pressão é inversamente proporcional ao volume” (Oliveira, 2008, p. 15). Esta teoria só pode ser explicada partindo do princípio de que a matéria é composta por átomos.

➡ Jeremias Benjamin Richter

A evidência acerca dos átomos foi a Lei das Proporções definidas, proposta por Richter em 1792. A teoria que explica o modelo atômico de Dalton pode ter surgido com a influência do Jeremias Richter, químico alemão que, em 1802, definiu sua teoria da estequiometria, a qual, em seu objeto principal, investigava a ciência de medir as proporções quantitativas ou proporções de massa, volume e pressão, onde os elementos químicos se conectam uns aos outros. Essa teoria, de natureza quantitativa, baseada em medições e relações matemáticas, modificou o pensamento dos químicos da época. Em 1792, Richter apresenta a Lei das Proporções que sugere a existência de partículas (átomos) nas reações químicas. As Leis das proporções não provam a existência de átomos, mas fica quase impossível explicar sem a existência dos átomos. A palavra estequiometria (do grego stoicheon, “elemento”, e metron, medida) foi introduzida por Richter em 1792, referindo-se às medidas dos elementos químicos nas substâncias (Oliveira, *et al.*, p. 193).

➡ John Dalton

Foi em 1803 que John Dalton, possivelmente inspirado nos trabalhos de Richter, começou a apresentar sua teoria. Na história da ciência, não está bem clara a origem da teoria atômica de Dalton, mas cogita-se a influência de Richter, pois “se o caminho foi dedutivo, poderia ter sido a partir do trabalho de Richter com as massas equivalentes; ou a partir da primeira teoria das misturas gasosas” (Viana, 2007, p. 32).

Dalton foi professor de química e, utilizando-se de aportes teóricos como o livro-texto o “Elements of Chemistry” – tradução inglesa do tratado de Antoine Laurent Lavoisier, teve acesso a importantes teorias e conteúdos, os quais lhe possibilitaram a ampliação de seus conhecimentos e, conseqüentemente, a consolidação de sua teoria atômica.

Porém, seus argumentos de que cada elemento químico tinha seu próprio tipo de átomo (Figura 2) “era contraintuitivo para aqueles que acreditavam que ter tantas partículas

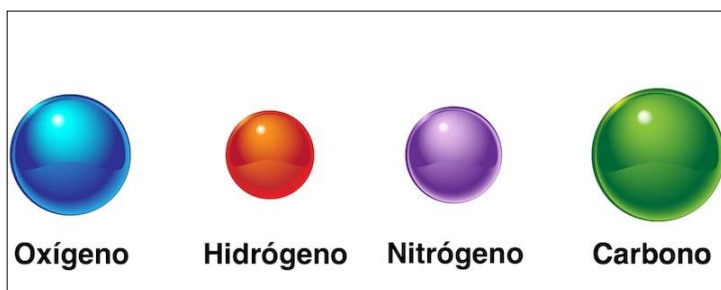


Figura 2 - Representação dos átomos de Dalton.
Fonte: <https://conhecimentocientifico.r7.com/modelo-atomico-de-dalton/>

Ele afirmava que os átomos eram indivisíveis, compostos por bolas sólidas e de carga elétrica neutra, porém, à época, existiam tantos átomos quanto substâncias químicas conhecidas.

Afirmou, também, que “Cada átomo, fosse ele ‘simples’ ou ‘composto’, possuiria uma determinada ‘atmosfera’, ou invólucro, de calórico à sua volta” (Viana, 2007, p. 55). Este calórico se manifestaria por meio de raios, representados por linhas (Figura 3), saindo do centro atômico. Dalton se concentrou, portanto, em determinar as massas relativas de cada tipo



Figura 1 - John Dalton.
Fonte: <https://www.britannica.com/biography/John-Dalton>.

fundamentais diferentes destruiria a simplicidade da natureza, mas Dalton considerou fantasiosas suas objeções” (Santos, 2019, p. 43). Dalton ignorou tais críticas e seguiu com suas investigações sobre os diferentes tipos de átomos.

diferente de átomo, um processo que poderia ser realizado, segundo ele, considerando apenas o número de átomos de cada elemento presente em diferentes compostos químicos.

Em um livro de memórias lido para a Sociedade Literária e Filosófica de Manchester em 21 de outubro de 1803, ele afirmou:

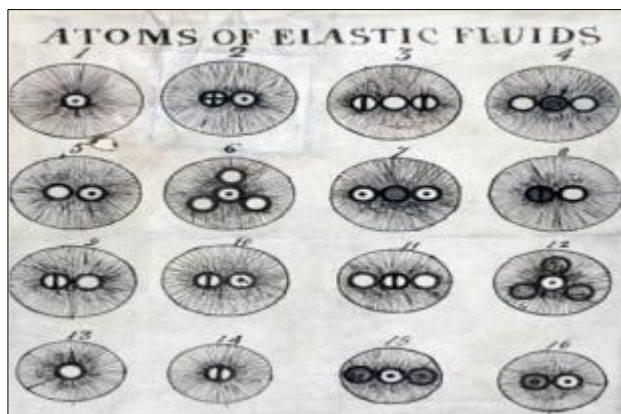


Figura 3 - Manuscrito de Dalton representando o átomo.
Fonte: Gatto (2017).

Uma investigação sobre os pesos relativos das partículas finais dos corpos é um assunto, tanto quanto eu sei, inteiramente novo; ultimamente tenho processado este inquérito com um sucesso notável (Dalton, 1805 *apud* Oki, 2009, p. 1073).

Ele descreveu seu método de medir as massas de vários elementos, incluindo hidrogênio, oxigênio, carbono e nitrogênio, de acordo com a forma como se combinavam com massas fixas umas das outras.

Na representação de Dalton, apresentada na Figura 4, os elementos são ilustrados por meio de esferas com detalhes que diferenciam cada uma e os compostos são apresentados por meio da combinação desses elementos.

Assim, ao observar fenômenos, Dalton transcende a aparência imediata ao pressupor a existência física de um não observável – o átomo e a molécula.

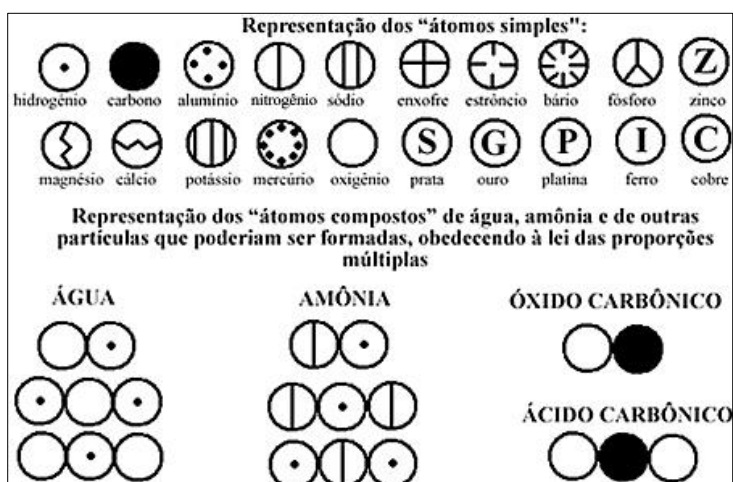


Figura 4 - Representação dos átomos e moléculas, de Dalton
Fonte: <https://static.biologianet.com/conteudo/images/2014/09/atomos-de-dalton.jpg>.

Anti-atomistas

Ernst Mach (1838-1916), físico e historiador, interpretava o átomo como um símbolo utilizado para representar os fenômenos, não admitindo a sua existência real e revelando-se um "convencionalista" (Oki, 2009, p. 1078).

Em contrapartida ao atomismo, existe o energeticismo ou energetismo, fundamentado no conceito de energia. Os energeticistas apresentavam-se contra a visão materialista do mundo e foram influenciados pela epistemologia idealista (pós positivista) do filósofo alemão Immanuel Kant (1724-1804). “O Energeticismo, também chamado de Energética, foi uma escola científica que visava unificar e reinterpretar as ciências por meio do conceito de energia e as leis que descrevem suas transformações” (Pereira, 2015, p. 8). Esta teoria foi muito popular entre os antiatomistas do século XIX e início do século XX.

Ostwald faz uso de argumentos e conceitos da teoria energeticista, com o objetivo de explicar fenômenos e “combater teorias concorrentes, tais como as interpretações cinéticas e atomistas para a catálise e, de fato, o antiatomismo [...]” (Pereira, 2015, p. 61).

Os energeticistas contestavam o uso de hipóteses especulativas na ciência, assim como a possibilidade da existência de forças não comprovadas empiricamente. Um outro aspecto era a valorização da energia, capaz de ser mensurada nos processos naturais.

A aceitação da hipótese atômica por atomistas e antiatomistas, ao longo do século XX, revela o consenso alcançado pela comunidade científica, inclusive quanto à sua importância para a ciência. A antiga hipótese atômica foi revigorada, levando à consolidação de um modelo único de átomo, aceito por físicos e químicos (Oki, 2009, p. 1079).

Referências

GATTO, Marco Antônio; SUART JUNIOR, José Bento; STANZANI, Enio de Lorena. Subsídios histórico-filosóficos para o ensino do modelo atômico de Dalton. **Actio: Docência em Ciências**, v. 2, n. 1, 2017.

OKI, Maria da Conceição Marinho. Controvérsias sobre o atomismo no século XIX. **Química Nova**, v. 32, n. 4, 2009.

OLIVEIRA, Mário José de. **Teoria e Física do Calor Aula 2: Átomos e moléculas e teoria cinética**. IF- Universidade de São Paulo. 2008. Disponível em: <https://fge.if.usp.br/~oliveira/ceu2.pdf>. Acesso em: 29 ago. 2024.

OLIVEIRA, Olga Maria Mascarenhas de Faria; SCHLÜNZEN JUNIOR, Klaus; SCHLÜNZEN, Elisa Tomoe Moriya. **Química, Tomo I**. Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista. 2013.

OURIQUES, Ederson Martins. **Galeria Física**. IF-UFRGS. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20012/Ederson/fatos.html>. Acesso em: 28 ago. 2024.

PEREIRA, Letícia dos Santos. **Considerações sobre o energeticismo e a catálise na obra de Wilhelm Ostwald.** Dissertação (Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências) - Universidade Federal da Bahia; Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador, 2015.

SANTOS, Ana Flávia dos. **Estequiometria para além da regra de três.** Produto educacional 2019 (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

VIANA, Hélio Elael Bonini. **A construção da Teoria Atômica de Dalton como estudo de caso – e algumas reflexões para o ensino de Química.** 2007. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

APENDICE C - Texto de Apoio 2



Texto de Apoio 2



Em 1904, foi publicado no *Philosophical Magazine* o artigo “Cinética dos sistemas de partículas ilustrando a linha do espectro de banda e os fenômenos da radioatividade” (tradução nossa), no qual foi apresentado o modelo atômico saturnino, de Nagaoka (Fiolhais; Ruivo, 1996, p. 6). Neste modelo intuitivo, o átomo teria uma estrutura semelhante ao planeta Saturno, com um núcleo central e elétrons distribuídos de forma similar aos anéis de Saturno. Segundo os autores Benedetti Filho e Matsumoto (2022, p. 9), o modelo em questão “conseguia explicar as emissões atômicas observadas nos experimentos e, posteriormente, foi de algum modo reforçado pelos experimentos de Rutherford no ano de 1909”.

Na descrição de Nagaoka, os espectros atômicos estariam relacionados à frequência orbital dos elétrons; a radioatividade foi interpretada como uma quebra dos anéis saturnianos, proporcionando a emissão de elétrons, chamados “raios β ”. Tratava-se, assim, de um modelo concebido para o átomo com o propósito de explicar os espectros de linhas e de bandas.

Hantaro Nagaoka, importante físico japonês, era desconhecido no mundo ocidental na época, mas já havia dado contribuições sobre a propagação das ondas eletromagnéticas na atmosfera.

No início do século, havia grande entusiasmo pelos cientistas atomistas em compreender a estrutura da matéria no mundo atômico. “Paradoxalmente, a crença na realidade dos átomos era ainda objecto de polémica” (Fiolhais; Ruivo, 1996, p. 6), pois ainda era notado a relutância de físicos e químicos em aceitar a “hipótese atômica”.

Fiolhais e Ruivo (1996, p. 7) destacam que por trás de cientistas famosos,

vale a pena ouvirmos o que nos diz a história sobre o mundo real dos cientistas da época, sobre os elegantes resultados obtidos frequentemente por um processo de tentativa e erro. E também sobre os contributos de figuras menos conhecidas, que tiveram a virtude de fecundar o terreno das ideias, para outros, mais hábeis ou dispondo de melhores meios, o virem a cultivar com sucesso.

Desse modo, o que se pode inferir é que a história das grandes invenções e descobertas é controversa, ocasionando hipóteses e discussões que os livros não apresentam. A busca por soluções a problemas científicos acaba mobilizando a comunidade científica do mundo todo e

gera uma atmosfera propícia para o desenvolvimento da criatividade, o que ocasiona resultados idênticos ou complementares por diversos cientistas de distintas localidades geográficas.

Cita-se o modelo atômico de Nagaoka, que não consta nos livros didáticos e é raramente citado em obras especializadas (Fiolhais; Ruivo, 1996, p. 7). No entanto, ele pode ter influenciado o desenvolvimento de modelos mais realistas.

Destacam-se alguns aspectos epistemológicos e não epistemológicos da prática científica, ou da natureza da ciência, entre eles: o exemplo da coletividade na ciência; a influência do prestígio de pesquisadores no desenvolvimento científico, como o fato de Thomson ter sido diretor do Laboratório de Cambridge e gozar de prestígio na comunidade científica europeia, enquanto Nagaoka não era europeu nem conhecido naquele meio científico; e as relações pessoais do pai de Bohr, que encaminharam o filho a diferentes pesquisadores de prestígio e a centros de pesquisa relevantes (Vasconcelos; Forato, 2018, p. 857).

Diferentemente de Thomson, Nagaoka considerava que ao redor do grande núcleo haveria um espaço vazio onde se deslocavam os elétrons, portanto, caracterizando uma concepção de matéria descontínua.

Nagaoka tinha o propósito de tentar explicar os espectros de linhas e de bandas com o seu modelo saturniano, o que Thomson não conseguia; tendo em vista que esta era uma qualidade do modelo do físico japonês.

Melzer e Aires (2015, p. 69) atestam que a teoria atômica desenvolvida por Nagaoka “colocou um centro grande e carregado envolvido de anéis formados por corpúsculos que giravam com mesma velocidade ao seu redor”. Sob esse viés, nota-se a influência de diversos cientistas na construção da teoria atômica de Rutherford e Niels Bohr. Nesse aspecto, é importante ressaltar que a história da ciência pode revelar aspectos como a competição entre grupos de cientistas e os conflitos entre eles, afastando a imagem linear em que uma teoria simplesmente substitui a outra sem competição científica ou sem que suas teorias sejam colocadas à prova, exemplo esse que pode ser observado em livros didáticos, os quais “apresentam somente o produto, e não o processo de construção da ciência” (Melzer; Aires, 2015, p. 76).

Um fenômeno que ocorre tanto na sociedade quanto no universo científico é o “Efeito Mateus”, pelo qual pesquisadores renomados tendem a receber honrarias, reconhecimento e recursos financeiros por suas atividades acadêmicas e científicas, enquanto pesquisadores menos conhecidos permanecem no anonimato ou recebem pouco reconhecimento por suas pesquisas (Barbosa, 2016, p. 287). Ao nos referirmos às pesquisas sobre os modelos atômicos,

é incontestável a importância de Rutherford para a compreensão da estrutura da matéria e da radioatividade. Porém, saliente-se:

é inegável a contribuição de outros cientistas bem menos comentados nos livros didáticos, como comprovamos em relação aos nomes de Nagaoka, Geiger e Marsden. Espera-se que este trabalho atente ao fato de que as grandes descobertas científicas quase sempre não são isoladas e individuais, e que alguns nomes relevantes na história da Ciência não fiquem esquecidos e não contribuam para mais exemplos do Efeito Mateus (Silva *et al.*, 2018).

Referências

BARBOSA, Adriana Silva. Implicações éticas do efeito Mateus na ciência. **Mediações - Revista de Ciências Sociais**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 286-316, 2016.

BENEDETTI FILHO, Edegar; MATSUMOTO, Marcio Y. Hantaro Nagaoka e o modelo saturnino. **Revista Química Nova**, v. 44, n. 1, p. 1-8, 2022.

FIOLHAIS, Manuel; RUIVO, Maria da Conceição. O modelo atômico saturniano de Nagaoka. **Revista Gazeta da Física**, Coimbra, v. 19, n. 1, p. 6-10, 1996.

MAZZARELLA, Aline; SCHIFFER, Hermann; GUERRA, Andreia. Educação em Ciências para justiça social: discutindo atores invisibilizados no processo de construção da Ciência. **Ensaio – Pesquisa em Educação e Ciências**, v. 26, p. 1-20, 2024.

MELZER, Ehrick Eduardo Martins; AIRES, Joanes Aparecida. A História do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Revista de Educação em Ciência e Matemática**, v. 11, n. 22, p. 62-77, 2015.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. **Do átomo grego ao átomo de Bohr**. Florianópolis, 2008. Disponível em: https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Textos_Peduzzi/Atomo_grego_Bohr.pdf. Acesso em: 28 ago. 2024.

RAIČIK, Anabel Cardoso. Um resgate histórico-epistemológico do átomo de Bohr: uma gênese nem sempre contada e suas implicações ao ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, p. e20230039, 2023.

SILVA, Régis Campos; SOUSA, Lethicya Silva; LIMA, Aniel da Costa; SANTOS, Souki; SANTOS, Guilherme Martins; ALMEIDA, Balsamão; PINTO, Raimundo Lopes. O modelo atômico nuclear e o Efeito Mateus: análise dos livros didáticos de química aprovados pelo PNLD 2018. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 58, 2018, São Luís. **Anais [...]**. São Luís: UFMA, 2018.

VASCONCELOS, Stephanie Siqueira; FORATO, Thaís Cyrino de Mello. Niels Bohr, espectroscopia e alguns modelos atômicos no começo do século XX: um episódio histórico para a formação de professores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 35, n. 3, p. 851-887, 2018.

APENDICE D - Texto de Apoio 3**Texto de Apoio 3**

Henri Becquerel pertencia a uma família de cientistas (seu avô e pai também eram pesquisadores), o que lhe oportunizou trabalhar em laboratório desde o início de sua carreira científica. Estudou a fosforescência invisível na faixa do infravermelho e a fluorescência de sais de urânio, utilizando amostras que seu pai havia acumulado ao longo dos anos.

Bacquerel, ao repetir experimentos realizados por Niewenglowski, explica que:

Envolve-se uma chapa fotográfica de Lumière em duas folhas de papel negro muito expeço, de tal forma que a chapa não se escureça mesmo exposta ao Sol durante o dia. Coloca-se uma placa da substância fosforescente sobre o papel, do lado de fora, e o conjunto é exposto ao Sol durante várias horas [...] quando se revela a chapa fotográfica, surge a silhueta da substância fosforescente, que aparece negra no negativo (Martins, 1990, p. 32).

Becquerel, conhecendo os experimentos de Henry e Niewenglowski, os reproduziu com uma nova substância: o sulfato duplo de uranila e potássio. Sob outra perspectiva, d'Arsonval descreveu um experimento no qual obteve radiografias utilizando lâmpadas fluorescentes e cobrindo os objetos com vidro fluorescente contendo um sal de urânio.

É nesse contexto (em 2 de março de 1896) que Becquerel apresenta uma nota descrevendo a descoberta de um novo fenômeno, posteriormente denominada “radioatividade” por Marie Curie. Becquerel realizou diversos experimentos e, a partir deles, afirmou que “mesmo no escuro, o material estudado sensibiliza chapas fotográficas” (Martins, 1990, p. 34). Em outra comunicação, afirmou também que a radiação emitida era capaz de descarregar um eletroscópio, assim como os raios X. Até aquele momento, Becquerel, assim como outros cientistas, ainda interpretava o fenômeno como sendo relacionado à fosforescência.

Nota-se que Becquerel continuou a se basear nos fenômenos que já conhecia, não reconhecendo nada de fundamentalmente novo naquilo que estudava. Em 23/03/1896, Becquerel publica que os compostos de urânio, que não são luminescentes, produzem os efeitos descritos (fosforescência invisível), porém não tem ligação com os fenômenos até então estudados (fosforescência ou fluorescência visível).

Após algumas semanas, mais precisamente em maio de 1896, Becquerel faz novo comunicado dos experimentos de composto de urânio e mais tarde com urânio metálico, verifica que também emite radiação invisível (“raios de Becquerel” ou “raios do urânio”). Assim, encerra a sua investigação sobre o tema e publica seu último estudo.

No final do século XIX, o universo científico estava repleto de pesquisas sobre raios catódicos, raios X, emissões fluorescentes e fosforescentes, além dos chamados “raios de urânio”. Nessa época, Rutherford, por meio de experimentos, identificou a existência de dois tipos distintos de radiação emitida pelo urânio. Ele observou que o urânio apresentava comportamentos diferentes ao interagir com um campo magnético: a radiação (invisível) se bifurcava, seguindo em direções opostas.

Esses dois tipos de radiação eram distintos: uma era menos penetrante e foi denominada por ele de radiação alfa (α), e a outra, mais penetrante, foi chamada de radiação beta (β). Essa diferença levou Rutherford a concluir que esses raios eram distintos dos raios X (Pugliese, 2009, p. 74).

Em 1899, Geisel observou que as radiações do polônio eram desviadas por um campo magnético, o que descartava sua natureza como raios X, estes, sendo ondas eletromagnéticas, não sofrem desvio magnético.

Na mesma época, o casal Curie verificou que algumas radiações eram defletidas por campos magnéticos, enquanto outras não. As radiações defletidas correspondiam à radiação beta (β) descrita por Rutherford (Martins, 1990, p. 16). Mais tarde, por meio de medições elétricas, os Curie constataram que os raios defletidos possuíam carga negativa, semelhante à dos elétrons presentes nos raios catódicos. Já a radiação não defletida, identificada como alfa (α), sofria pouco desvio devido à sua grande massa.

Observou-se também que, por possuírem maior massa e carga elétrica, as partículas alfa eram facilmente absorvidas por finas camadas de alumínio. Em contrapartida, as partículas beta apresentavam maior poder de penetração, sendo capazes de atravessar barreiras mais espessas.

Na interpretação de Marie Curie, sobre as radiações de diferentes átomos radioativos:

Entre os produtos das destruições de corpos radioativos, existe um particularmente interessante: é o gás hélio que é produzido constantemente pelo rádio, o actínio, o polônio, o urânio e o tório. A experiência provou que os átomos de hélio emitidos devem ser considerados como partículas alfa que perderam sua carga elétrica (Soares *et al.*, 2019, p. 198).

Nota-se o árduo trabalho em identificar sempre a mesma radiação (alfa) em diferentes substâncias químicas, e a análise fantástica em interpretar como um decaimento radioativo onde

um átomo sofre decomposição e surgiria os átomos de hélio. Observa-se que neste momento o nêutron ainda era uma hipótese e não havia sido verificado em experimentos.

Em meio a inúmeros experimentos realizados com a radiação, em 1900, Paul Villard identificou a existência de um terceiro tipo de radiação. Somente três anos depois, Rutherford batizou-a de gama (γ), que, ao contrário dos dois primeiros tipos, não sofria deflexão em campo magnético” (Okuno, 2007, p. 72) e não possui cargas elétricas. Em estudos posteriores, Rutherford estabeleceu que a radiação gama é uma onda eletromagnética semelhante ao raio X.

Assim, brevemente analisamos o desenvolvimento do conhecimento sobre a radioatividade e a participação significativa de Marie Curie na construção desse saber. Marie Curie foi a única mulher a receber o Prêmio Nobel em duas categorias distintas: “o primeiro em Física, em 1903, dividido com Pierre Curie e Henri Becquerel; e o segundo, sozinha, em Química, no ano de 1911. Em mais de cem anos do Nobel, somente duas mulheres ganharam em Física e três em Química” (Pugliese, 2009, p. 17).

Referências

MARTINS, Roberto de Andrade. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 7, n. especial, p. 27-45, 1990.

OKUNO, Emico. **Radiação**: efeitos, riscos e benefícios. São Paulo: Harbra, 1998.

PIMENTEL, Jorge Roberto; SAAD, Fuad Daher; YAMAMURA, Paulo; FURUKAWA, Claudio Hiroyuki; ZUMPANO, Vitor Helio. Uma sugestão para a interação multidisciplinar: a observação do fenômeno da fluorescência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 365-384, 2014.

PUGLIESE, Gabriel. **Sobre o “Caso Marie Curie” A Radioatividade e a Subversão do Gênero**. 2009. Dissertação (Mestrado em Antropologia Social) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SERWAY, Raymond A.; JEWETT JUNIOR, John W. **Princípios da Física**, Volume IV Óptica e Física Moderna. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SOARES, Vitor; KISFALUDY, Adriana Bispo dos Santos; MARQUES, Deividi Marcio. Análise da Introdução do livro de Marie Curie “*Traité de Radioactivité*”. **Revista História da Ciência e Ensino**, v. 20, n. especial, p. 195-201, 2019.

APENDICE E - Texto de Apoio 4

Texto de Apoio 4

Física Nuclear

Decaimento radioativo

O decaimento radioativo ocorre quando um átomo instável emite radiação do tipo α , β^+ ou β^- . A radiação α “é um núcleo do ^4He , com dois prótons e dois nêutrons unidos” (Young; Freedman, 2007, p. 340), conforme a Figura 1.

A radiação β^+ é a radiação de um pósitron e a radiação β^- é a emissão de um elétron, ambas de pequena massa e bastante penetrante.

Conclui-se, dessa maneira, que o decaimento é um processo espontâneo, no qual há emissão de partículas (α , β^+ ou β^-) e alteração da estrutura de um núcleo. Um átomo radiativo quando sofre decaimento ele perde radiação transformando-se em outro átomo. Não existe nenhum fator que o homem **possa modificar** para acelerar ou frear um processo radioativo.

O decaimento β^- ocorre em núcleos com “excesso” de nêutrons, onde um nêutron se transmuta em um próton, e no processo, emite um elétron (partícula beta menos) e um antineutrino do elétron. Neste decaimento, o número atômico do núcleo pai aumenta (Figura 2).

O decaimento β^+ ocorre em núcleos com “excesso” de prótons, onde um próton se transmuta em um nêutron, e no processo, emite um pósitron (partícula beta mais) e um neutrino eletrônico. Neste decaimento, o número atômico do núcleo pai diminui (Figura 3).

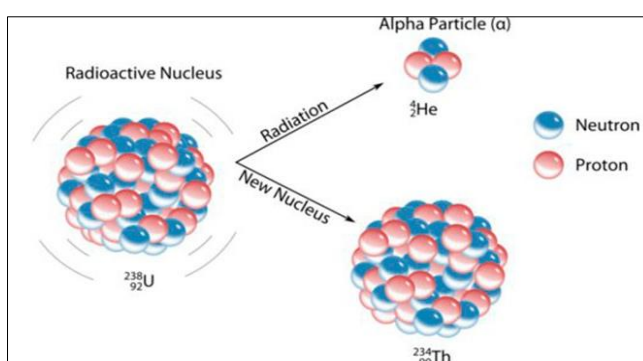


Figura 1 - Radiação α
Fonte: penta3 UFRS.

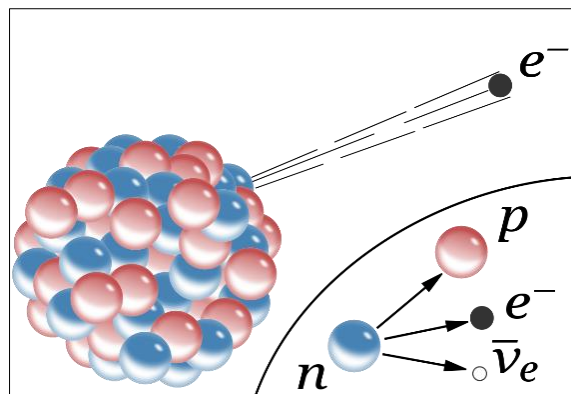


Figura 2 - Decaimento β^-
Fonte: wikimedia.

Os núcleos radioativos podem ser classificados em dois grupos: “(1) instáveis, encontrados na natureza, que produzem radioatividade natural; e (2) instáveis, produzidos no laboratório por meio de reações nucleares, que possuem radioatividade artificial (Jewett Junior; Serway, 2012, p. 328).

A seguir, apresentam-se as séries do Urânio, do Actínio e do Tório, com seus respectivos processos de decaimento radioativo e suas meias-vidas. A meia-vida do Urânio (Figura 4) é de 4,5 bilhões de anos, tempo necessário para que 50% da amostra decaia em Tório; o restante (50%) levará mais 4,5 bilhões de anos para que metade dessa fração também decaia em Tório. Ou seja, a meia-vida corresponde ao tempo necessário para que metade dos núcleos de uma amostra radioativa se desintegre. Na Figura 5, é possível visualizar as três séries detalhadamente.

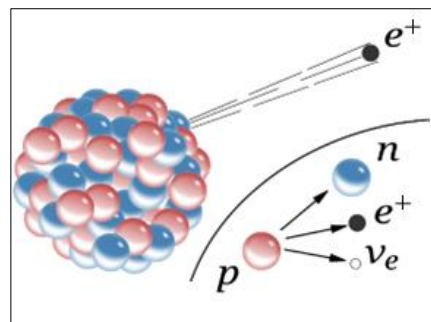


Figura 3: Decaimento β^+
Fonte: wikimedia



Figura 4 - Meia-vida do Urânio
Fonte: qualidadeonline.wordpress.

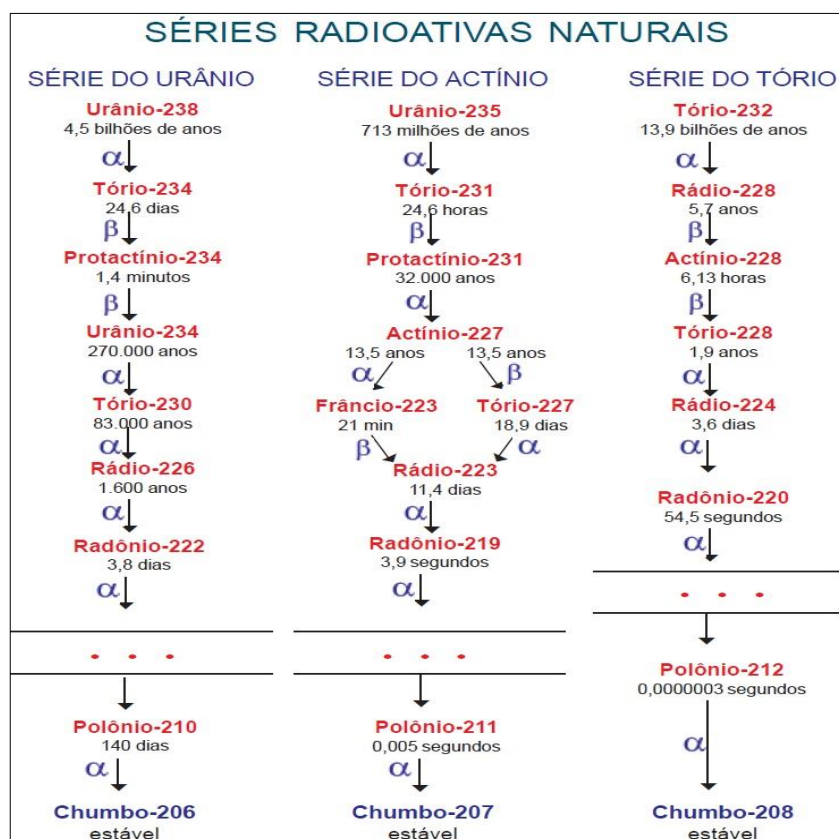


Figura 5 - Séries do Urânio, do Actínio e do Tório
Fonte: qualidadeonline.wordpress.

Fissão nuclear

A fissão nuclear se caracteriza como um processo de decaimento no qual um núcleo instável se divide em dois fragmentos de massa comparável. A fissão foi descoberta em 1938, a partir das experiências de Otto Hahn e Fritz Strassmann” (Young; Freedman, 2007, p. 354).

A fissão nuclear é o nome do fenômeno onde um núcleo pesado se divide em duas partes de menor massa, nesse processo, há uma liberação de uma quantidade muito grande de energia.

Consideremos um núcleo de Urânio-235, este núcleo é atingido por um nêutron com velocidade controlada. Nessa situação, o núcleo de Urânio-235 pode interagir com ele através do fenômeno da captura do nêutron, ou seja, o núcleo de U-235 “absorve” o nêutron e se torna U-236. Esse núcleo é extremamente instável e acaba por se fissionar, emitindo no processo dois núcleos mais leves, três nêutrons rápidos e muita energia, como mostrado na Figura 6; liberando núcleos de Criptônio (Kr-92), Bário (Ba-141), três nêutrons livres e muita energia (Jewett Junior; Serway, 2012, p. 343).

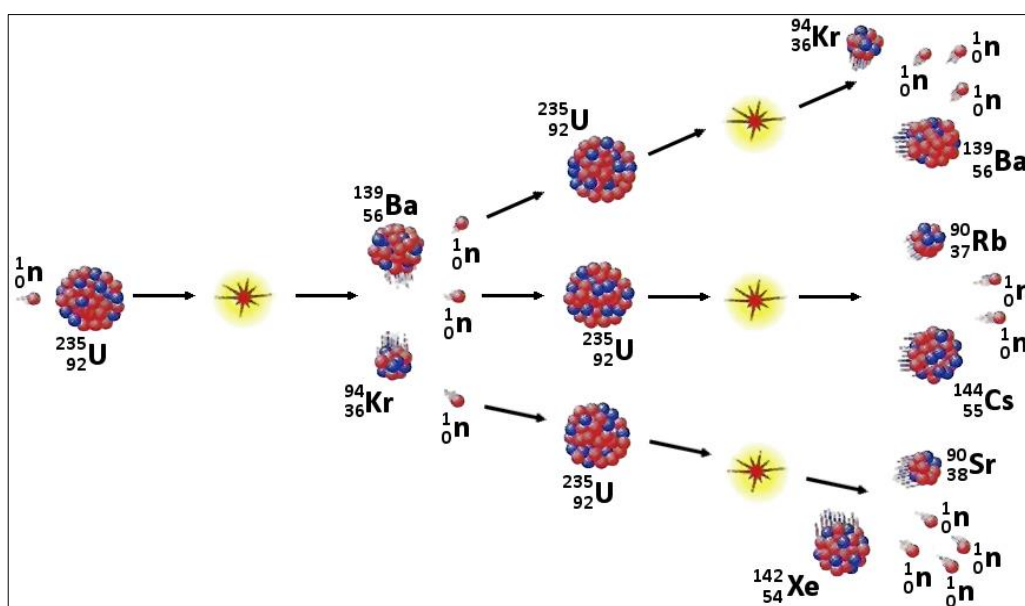


Figura 6 - Fissão nuclear
Fonte: wikiciencias.

Fusão nuclear

A fusão nuclear é um processo em que “dois núcleos leves se combinam para formar um núcleo, mais pesado” (Jewett Junior; Serway, 2012, p. 347). Um exemplo importante de reações de fusão é o processo de produção de energia no sol e das bombas termonucleares (bomba de hidrogênio).

Esta reação libera uma quantidade de energia mais de um milhão de vezes maior do que aquela presente em uma típica reação química, como a queima de gás de cozinha. Essa enorme

liberação de energia ocorre nas reações de fusão porque, quando dois núcleos leves se fundem, a massa do núcleo resultante é menor do que a soma das massas dos núcleos iniciais; a diferença de massa é convertida em energia.

Na fusão “dois prótons se combinam e formam um dêuteron (${}^2\text{H}$), com emissão de um próton, de um pósitron (β^+) e de um neutrino de elétron” (Young; Freedman, 2007, p. 357).

As estrelas com a massa (gravidade) do Sol ou menor, a cadeia proton-proton (p-p) é a mais importante. o “p-p” é cadeia de reações que fundem 4 hidrogênios em um hélio (Figura 7).

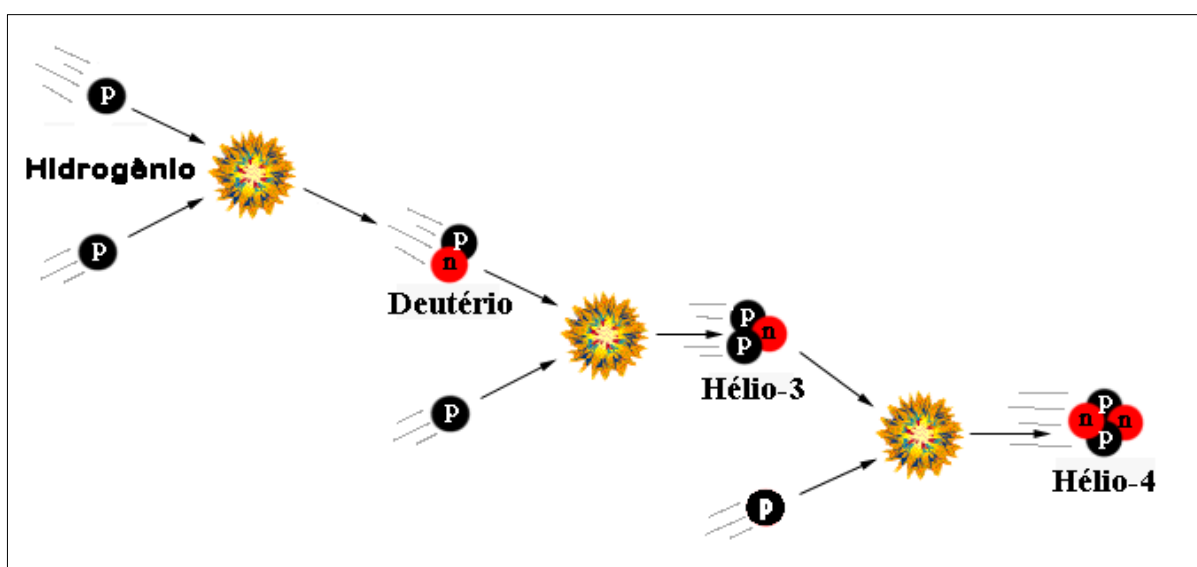


Figura 7 - Fusão nuclear
Fonte: astro.if.ufrgs.br.

Referências

JEWETT JUNIOR, John W.; SERWAY, Raymond A. **Física para cientistas e engenheiros**. Volume 4, luz óptica e física moderna. 8. ed. São Paulo: Ed. Cengage Learning, 2012.

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física IV**, Ótica e Física Moderna. 10 ed. São Paulo: Ed. Pearson, 2007.

APENDICE F - Texto de Apoio 5

Texto de Apoio 5

Radiação nos alimentos

Segundo Couto e Santiago (2010), “A idéia da utilização da radiação ionizante na preservação de alimentos veio muito depois da descoberta dos raios X por Röntgen e da radioatividade por Becquerel em, aproximadamente, 1895” (p. 195). Estudos no Massachusetts, pelo Institute of Technology (MIT), sobre os efeitos da radiação e bactérias, publicadas por Prescott, ocorreram em 1904.



Figura 1 - Desperdício de alimento
Fonte: monitor mercantil.

Foram publicados, em 1923, os resultados de estudos da irradiação de alimentos de origem animal (Lima, 2000, p. 129). No Brasil, “as primeiras pesquisas com irradiação de alimentos foram feitas da década de 50, pelo Centro de Energia Nuclear na Agricultura (Cena), em Piracicaba (SP)” (Ornellas *et al.*, 2006, p. 211).

Dados estatísticos comprovam que aproximadamente um terço dos alimentos produzidos no mundo se perde por questões de colheita, transporte, desperdício no abastecimento e até no consumo. Assim, procedimentos que permitem prolongar a vida útil e preservar os alimentos como a irradiação são eficazes para reduzir perdas, proporcionar um alimento seguro e aumentar a oferta de alimentos.

A irradiação nos alimentos é um procedimento em que os alimentos são expostos a radiação ionizante (raio gama ou feixe de elétrons) reduzindo a carga microbiana, aumentando a vida útil dos alimentos e inativar patógenos. Com a principal finalidade de conservar os alimentos eliminam-se os insetos, os fungos e bactérias.

A radiação é absorvida pelos átomos dos alimentos, mas não se tornam radioativos, simplesmente produzem reações químicas. Os alimentos que são irradiados são carnes, frutas e



Figura 2 - Morangos irradiados e não irradiados
Fonte: Mundo educação.

vegetais. Portanto, “os alimentos irradiados não se tornam radioativos, pois não contêm a fonte de radiação (apenas recebem a energia)” (Couto; Santiago, 2010, p. 195).

Dessa maneira,

Radiações ionizantes são aquelas que possuem energia suficiente para ionizar átomos ou moléculas que, então, pelo processo de ionização se tornaram íons positivos, se perderam um ou mais elétrons, ou tornaram-se íons negativos, se capturaram um ou mais elétrons (Couto; Santiago, 2010, p. 201).

Portanto, as radiações ionizantes ocorrem quando há energia suficiente para ionizar os átomos ou moléculas, tornando-se íons positivos quando perdem um ou mais elétrons, ou tornam-se íons negativos quando capturam um ou mais elétrons.

A radioatividade é a capacidade que alguns núcleos atômicos têm de emitir radiação, ou seja, irradiar partículas e/ou fótons para reduzir sua energia. Este fenômeno ocorre em um certo tempo que é a meia vida do átomo.

Esta utilização da radiação segue uma regulamentação para garantir que os alimentos sejam seguros para o consumo. Na atual legislação brasileira, é autorizado o uso do tratamento sem restrições de limites. Na Organização Mundial de Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) também não apresentam restrições acerca do uso da radiação nos alimentos.

Radiação do Cobalto 60

O Cobalto 59 (^{59}Co) existe em grande abundância na natureza e quando purificado, comprimido e, posteriormente, bombardeado por nêutrons, em um reator nuclear, resulta no Cobalto 60 (^{60}Co) que é radioativo. O Cobalto 60 irradia dois raios gama com energia de 1,17MeV e 1,33MeV, e tem uma meia vida de 5,26 anos.

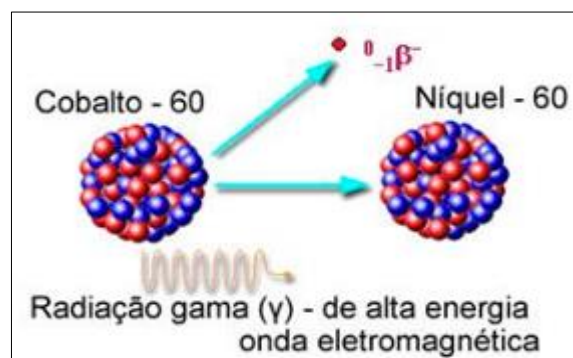


Figura 3 - Radiação do Cobalto 60
Fonte: cursos unipampa.

O Cobalto-60, por ser instável, emite radiação gama e um elétron ao decair para Níquel-60. Durante o decaimento, um nêutron se transforma em um próton, emitindo um elétron e radiação gama.

Os raios gama são fótons originados no núcleo do átomo, enquanto as demais ondas eletromagnéticas têm origem na eletrosfera. Os raios gama são semelhantes aos raios X, porém geralmente possuem maior energia.

Na Figura 4, observa-se, na parte inferior (1), o depósito do Cobalto-60, que, no momento da irradiação dos alimentos, é elevado para a posição (2), aproximando-se dos alimentos e causando a radiação sem contato direto.

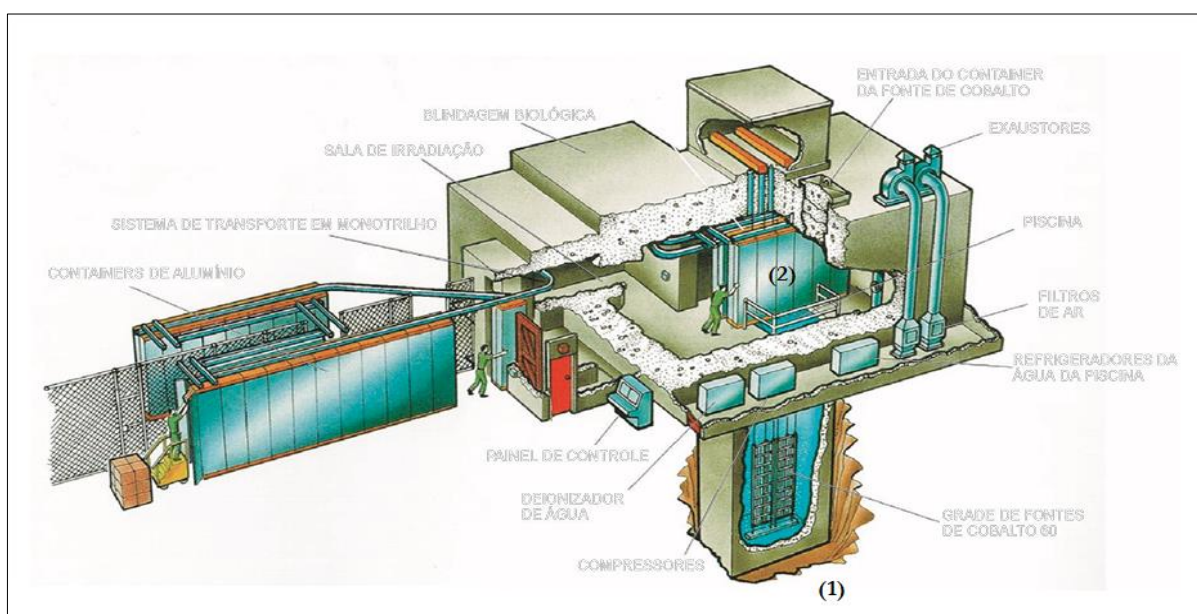


Figura 4 - Irradiador gama
Fonte: abrahao radiologia.

Referências

COUTO, Renata Ribeiro; SANTIAGO, Arnaldo José. Radioatividade e Irradiação de Alimentos. **Revista Unicentro**, v. 12, n. 2, p. 193-215, 2010.

LIMA, Roberto Quintanilha de. Irradiação de Alimentos. **Revista Desenvolvimento e Tecnologia**, v. 17, n. 3, p. 128-135, 2000.

ORNELLAS, Cléia Batista Dias; GONÇALVES, Maria Paula Junqueira; SILVA, Patrícia Rodrigues; MARTINS, Renaldo Travassos. Atitude do consumidor frente a irradiação de alimentos. **Ciência Tecnologia Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 211-213, 2006.

APENDICE G - Respostas do questionário sobre a Natureza da Ciência

ALUNO A1

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

A Natureza da Ciência

1. Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica? *As principais características de uma investigação científica são: utilização de uma metodologia pré-definida, uma pesquisa bibliográfica... Ela possui em alguns casos conceitos menos técnicos que uma investigação filosófica e pode ser comprovada.*
2. Como você considera que a ciência é produzida? *A ciência é produzida através de teorias e comprovações dessas teorias, além disso muitos vezes aquilo que já foi comprovado é substituído por novas postulações mais completas.*
3. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar? *Com certeza, a ciência está em constante transformação.*
4. A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo? *Diversas teorias que foram comprovadas por experimentos como do tubo de Crookes e da lâmina de ouro.*
5. A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido? *Sim, a história da ciência é extremamente importante para entender o desenvolvimento científico.*
6. Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade? *A falta de valorização da ciência e educação, a ideia errônea de que a ciência é construída rapidamente, a pouca divulgação da grande trajetória que diversos cientistas percorrem até uma teoria realmente ser comprovada.*
7. Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade? *A ciência explica diversas coisas do dia a dia, mostrando e explicando como as coisas realmente funcionam, quebrando o conhecimento empírico.*
8. De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país? *Influência por meio de novas tecnologias lucrativas, alternativas ambientais, invenções que têm a potencialidade de mudar totalmente a forma de viver.*

ALUNO A2

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

A Natureza da Ciência

1. Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica?

As características científicas são, abordagens teóricas, metódicas e baseadas em dados sem interferência pessoal. A investigação filosófica ocorre uma pesquisa quantitativa onde o pessoal é o mais importante.

2. Como você considera que a ciência é produzida?

Através de pesquisas, testes, ideias inovadoras.

3. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar?

Sim, ela sempre pode se aprimorar de várias formas.

4. A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo?

5. A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido?

Sim, pode. A história da ciência, nos mostra a evolução da mente e inteligência humana e através disso foram se aprimorando cada vez mais o conhecimento.

6. Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade?

Muitos fatores influenciam. Nos dias de hoje ainda existem muitas barreiras, inclusive redes sociais e pessoas ligadas afirmando coisas aleatórias ignorando a verdade.

7. Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade?

Influência de uma forma direta, pois as pessoas se tornam mais curiosas, investigadas a saber a fundo das coisas, querendo mais ciência dos e dando grandes ideias inovadoras.

8. De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?

De um modo bem direto. Países que focam na educação, ciência e pesquisa acabam com conhecimentos, conquistas e inovação, tornando assim a população mais desenvolvida e a frente.

ALUNO A3

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

A Natureza da Ciência

1. Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica? *Tem como objetivo de analisar um estudo com científico*
2. Como você considera que a ciência é produzida? *Através da pesquisa.*
3. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar? *com perguntas, questionário, conclusão*
4. A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo? *ter um conhecimento e defender sobre a Teoria para que o cientista ter um bom entendimento do átomo*
5. A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido? *pela conquista que foi produzida e tem conhecimento pela ciência.*
6. Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade? *os fatores podem ter reconhecimento na sociedade, de como trabalhar com e saber de como explicar.*
7. Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade? *Através do conhecimento e como trabalhar com a sociedade*
8. De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país? *O conhecimento como desenvolver e buscar mais sobre a ciência.*

APENDICE H - Respostas do questionário sobre a Natureza da Ciência

ALUNO A1

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

A Natureza da Ciência

Aluno:

Data: 18/11/24

1. Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica? A investigação científica muitas vezes é algo mais visual, palpável, apesar de também possuir sua parte filosófica. Algumas vezes a investigação científica não tem uma parte "visual", mas ainda assim busca na teoria algo que foi visto experimentalmente, buscando algo próximo da verdade, enquanto a investigação filosófica não se limita à verdade.
2. Como você considera que a ciência é produzida? Por meio de observação, questionamentos, elaboração de teorias, experimentação...
3. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar? Com certeza, a ciência está em constante transformação e com o avanço das tecnologias é quase impossível que teorias já comprovadas antes não sejam refutadas ou complementadas.
4. A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo? O conjunto de experimentos aplicados para entender o comportamento do átomo, mas isso não quer dizer que tal teoria não possa sofrer alterações.
5. A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido? Depende, nem sempre é fácil encontrar a completa história da ciência, mas caso for encontrada e transmitida corretamente, não tendo a ciência como um produto individual e o cientista como herói, pode assim ser considerada uma das narrativas mais próximas à verdadeira de como o conhecimento foi produzido.

ALUNO A1

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

6. Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade? *O preconceito, xenofobia, classe social, política...*

7. Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade? *Se relaciona por meio de interesses e necessidades, por exemplo, em guerras a maior parte do conhecimento científico foi voltado para a produção de armas e outros instrumentos bélicos...*

8. De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?

O conhecimento científico precisa de tempo para ser construído, por conta disso alguns países não investem tanto em ciência, por ser um grande gasto e não gerar resultados instantâneos, mas dizer que ciência não traz resultados econômicos é algo incorreto, pois os países que mais investiram em ciência são os mais desenvolvidos economicamente nos dias de hoje.

ALUNO A2

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

A Natureza da Ciência

Data: 02-12-24

1. Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica?

A investigação científica usa dados completos e lógicos e metódicos, sem a interferência da emoção, apenas fatos lógicos.

Investigação filosófica não trabalha com dados lógicos apenas com o pensamento e intuição.

2. Como você considera que a ciência é produzida?

Ela considera que seja produzida a partir de uma ideia, uma dúvida e curiosidade sobre determinados assuntos, causando uma investigação.

"Um problema ou dúvida e a busca pela solução e entendimento!"

3. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar?

Sim, pode se transformar, seja se aprimorando com novas ideias, seja buscando outras pontes de vista.

Se tornando inovadora e mais completa com evidências.

4. A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo?

Nem sempre sendo o átomo, sabemos que ele existe por meio de teorias e evidências científicas, embora seja difícil entender, a ciência tenta nos mostrar tais fenômenos e coisas mais complexas.

5. A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido?

A história da ciência infelizmente não reporta todos os acontecimentos, deixando para trás diversos nomes e pensamentos ou experimentos importantes de fora. Mostrando apenas os nomes mais conhecidos, renomados e respeitados das épocas, deixando importantes contribuições de fora.

ALUNO A2

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

6. Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade?

Os fatores infelizmente existem sendo, causas o lugar e origem da pessoa e sexo (mulher ou homem), idade e também se a pessoa tem ou não influência. Como muito ocorreu no passado onde grandes contribuições deram, somente o nome de cientistas famosos, deixando escondidos muitos importantes com ideias e contribuições excelentes.

7. Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade?

Se relaciona diretamente com a sociedade, pois tudo o que ocorre ao redor, influencia claramente com a ciência. Porém existem diversas adversidades e desafios para serem inseridos e principalmente entendidos pela sociedade que muitas vezes acaba por não deixar e ter dificuldade em entender coisas não tangíveis.

8. De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?

Influencia diretamente na economia de um país, sendo que a ciência traz grandes contribuições, e novas descobertas, inovações e tecnologias, capazes de gerar empregos, exportações, melhorias etc...
Um exemplo: Brasil o Instituto Butantan trabalhou na vacina para a imunização do Sars-Cov-2 (Covid-19).

ALUNO A3

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

A Natureza da Ciência

Data: 18/11/24

1. Quais as características de uma investigação científica? Como ela é diferente de uma investigação filosófica? Deve ser uma variação ou seja

nao muda, e um metodo que consiste em explorar, observar e responder a construção e teste de uma premissa estabelecida. Pode também significar racional lógico ou profundo.

2. Como você considera que a ciência é produzida?

A ciência é considerada como os cientistas se comportam, o objetivo é demonstrar uma solução para um problema proposto por meio de argumentação.

3. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica ela pode se transformar?

Ela pode ser desenvolvida pelos cientistas, o que fazer com essa teoria e se transformar através de pesquisas como melhorar.

4. A teoria atômica descreve o átomo semelhante ao sistema planetário, núcleo com prótons e nêutrons e os elétrons orbitando o núcleo. Qual evidência que leva aos cientistas ter tal entendimento do átomo? É um modelo que explica

a estrutura, o comportamento e as interações dos átomos, é composta e extremamente pequenas, orbitando o núcleo que leva os cientistas ter entendimento do átomo.

5. A história da ciência pode ser considerada uma narrativa verdadeira de como o conhecimento foi produzido? É considerada o conhecimento

científico surgiu o conhecimento pode ser considerada uma narrativa verdadeira, a necessidade de ser humana

ALUNO A3

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

6. Que fatores podem influenciar a invisibilidade ou, alternativamente, o reconhecimento de um cientista pela sociedade?

Pode se influenciar o conhecimento com alterações nas condições previstas pelos cientistas e da sociedade.

7. Como a produção do conhecimento da ciência se relaciona com a sociedade?

Para ter o conhecimento da ciência é o resultado de atividades que envolvem a coleta de dados e experimentação.

8. De que modo o conhecimento da ciência influencia o desenvolvimento econômico de um país?

O conhecimento técnico e aprofundado de algo sistematizado adquirida via observação é oriunda por diversos indicadores no desenvolvimento econômico.

APENDICE I - Trabalhos dos alunos

TEORIA ATÔMICA

18/11

ALUNO A1

Ao contrário do que muitos pensam Dalton não foi o primeiro a elaborar uma hipótese atômica e sim o primeiro a ter seu modelo atômico pela comunidade científica da época, além disso para seu modelo ele também se inspirou em postulados de outros cientistas e filósofos como Demócrito, Lavoisier, entre outros. Infelizmente a ciência muitas vezes é divulgada como a construção individual de um cientista, o que torna contribuições de cientistas que não ficaram famosos ocultas e invisibilizadas, como por exemplo as contribuições do cientista Hantaro Nagaoaka que não teve seu modelo atômico aceito pela comunidade científica e não recebeu reconhecimento, mesmo sua teoria tendo ajudado outros cientistas com sua teoria, como Rutherford. Esses acontecimentos demonstram a invisibilidade que alguns cientistas sofrem e a problemática do ensino de Ciências sem uma integração da história da ciência, que torna a construção da ciência linear e individual, não sendo fiel à realidade.

ALUNO A1

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

O Átomo

Aluno:

Descreva a teoria dos modelos atômicos conforme seu entendimento após os encontros nas aulas de Física II.

Na Grécia, Leucipo e Demócrito elaboraram a primeira teoria sobre a matéria, antes dela, outros filósofos se questionaram sobre isso, mas nenhum havia elaborado uma hipótese. A primeira Teoria Atômica que alcançou um grande público foi a de John Dalton, inspirada em estudos de outros cientistas como teoria dita, principalmente, que toda matéria é composta de átomos indivisíveis. Depois outra Teoria que teve destaque foi a de Thomson, que falava sobre o átomo ser uma esfera ponti-
 fada com elétrons distribuídos e neutra, para ele o átomo era divisível. Um cientista que não foi muito conhecido, mas que desenvolveu uma teoria atômica bem próxima a atual foi Nagoka, ele era um físico japonês que continua desconhecido no mundo ocidental, mas que provavelmente teve grande influência nas seguintes teorias atômicas de Rutherford e Bohr. Assim como Nagoka outros diversos cientistas também tiveram influência na construção da Teoria atômica e não tiveram crédito e nem são citados em livros didáticos, isso é um grande problema, pois dá a ideia que o conhecimento científico é linear e individual, mesmo sendo o total contrário. A ciência é construída em conjunto, um cientista complementa o outro até chegar a algo que faça mais sentido e seja compreendida, e assim quando surge algo que explique, melhore teorias antigas e mais comumente substituída, além disso a ciência sofre grande influência da sociedade histórica, situação política... pois conforme novas tecnologias vão surgindo se torna possível realizar diferentes experimentos, mas tudo isso depende de investimentos e valorizações da ciência.

ALUNO A3

O átomo é considerado que contribuiu de toda maneira para pesquisas de que o átomo é que é o principal de que tem a carga elétrica e também carga negativa. São elétrons. Também é formado por mais de estrutura composição e modelo atômico. Toda matéria.

Semia

ALUNO A3

Física II – Prof. Msc. Marcos Reis

O Átomo

Aluno:

Descreva a teoria dos modelos atômicos conforme seu entendimento após os encontros nas aulas de Física II.

Átomos são constituintes da matéria, sendo divididos em duas partes, sendo divididos em duas regiões: o núcleo e a eletrosfera.

O núcleo atômico tem caráter positivo, pois é composto de prótons e nêutrons, além de ser extremamente denso.

A eletrosfera é a região periférica do átomo, na qual estão os elétrons, de caráter negativo.

Os átomos são eletricamente neutros e identificáveis pelo seu número de prótons, conhecida como número atômico.

Elétrons possuem massa desprezível por isso, a massa do átomo só depende dos seus prótons e nêutrons.

Os átomos são compreendidos e estudados com base em modelos atômicos, os quais evoluíram ao longo da ciência e a tecnologia.

Inicialmente o átomo foi concebido como uma ideia pelos filósofos gregos, Leucipo e Demócrito.

O átomo é a partícula que constitui a matéria, ou seja, tudo aquilo que possui massa e volume.

Os modelos atômicos são representações que explicam a estrutura do átomo. É todo modelo científico que se usa para explicar os átomos e seus comportamentos. São teorias que tentam explicar a matéria e seus fenômenos, o átomo vai evoluindo com cada modelo atômico, de acordo com o conhecimento científico da época.

ANEXO A - Autorização da Coordenação do Curso de Ciências Biológica

IFRS, Campus Sertão
Rodovia RS 135, Km 32, Distrito Eng. Luiz Englert
Fone: (54) 3345-8000/ CEP: 99170-000
E-mail: comunicacao@sertao.ifrs.edu.br

AUTORIZAÇÃO DA ESCOLA

Eu Jeonice Werle Techio, Coordenadora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas do IFRS Campus Sertão autorizo o discente do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM da Universidade de Passo Fundo, **MARCOS ROGÉRIO DOS REIS**, a realizar a pesquisa intitulada “História da Ciência para Ensinar Física Moderna e Contemporânea em um Curso de Formação de Professores de Ciências Biológicas”, no período de agosto de 2024 a outubro de 2024.

Passo Fundo, 24 de junho de 2024.



Documento assinado digitalmente
JEONICE WERLE TECHIO
DATA: 24/06/2024 17:07:47-0000
Verifique em <https://validar.ifrs.gov.br/>

Coordenadora do Curso de Licenciatura em Ciências Biológica

ANEXO B - Termos de Consentimento Livre Esclarecido