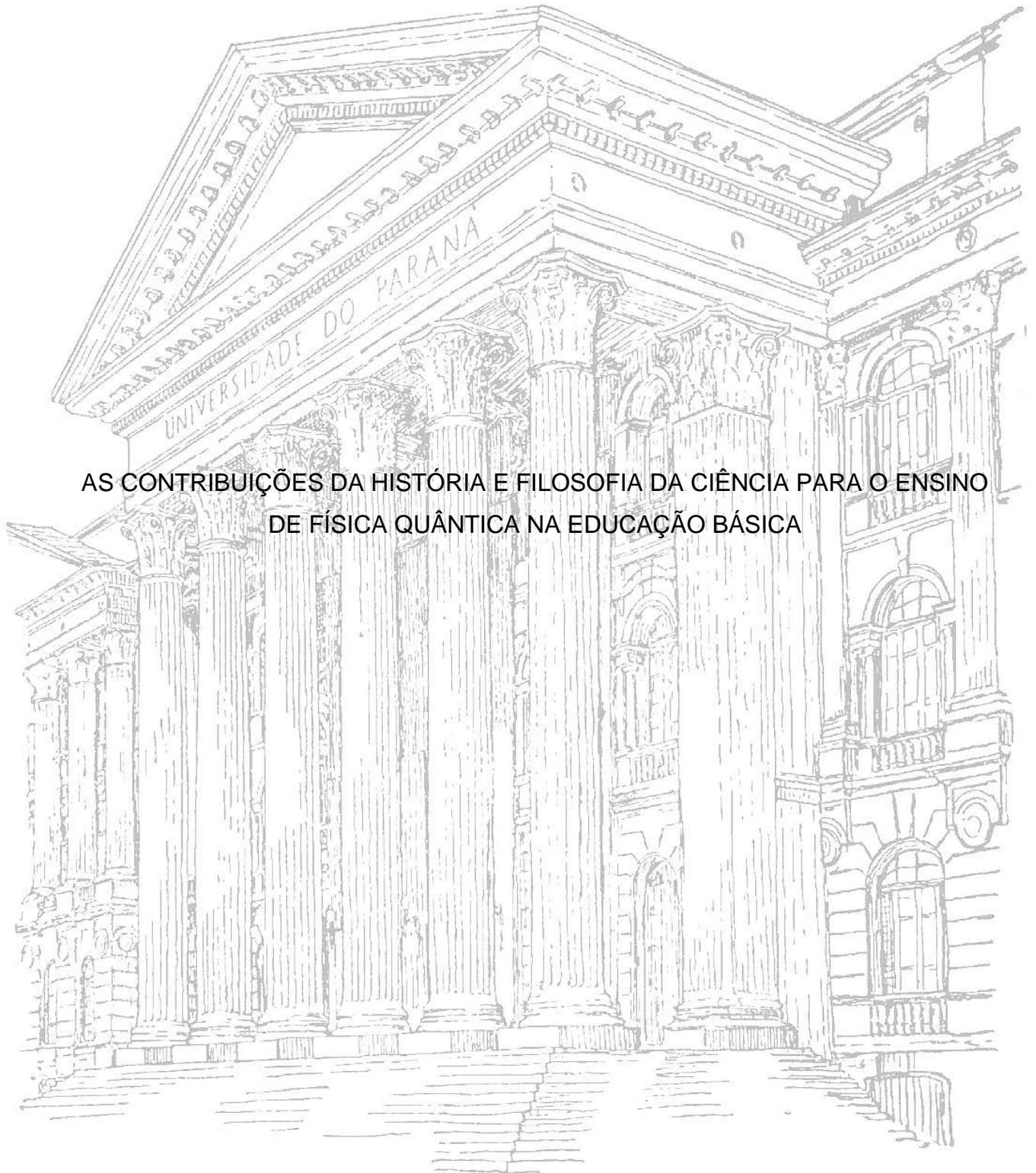


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

TIAGO UNGERICH ROCHA



AS CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA O ENSINO
DE FÍSICA QUÂNTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

CURITIBA

2013

TIAGO UNGERICH ROCHA

AS CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA O ENSINO
DE FÍSICA QUÂNTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática, no curso de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Joanez Aparecida Aires

CURITIBA

2013

Rocha, Tiago Ungericht

As contribuições da história e filosofia da ciência para o ensino de física quântica na educação básica / Tiago Ungericht Rocha. – Curitiba, 2013.

319 f. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática

Orientadora: Joanez Aparecida Aires

1. Física -- Estudo e ensino. I. Aires, Joanez Aparecida. II. Título.

CDD 530.12



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA


PARECER

Defesa de Dissertação de **TIAGO UNGERICHT ROCHA**, intitulada “**AS CONTRIBUIÇÕES DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA PARA O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**”, para obtenção do Título de Mestre em Educação em Ciências e em Matemática.

De acordo com o Protocolo aprovado pelo Colegiado do Programa, a Banca Examinadora composta pelos professores abaixo-assinados arguiu, nesta data, o candidato acima citado. Procedida a arguição, a Banca Examinadora é de Parecer que o candidato está **apto ao Título de MESTRE EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E EM MATEMÁTICA**, tendo merecido as apreciações abaixo:

BANCA	ASSINATURA	APRECIÇÃO
Prof ^a . Dr ^a . Joanez Aparecida Aires (orientadora)		Aprovado
Prof. Dr. Deividi Marcio Marques		Aprovado
Prof ^a . Dr ^a . Ivanilda Higa		Aprovado

Curitiba, 19 de Fevereiro de 2013.


Prof. Dr. Carlos Roberto Vianna
Coordenador do Programa de Pós-Graduação
em Educação em Ciências e em Matemática.



*À pessoa que na escola da vida sempre
ensinou a mim e aos meus irmãos, com
seu exemplo sereno - de honestidade e
de garra - a lutar por nossos ideais, sem
abrir mão de nossos valores.*

À minha mãe Aneta, dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por ter iluminado o meu caminho, sobretudo nestes últimos dois anos.

Em especial agradeço a minha mãe por sua presença constante ao longo de minha vida, pelo apoio dado e por sempre ter exercido com maestria a arte de me orientar com seus conselhos sempre que necessário. Também sou grato à Bruna, minha irmã, pela presença constante ao longo desta etapa formativa, pelos incentivos dados e pelos momentos de lazer e de descontração em meio às turbulências do dia a dia.

Agradeço a minha orientadora, professora Joanez Aparecida Aires, pela constante paciência e atenção que sempre teve para com o desenvolvimento deste trabalho. Por acreditar nesta proposta, pela dedicação empreendida e pelo incentivo dado sou muito grato.

Aos professores Deividi Marques e Ivanilda Higa sou grato pelas sugestões dadas para a melhoria deste trabalho.

Aos professores do PPGECM-UFPR - em particular Orliney Guimarães e Sérgio Camargo - pelo incentivo dado e pelas contribuições propiciadas nas conversas ao longo deste período. Agradeço também a Antonyhella pela dedicação e zelo no exercício de suas funções enquanto secretária do PPGECM-UFPR.

Agradeço também as minhas colegas de mestrado Bárbara e Jussara pelos nossos papos em que muitas vezes surgia uma nova ideia, uma “luz para o fim do túnel”.

Aos meus familiares, amigos e colegas de trabalho que, de um jeito ou de outro, se fizeram presentes neste período não se mostrando indiferentes a esta etapa de minha formação sou grato.

E, por fim, agradeço a CAPES pelo apoio financeiro.

Quando o espírito se apresenta à cultura científica, nunca é jovem. Aliás, é bem velho, porque tem a idade de seus preconceitos. Aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado.

Gaston Bachelard

RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma pesquisa sobre a abordagem histórico-filosófica da ciência para o ensino de Física Quântica na Educação Básica. O objetivo é analisar as possíveis contribuições propiciadas por esta abordagem para o ensino de conteúdos relacionados à Física Quântica no Ensino Médio. A metodologia empregada foi a da pesquisa qualitativa, na forma de um estudo de caso. Para tal, selecionamos uma turma de série final em um colégio estadual da região metropolitana de Curitiba e, a partir das características da proposta pedagógica curricular do estabelecimento, elaboramos e desenvolvemos com a turma uma proposta didática de 12 aulas, intitulada “Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria”. A proposta didática foi concebida a partir da fundamentação teórica a respeito da abordagem histórico-filosófica da ciência no ensino de Ciências, das discussões em torno da inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (sobretudo relacionados à Física Quântica) no currículo escolar e da análise das propostas de inserção de conteúdos relacionados à Física Quântica presentes nas coleções de Física aprovadas para o Programa Nacional do Livro Didático 2012. A partir da análise e discussão dos dados constituídos ao longo do desenvolvimento da proposta didática (questionários e diários de bordo), pudemos constatar que, de fato, esta abordagem contribuiu para o ensino de conteúdos relacionados à Física Quântica, na medida em que perturbou as visões deformadas das estudantes em relação à natureza da ciência e ao trabalho científico, possibilitando assim uma percepção mais próxima daquela defendida pelos estudiosos da epistemologia contemporânea, ao mesmo tempo em que propiciou o aprendizado dos conceitos científicos.

Palavras-chave: História e Filosofia da Ciência. Ensino de Física. Física Quântica.

ABSTRACT

In this work we present a research about the historical-philosophical approach of science for teaching on Quantum Physics in Basic Education. The goal is to analyze the possible contributions offered by this approach for teaching content related to quantum physics in high school. The methodology was qualitative research in the form of a case study. To this end, we selected a class of students of final series at a state college in the metropolitan region of Curitiba. We elaborated and we developed with the class a didactic proposal of 12 lessons, entitled "Quantum Physics and understanding the structure of matter" from the characteristics of the pedagogical curriculum of school. The didactic proposal has been designed from the theoretical basis about the historical-philosophical approach of science in science teaching, from discussions on the inclusion of topics Modern and Contemporary Physics (mainly related to Quantum Physics) in the school curriculum and analysis of proposals for inclusion of contents related to Quantum Physics present in the collections of Physics approved for the National Textbook Program 2012. From the analysis and discussion of the data generated during the development of didactic proposal (questionnaires and logbooks), we conclude that, indeed, this approach contributed to the teaching of content related to Quantum Physics, because was disturbed the deformed visions of students about the nature of science and the scientific work, thus enabling a perception closer to that advocated by scholars of contemporary epistemology, while it facilitated the learning of scientific concepts.

Keywords: History and Philosophy of Science. Physics Teaching. Quantum Physics.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
CAPÍTULO 1 – O ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA	19
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS	19
1.1.1 A crise do ensino de ciências.....	19
1.1.2 O debate nacional em torno do ensino de ciências.....	21
1.2 HISTÓRIA, HISTORIOGRAFIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA	24
1.2.1 Considerações iniciais.....	24
1.2.2 A História da Ciência e suas relações com a Filosofia.....	26
1.2.3 A História da Ciência a partir da historiografia contemporânea	32
1.3 A ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	35
1.3.1 Considerações iniciais.....	35
1.3.2 Contribuições ao ensino.....	38
1.3.3 As críticas à abordagem HFC e o perigo do mau uso.....	40
1.3.4 Dificuldades apontadas em relação ao emprego da abordagem HFC	44
1.3.5 Interfaces em sala de aula	46
CAPÍTULO 2 - O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	51
2.1 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL E NO PARANÁ NAS DUAS ÚLTIMAS DÉCADAS	51
2.2 A INSERÇÃO DE CONTEÚDOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO	59
2.2.1 Considerações iniciais.....	59
2.2.2 Encaminhamentos metodológicos para a inserção de FMC	64
2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA E OS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2012.....	67
2.3.1 Considerações iniciais.....	67
2.3.2 A presença de elementos que possibilitem uma abordagem HFC aos conteúdos de Física Quântica nos livros do PNLD 2012	70
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA PESQUISA	81
3.1 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS EM TORNO DA METODOLOGIA ADOTADA.....	81
3.2 A PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE FÍSICA QUÂNTICA	85

3.3 A DESCRIÇÃO DO CONTEXTO DE INVESTIGAÇÃO: A REALIDADE ESCOLAR	94
3.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTITUIÇÃO DE DADOS	98
3.5 A ANÁLISE DOS DADOS	102
CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	107
4.1 O DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DIDÁTICA <i>FÍSICA QUÂNTICA E A COMPREENSÃO DA ESTRUTURA DA MATÉRIA</i> POR MEIO DE UMA ABORDAGEM HFC.....	108
4.1.1 Aula 01 – 09/11/2011	108
4.1.1.1 Relato do professor da turma.....	109
4.1.1.2 Relato das estudantes sobre a aula.....	109
4.1.1.3 Reflexões do pesquisador.....	111
4.1.2 Aula 02 – 10/11/2011	112
4.1.2.1 Relato do professor da turma.....	113
4.1.2.2 Relato das estudantes sobre a aula.....	114
4.1.2.3 Reflexões do pesquisador.....	115
4.1.3 Aula 03 – 16/11/2011	117
4.1.3.1 Relato do professor da turma.....	117
4.1.3.2 Relato das estudantes sobre a aula.....	119
4.1.3.3 Reflexões do pesquisador.....	120
4.1.4 Aula 04 – 17/11/2011	122
4.1.4.1 Relato do professor da turma.....	123
4.1.4.2 Relato das estudantes sobre a aula.....	124
4.1.4.3 Reflexões do pesquisador.....	125
4.1.5 Aula 05 – 18/11/2011	126
4.1.5.1 Relato do professor da turma.....	127
4.1.5.2 Relato das estudantes sobre a aula.....	127
4.1.5.3 Reflexões do pesquisador.....	128
4.1.6 Aula 06 – 21/11/2011	129
4.1.6.1 Relato do professor da turma.....	130
4.1.6.2 Relato das estudantes sobre a aula.....	131
4.1.6.3 Reflexões do pesquisador.....	132
4.1.7 Aula 07 – 23/11/2011	133
4.1.7.1 Relato do professor da turma.....	134

4.1.7.2	Relato das estudantes sobre a aula.....	134
4.1.7.3	Reflexões do pesquisador.....	135
4.1.8	Aula 08 – 24/11/2011	137
4.1.8.1	Relato do professor da turma.....	137
4.1.8.2	Relato das estudantes sobre a aula.....	137
4.1.8.3	Reflexões do pesquisador.....	138
4.1.9	Aula 09 – 25/11/2011	140
4.1.9.1	Relato do professor da turma.....	140
4.1.9.2	Relato das estudantes sobre a aula.....	141
4.1.9.3	Reflexões do pesquisador.....	142
4.1.10	Aula 10 – 28/11/2011	144
4.1.10.1	Relato do professor da turma.....	144
4.1.10.2	Relato das estudantes sobre a aula.....	144
4.1.10.3	Reflexões do pesquisador.....	145
4.1.11	Aula 11 – 30/11/2011	146
4.1.11.1	Relato do professor da turma.....	146
4.1.11.2	Relato das estudantes sobre a aula.....	147
4.1.11.3	Reflexões do pesquisador.....	148
4.1.12	Aula 12 – 01/12/2011	149
4.1.12.1	Relato do professor da turma.....	150
4.1.12.2	Relato das estudantes sobre a aula.....	150
4.1.12.3	Reflexões do pesquisador.....	151
4.1.13	Considerações gerais sobre o processo	152
4.2	CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CONCEPÇÕES DAS ESTUDANTES ANTES E APÓS O DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DIDÁTICA	155
4.2.1	Primeiro eixo: origem e evolução dos modelos e teorias científicas	157
4.2.1.1	Formulação das leis e teorias científicas	158
4.2.1.2	Durabilidade de uma teoria científica	160
4.2.1.3	Motivação do cientista em fazer ciência.....	163
4.2.1.4	Os modelos científicos	166
4.2.2	Segundo eixo: evolução dos modelos atômicos	170
4.2.2.1	Pluralidade de modelos atômicos	171
4.2.2.2	Modelos atômicos conhecidos pelas estudantes	173
4.2.3	Terceiro eixo: concepções sobre a estrutura da matéria.....	175

4.2.3.1 A compreensão do conceito <i>átomo</i>	175
4.2.3.2 A compreensão do conceito <i>partícula fundamental</i>	178
4.2.3.3 A ideia de finitude na busca pela compreensão da estrutura da matéria	180
4.2.4 Quarto eixo: concepções acerca da Física enquanto ciência	183
4.2.4.1 Motivações que levaram ao surgimento da Física Quântica.....	183
4.2.4.2 Limitações da Física Clássica.....	185
4.2.4.3 A descrição da realidade a partir da Física Quântica.....	188
CONSIDERAÇÕES FINAIS	192
REFERÊNCIAS	199
APÊNDICES	206
ANEXOS	232

INTRODUÇÃO

Antes de abordar as características desta pesquisa, gostaria de me apresentar. Sou licenciado em Filosofia e em Física e há nove anos atuo como professor na Educação Básica (especificamente no Ensino Médio), na qual pude lecionar em colégios da rede pública e privada de ensino. Ao fazer uma breve releitura de minha trajetória pretendo trazer à tona alguns elementos para contextualizar o surgimento desta pesquisa.

A resistência de minha família foi um entrave em relação à pretensão de seguir meus estudos e, assim, iniciar a carreira docente. Ao concluir o Ensino Médio, eu tinha claro para mim a intenção de cursar uma licenciatura devido ao interesse em lecionar, porém estava dividido em relação à área de atuação: ao mesmo tempo nutria um interesse em relação à História e Filosofia, como também em relação à Matemática e à Física. Entretanto, após a conclusão do Ensino Médio, foram necessários dois anos para que eu ingressasse em um curso de licenciatura.

Em 2001 ingressei no curso de licenciatura em Filosofia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, concluindo-o em 2004. Durante este período me foi possibilitado o contato com a História da Filosofia, com a História Geral e com as grandes áreas temáticas da Filosofia, dentre as quais destaco a Lógica, a Filosofia da Ciência, a Filosofia da Linguagem e a Filosofia da Mente (sendo esta última área a qual me dediquei em meu trabalho de conclusão de curso). Tive o primeiro contato com questões relacionadas à Educação, aprofundando-as no que se refere ao ensino de Filosofia. Ao final de 2004, fui aprovado em concurso público da Secretaria de Estado da Educação do Paraná, assumindo no início do ano seguinte um padrão (cargo) de 20 horas na disciplina de Filosofia.

Em 2006 ingressei no curso de licenciatura em Física da Universidade Federal do Paraná, concluindo-o em 2010. No primeiro ano de graduação já estava lecionando Física, o que me possibilitou refletir em torno de questões relacionadas ao seu ensino. A partir de 2009, passei a cursar as disciplinas relacionadas à formação de professores de Física. As disciplinas Oficina I e II de Ensino de Física, Metodologia do Ensino de Física e Prática de Ensino e Estágio Supervisionado foram fundamentais em minha formação enquanto *professor* de Física, pois possibilitaram um contato inicial com os campos de pesquisa relacionados ao ensino

desta disciplina. Neste momento percebi a importância da aquisição de uma formação sólida para o exercício do magistério. Pude perceber também a necessidade de ser realizada uma atualização curricular na disciplina de Física, na qual fossem incorporados conteúdos de Física Moderna e Contemporânea ao currículo do Ensino Médio. Ao final do curso, em 2010, participei do projeto Licenciador¹ através do projeto de pesquisa: “As Pesquisas em ensino e a formação do Licenciando: enfoque em ciências físicas e biológicas”. Esta experiência trouxe subsídios que me motivaram a prosseguir nos estudos e prestar a seleção para o mestrado em Educação em Ciências e em Matemática, recém-criado na universidade.

Ao final de 2010, fui aprovado no processo seletivo para o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática, na linha de Ensino e Aprendizagem de Ciências, sob a orientação da professora Dr^a. Joanez Aparecida Aires. A essa altura de minha formação acadêmica e da minha atuação profissional, havia delimitado meus interesses de investigação: focar o ensino de Física, explorando as potencialidades de se recorrer à História e Filosofia da Ciência. Em outras palavras, de investigar o uso da abordagem histórico-filosófica da ciência para o ensino de conteúdos científicos. É neste contexto que se deu a gênese desta pesquisa.

Intitulada *As Contribuições da História e Filosofia da Ciência para o ensino de Física Quântica na Educação Básica*, esta pesquisa tem por objetivo analisar as possíveis contribuições da abordagem histórico-filosófica da ciência ao ensino de Física Quântica. O nosso objetivo de pesquisa, portanto, consiste em evidenciar as possíveis contribuições para o ensino de tópicos de Física Moderna e Contemporânea, por meio de uma abordagem histórico-filosófica da ciência.

Nesta pesquisa, a opção pela abordagem histórico-filosófica deve ser entendida como **uma dentre as opções** de abordagem para o ensino de Ciências e **não como a única ou a melhor** forma de se encaminhar o trabalho em sala de aula. Em nosso entendimento, esta abordagem apresenta um potencial enriquecedor ao ensino de Física e queremos investigar isto. Pessoa Jr. (1996) argumenta que o uso

¹ É um Programa da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade Federal do Paraná, o qual visa desenvolver um conjunto de ações que garantam a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão visando a melhoria da formação dos licenciados da Universidade, almejando assim a integração da Universidade e o ensino básico. Maiores informações podem ser obtidas em <<http://www.prograd.ufpr.br/licenciar.html>>. Acesso em: 25/01/2013.

desta abordagem se dá em função da concepção de cada professor em relação ao ensino de Física. Neste sentido, pode-se considerar que a opção pela abordagem histórico-filosófica em nossa pesquisa se deu em função de nossa concepção acerca do ensino de Física. Entendemos que o seu ensino deve ter por finalidade a formação de uma cultura científica no estudante, que transcenda o simples ato de resolver problemas de forma algorítmica ou de intervir em situações cotidianas. Concordamos com Zanetic (1989) quando este autor defende a necessidade de se alçar um ensino o qual considere a Física como um elemento cultural vivo, inquietante e que, da mesma forma que se necessita da técnica experimental e matemática para sua construção e difusão, também trabalha com o imaginário. Neste sentido, acreditamos no potencial enriquecedor que a abordagem histórico-filosófica pode trazer para o ensino de Física.

De modo a delimitar o objeto de investigação desta pesquisa, nos propusemos a responder a seguinte questão: *Quais as contribuições da abordagem histórico-filosófica da ciência para o ensino de Física Quântica na Educação Básica?* Deste modo, além da discussão em torno desta abordagem procuramos trazer à tona uma questão específica do ensino de Física: a inserção de conteúdos de Física Quântica, enquanto parte integrante do rol de tópicos de Física Moderna e Contemporânea.

Entendemos que a discussão a respeito da inserção da abordagem histórico-filosófica da ciência no ensino de Física é fundamental na medida em que esta pode contribuir no processo de emancipação dos estudantes nas esferas intelectual, econômica, social, política e cultural. A contextualização do saber científico se faz necessária no processo de desenvolvimento das competências, de modo que a inserção desta abordagem ocupa um papel fundamental, possibilitando uma aproximação efetiva entre o conhecimento científico e os estudantes. Por sua vez o ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, sobretudo aqueles derivados da teoria quântica, constitui um grande desafio para a Educação Básica e a sua inserção a partir da referida abordagem uma importante via de acesso.

Para responder ao problema de pesquisa, trilhamos um percurso no qual procuramos cumprir um conjunto de etapas. Em primeiro lugar, buscamos na literatura elementos que subsidiassem uma reflexão em torno do ensino de Ciências e das implicações incorridas quando este é orientado por uma abordagem histórico-filosófica. Na sequência, identificamos na literatura as principais discussões teóricas em torno do ensino de temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea.

Procuramos também analisar como os livros didáticos do Programa Nacional do Livro Didático 2012 – dado a sua importância no ensino em nível nacional – abordam os conteúdos relacionados à Física Quântica. Buscamos identificar se e como a abordagem histórico-filosófica é contemplada na apresentação destes conteúdos nas coleções. Em seguida, com base no referencial teórico, apresentamos uma proposta didática sobre Física Quântica estruturada em torno da abordagem histórico-filosófica da ciência, bem como o contexto em que esta foi desenvolvida. Na sequência apresentamos os instrumentos que possibilitaram a constituição dos dados que nos permitiram responder à questão central deste trabalho.

Estruturado em quatro capítulos, o presente texto faz uma revisão teórica abrangente, bem como apresenta as opções metodológicas empregadas e os resultados da análise dos dados constituídos. A proposta didática, os instrumentos para a constituição dos dados, bem como os dados constituídos (em sua maior parte) estão anexados ao final do texto.

O capítulo 1 – **O ensino de Ciências a partir de uma abordagem histórico-filosófica** - faz o resgate das discussões em torno do ensino de Ciências, procurando evidenciar que os problemas enfrentados pelo contexto brasileiro são, em parte, derivados de um quadro mais amplo (tendência internacional). Na sequência, fazemos uma análise em torno da História da Ciência e de sua historiografia, de modo a evidenciar que esta área possui suas particularidades em relação à História, enquanto ciência. Procuramos estabelecer também neste capítulo, em certa medida, as contribuições que a Filosofia da Ciência traz no processo de construção da atual historiografia da ciência. Uma vez trilhado esse caminho, procuramos analisar o ensino de Ciências por meio de uma abordagem histórico-filosófica, apresentando algumas possíveis contribuições ao ensino, as críticas em relação ao uso dessa abordagem, bem como as principais dificuldades apontadas em relação ao emprego desta abordagem em sala de aula.

O capítulo 2 – **O ensino de Física Quântica na Educação Básica** – apresenta, num primeiro momento, o processo que culminou na reformulação do ensino de Física e que evidenciou a necessidade da inserção de tópicos atualizados no currículo escolar, sobretudo derivados da Física desenvolvida a partir do século XX (Física Moderna e Contemporânea). Na sequência, trazemos elementos debatidos em trabalhos anteriores que orientam a inserção destes tópicos no

currículo da Educação Básica, de modo a evidenciar que a abordagem de tópicos atualizados de Física envolve a reestruturação do currículo, bem como a reflexão em relação aos encaminhamentos didático-metodológicos adotados. Na sequência, delimitamos a discussão em relação ao ensino de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica em torno do ensino de conteúdos relacionados à Física Quântica, por esta questão constituir parte do objeto de investigação de nossa pesquisa. Por fim, apresentamos os resultados da análise feita nos livros didáticos de Física da última edição do Programa Nacional do Livro Didático. Nesta análise nos propusemos a investigar se e como os livros abordam conteúdos de Física Quântica por meio de uma abordagem histórico-filosófica da ciência. As reflexões oriundas desta análise nortearam também a construção de uma proposta didática que integrasse a abordagem histórico-filosófica ao ensino de tópicos de Física Quântica.

O capítulo 3 – **Metodologia da pesquisa** – apresenta, num primeiro momento, um conjunto de considerações teóricas em torno da metodologia adotada nesta pesquisa (estudo de caso) para a constituição dos dados que nos permitirão, posteriormente, analisar as possíveis contribuições da abordagem HFC para o ensino de Física Quântica na Educação Básica. Na sequência apresentamos a proposta didática *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria*, bem como a descrição do contexto escolar em que esta foi desenvolvida. Por fim, este capítulo apresenta os instrumentos utilizados para a constituição de dados e qual o procedimento adotado para a sua análise.

O capítulo 4 – **Análise e discussão dos dados** – é dividido em duas partes. Na primeira parte procedemos à reconstrução do processo que culminou no desenvolvimento (junto a uma turma de Ensino Médio) da proposta didática de conteúdos de Física Quântica, baseada numa abordagem histórico-filosófica da ciência. Através do cruzamento dos diários pudemos tecer reflexões críticas em relação a cada uma das 12 aulas utilizadas para o desenvolvimento de nossa proposta, de modo a evidenciar os aspectos positivos e também refletir sobre as principais dificuldades enfrentadas. Deste modo, procuramos ir ao encontro das particularidades de um estudo de caso, enquanto pesquisa qualitativa, na medida em que consideramos o processo em sua totalidade e não apenas o produto final.

Num segundo momento procedemos à triangulação dos dados dos questionários inicial e final, de modo a inferir em que grau o desenvolvimento da

proposta didática perturbou as concepções das estudantes. Para tal, baseado em Gil-Pérez *et al.* (2001), procuramos levantar as possíveis visões deformadas das estudantes em relação à ciência (presentes nas respostas dos questionários iniciais) e, a partir de então, analisar se as respostas dadas após o desenvolvimento da proposta didática indicaram perturbações e, em que sentido estas perturbações ocorreram. Para cada ponto, procuramos analisar se a abordagem histórico-filosófica contribuiu (de que forma) para o ensino de Física Quântica.

Por fim - nas **Considerações Finais** – fazemos um apanhado geral, sistematizando os resultados do capítulo anterior de modo a evidenciar que a abordagem histórico-filosófica da ciência contribuiu para o ensino de conteúdos de Física Quântica na Educação Básica. Na medida em que trabalhamos estes conteúdos com as estudantes, pudemos discutir aspectos internos e externos em relação à natureza da ciência e à atividade científica. A análise dos dados sinaliza em favor dos teóricos que defendem o recurso à História e Filosofia da Ciência no ensino de Ciências.

CAPÍTULO 1 - O ENSINO DE CIÊNCIAS A PARTIR DE UMA ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA

Neste capítulo pretendemos analisar o ensino de Ciências a partir de uma abordagem que valorize sua dimensão histórico-filosófica. Para tal, faremos algumas considerações sobre o ensino de Ciências e, em seguida, uma análise sobre História e historiografia da Ciência. Por fim discutiremos as implicações do uso de tal abordagem no ensino de Ciências.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE O ENSINO DE CIÊNCIAS

Uma análise criteriosa sobre o ensino de Ciências² remete para o campo da Didática das Ciências. Nos últimos anos vários trabalhos foram publicados em diversos países, refletindo um amadurecimento considerável em relação às questões básicas abordadas por esta área: o que ensinar, como ensinar e que formação se faz necessária para ensinar.

Gagliardi e Giordan (1986) consideram que o ensino de Ciências se articula em torno de três eixos fundamentais: os mecanismos de compreensão do aluno, as estratégias pedagógicas adotadas e o conteúdo do ensino. Segundo tais autores, este tripé deve ser tratado simultaneamente. Em tese, a formação propiciada pelo ensino de Ciências deve permitir ao estudante, por meio da aquisição de novos conhecimentos, o desenvolvimento de uma postura que lhe permita interagir de modo crítico com o mundo que está a sua volta.

1.1.1 A crise do ensino de Ciências

Nas últimas décadas do século XX, o ensino de Ciências passou por profundas revisões de ordem curricular e metodológica. Tais estudos foram motivados pelo fato de o ensino de Ciências ter atravessado uma forte crise de identidade, cujos reflexos ainda são perceptíveis atualmente. Em muitos casos, o conhecimento científico

² Por *ensino de Ciências* entenda-se a discussão realizada em torno do ensino das ciências da natureza (Biologia, Física e Química).

ainda é ensinado de forma dogmática e autoritária, cabendo ao estudante aceitar, pura e simplesmente, os resultados transcritos no quadro de giz (ou num projetor multimídia, por exemplo) e aplicá-los, quando possível, em exercícios que valorizam operações algébricas em detrimento de um aprendizado mais amplo. Nessa lógica são privilegiados apenas os resultados produzidos pela ciência, ignorando o processo de construção desta. Nota-se, portanto, que apesar de seu forte caráter experimental, as ciências da natureza muitas vezes são reduzidas em disciplinas escolares pautadas por metodologias fortemente baseadas na resolução de problemas com pouca significação. Por sua vez, em sua maioria os livros didáticos de Ciências enfatizam os resultados pelos quais as diversas ciências chegaram, evidenciando os produtos finais e não o processo de construção dos conhecimentos científicos. A respeito dessa realidade, Neves constata que:

O que temos visto nas últimas décadas é a ciência sendo apreendida como um dado e não como uma possibilidade de construção e integração com as demais ciências e com as necessidades diárias do cidadão comum. Assim, currículos progressistas, órfãos de mudanças político-econômicas também necessárias assim como o aval de uma comunidade científica desinteressada pelos problemas da educação, acabam sendo relidos, quando muito, sob a ótica de uma ciência como descoberta, onde reduzimos sua essência quase à crença religiosa, no sentido de uma verdade absoluta, imutável (NEVES, 1998, p.74).

A crise do ensino de Ciências é evidenciada na medida em que os saberes escolares perdem a identidade com os conhecimentos científicos dos quais se originaram. Em um contexto de crise, os saberes escolares são encarados como resultados definitivos, acrílicos, e muitas vezes isolados. Para Neves, tal como é apresentado em muitas circunstâncias, o ensino de Ciências é dogmático na medida em que se ensinam conteúdos de Ciências por imposição e se aprende Ciências a partir da aceitação das 'verdades científicas'.

Por muitos anos o ensino de Ciências foi regido por uma didática ao qual ao aluno - encarado como uma *tábula rasa*³ - era atribuído a função de aprender, via

³ Segundo Abbagnano (2007), na Antiguidade a expressão *tábula rasa* indicou, à vezes, a condição da alma antes da aquisição dos conhecimentos. Esta expressão nasceu da comparação do processo de aquisição de conhecimentos com o processo de impressão de sinais ou letras sobre tábuas cobertas de cera ou escritas de páginas, remontando ao século V a.C. na dramaturgia de Ésquilo. Por sua vez, Aristóteles (384-322 a.C.) comparava o intelecto a uma tábula onde nada está escrito. Na Filosofia Moderna, John Locke (1632-1704) utilizou esta imagem para expressar a tese da origem empírica dos conhecimentos, na qual o sujeito tem por função captar aspectos sensoriais da realidade e memorizá-los. Quando aplicada à Educação, esta expressão sugere que o aluno ao chegar à escola nada sabe e precisa de alguém para lhe transmitir o conhecimento.

memorização, os conceitos transmitidos pelo professor, cuja autoridade não deveria ser questionada. O resultado de anos de tal prática produziu uma crise profunda que se revelou em um grau elevado de analfabetismo científico nos estudantes, bem como um desinteresse generalizado sobre Ciências. Tal crise, conforme aponta El-Hani (2006, p.3), “também contribuiu para que uma maior atenção recaísse sobre as abordagens contextuais do Ensino de Ciências”. Ensinar resultados de leis e teoremas, por exemplo, que se valem de condições ideais como a ausência da resistência do ar, de atrito, entre outras considerações, dificilmente possibilitará a um estudante da Educação Básica⁴ a formação de uma visão integrada do conhecimento científico, com suas inter-relações, bem como o desenvolvimento de uma postura crítica perante a sociedade (família, trabalho, etc.).

São diversos os fatores que contribuíram para essa crise, dentre os quais citamos as deficiências na formação inicial e continuada de professores, a ausência de recursos didáticos (livros, periódicos, recursos multimídia, etc.), as jornadas excessivas de trabalho dos docentes, a ausência de pré-requisitos nos estudantes, a finalidade da própria formação, entre outros. Não é nosso objetivo investigar as causas dessa crise, mas analisar a viabilidade de uma alternativa didático-metodológica que a minimize.

1.1.2 O debate nacional em torno do ensino de Ciências

Conforme já dissemos, com o intuito de se repensar o ensino de Ciências, amplos e profundos debates foram e continuam sendo travados em vários países a partir das últimas décadas. No Brasil, há alguns anos atrás se iniciou um profundo processo de revisão metodológica e curricular da Educação Básica. Os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCN) e os documentos⁵ oficiais decorrentes – Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), de 2002 e as Orientações Curriculares para o

⁴ Por *Educação Básica* entenda-se a formação que abrange três etapas distintas: a Educação Infantil, o Ensino Fundamental e o Ensino Médio. As Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica (2010) a consideram como direito universal, indispensável para o pleno exercício da cidadania da qual depende a possibilidade de conquistar todos os demais direitos, definidos na Constituição Federal, no Estatuto da Criança e do Adolescente, na legislação ordinária e nas demais disposições que consagram as prerrogativas do cidadão.

⁵ Neste trabalho os documentos oficiais analisados se referem à grande área Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias.

Ensino Médio, de 2008 - discutem um novo modelo de ensino para as disciplinas escolares, dentre as quais as tradicionais “disciplinas científicas” (Biologia, Física e Química). Para tal, estes documentos tomaram como ponto de partida em suas reflexões a conjuntura das últimas décadas, caracterizada pelo quadro de crise. Nas Orientações Curriculares para o Ensino Médio, por exemplo, é mencionado que:

Muito frequentemente ensinam-se as respostas sem formular as perguntas! E há um aspecto para o qual os professores devem se voltar com especial atenção, relacionado com a característica fundamental da ciência: a sua dimensão investigativa, dificilmente trabalhada na escola nem solicitada nas provas vestibulares (BRASIL, 2008, p.45).

De acordo com os PCN, a Educação Básica deve propiciar uma formação sólida ao estudante, que lhe permita exercer plenamente sua cidadania. Com senso crítico, o jovem cidadão deve ser capaz de compreender o mundo ao seu redor, bem como ser capaz de tomar decisões ao longo de sua vida. Neste contexto, o ensino de Ciências deve contribuir de modo que a formação propiciada pelas disciplinas de Biologia, Física e Química permita “que os alunos compreendam a predominância de aspectos técnicos e científicos na tomada de decisões sociais significativas e os conflitos gerados pela negociação política” (BRASIL, 2008, p.47).

Em outras palavras, a formação propiciada pela Educação Básica deve permitir ao estudante o desenvolvimento de sua autonomia crítica. Tal autonomia, de acordo com as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, deve-se dar sob três aspectos:

Em seu aspecto intelectual, a autonomia permite o pensamento independente, ou seja, educar sujeitos que utilizem seus conhecimentos, que pensem por si mesmos. Em sua dimensão política, a autonomia garante a participação ativa dos sujeitos na vida cidadã. A autonomia econômica deve assegurar uma formação para a sobrevivência material por meio do trabalho (BRASIL, 2008, p.46).

Segundo os documentos oficiais, para que a autonomia crítica seja atingida se faz necessário o desenvolvimento de competências. “A noção de competências deve ser entendida como uma possibilidade de colocar a relação didática em perspectiva” (BRASIL, 2008, p.47). Os PCN explicitam três conjuntos de competências a serem desenvolvidas: comunicar e representar; investigar e compreender; contextualizar social ou historicamente os conhecimentos. Nossa proposta de investigação reside em torno deste terceiro conjunto de competências o qual nos reportaremos adiante.

Ao considerarmos os conceitos de ensino e aprendizagem no ensino de Ciências, percebemos que os mesmos estão intrinsecamente ligados. Carvalho (2004, p.1) argumenta que “fazer com que esses dois conceitos representem as duas faces de uma mesma moeda ou as duas vertentes de uma mesma aula é, e sempre foi, o principal objetivo da Didática”. Segundo a autora, para ter-se um panorama dos problemas a serem enfrentados no ensino de Ciências, se faz necessário focar na análise de três eixos ou, segundo a sua terminologia, critérios estruturantes: o conteúdo a ser ensinado, a metodologia a ser adotada e o papel dos professores.

A questão do conteúdo a ser ensinado é complexa e transcende ao simples ato de sua seleção. Segundo Carvalho (2004), desde as últimas décadas do século XX, a educação científica tem passado por mudanças em relação aos seus objetivos. Tais mudanças afetaram o entendimento do conceito de conteúdo escolar. Rompe-se com a visão centralizada unicamente na dimensão conceitual, passando a valorizar também duas novas dimensões: procedimental e atitudinal. O conhecimento científico, em sua dimensão conceitual, passa a ser relacionado com aspectos tecnológicos e sociais. Em sua dimensão processual, tem-se uma forte preocupação em relação à própria natureza da ciência a ser ensinada. O conhecimento científico, convertido em conteúdo escolar, não se caracteriza como algo pronto e imutável, fechado em si mesmo. Carvalho aponta que:

Entender o desenvolvimento do conteúdo a ser ensinado nesses três aspectos direciona o ensino para uma finalidade cultural mais ampla – dimensão atitudinal -, muito relacionada com objetivos tais como democracia e moral, que são aqueles que advêm da tomada de decisões fundamentadas e críticas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico das sociedades (CARVALHO, 2004, p.3).

A revisão das metodologias de ensino tem como ponto de partida a superação da concepção que considera o aluno como uma tábula rasa. Em detrimento a esta concepção, considera-se atualmente que os alunos trazem para o espaço escolar “noções já estruturadas, com toda uma lógica própria e coerente e um desenvolvimento de explicações causais que são fruto de seus intentos para dar sentido às atividades cotidianas” (CARVALHO, 2004, p.5). Tais noções são diferentes das estruturas conceituais utilizadas nas ciências. Com isso, o próprio currículo escolar no ensino de Ciências não pode ser resumido a uma lista de

conteúdos a serem repassados ao estudante, devendo ser pensado sob uma ótica de aquisição e construção de saberes. Cabe ao professor, a partir de sua formação, garantir que de fato isto ocorra.

Nossa preocupação central gira em torno da melhoria da qualidade do ensino de Ciências. Todas essas questões apresentadas refletem os obstáculos e anseios relativos ao ensino. Para tal, lançamos nossa hipótese de que a abordagem em sala de aula de conteúdos a partir de elementos oriundos da História e Filosofia da Ciência pode possibilitar uma melhor formação ao estudante, contribuindo para a redução do elevado índice de analfabetismo científico e tecnológico. Trataremos desta questão na seção 1.3.

1.2 HISTÓRIA, HISTORIOGRAFIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Antes de nos aprofundarmos na abordagem histórico-filosófica para o ensino de Ciências, consideramos pertinente apresentar um estudo teórico sobre a História da Ciência. Nosso ponto de partida será a História enquanto ciência (seu objeto de estudo, sua metodologia) e, na sequência, exploraremos as relações entre a História da Ciência e a Filosofia. Por fim, analisaremos a historiografia da ciência contemporânea a partir da obra de dois expoentes do século XX.

1.2.1 Considerações iniciais

Por *História* entendemos a ciência que disciplina e dirige o conhecimento dos fatos humanos ocorridos ao longo do tempo e, também, o encadeamento das atividades humanas ocorridas em sua totalidade. Desta ambiguidade⁶, consideraremos em nosso trabalho que a História representa o conjunto de acontecimentos ocorridos e relacionados ao ser humano. A História, portanto, existe independentemente da existência do profissional responsável por sua reconstrução: o historiador.

⁶ Abbagnano (2007) analisa a ambiguidade em torno do termo *História*. Para este autor, o significado deste termo, por um lado, remete ao conhecimento dos fatos ocorridos e relacionados ao ser humano ou a ciência que disciplina e dirige esse conhecimento (*historia rerum gestarum*) e, por outro lado, se refere aos próprios fatos em sua totalidade (*res gestarum*). Esta ambiguidade, segundo Abbagnano, está presente em todas as línguas atuais modernas.

Em seu trabalho de reconstrução dos fatos e de produção do conhecimento histórico, o historiador constrói a *historiografia*. Podemos dizer então que a historiografia é o conjunto dos registros, interpretações e análises dos acontecimentos históricos. Conforme aponta Martins (2004), a historiografia é o produto primário da atividade dos historiadores e se caracteriza por ser uma reconstrução a partir dos elementos disponíveis. A respeito D'Ambrósio argumenta que:

A historiografia é, essencialmente, a história das narrativas, do registro dessas narrativas e da interpretação dos processos de decisão tomados por grupos sociais. Os dados históricos, geralmente, são fragmentados e a composição e reconstituição desses dados aproxima a história da ficção. Particularmente na falta de registro escrito, a historiografia se aproxima da ficção (D'AMBROSIO, 2004, p.166).

Sendo o produto da atividade do historiador, a historiografia busca revelar aspectos da História a partir dos registros disponíveis: as fontes históricas. Tais fontes, que podem ser classificadas como escritas ou não escritas, determinam em parte o grau de fidelidade da reconstrução da História através do trabalho do historiador. D'Ambrosio (2004, p.166) menciona que “a interpretação das fontes depende de ideologia, na forma de uma Filosofia da História, que é um ingrediente central da historiografia”. Convém ressaltar que o historiador, por estar inserido numa dada sociedade e situado cronologicamente, não pode ser considerado neutro e isolado de sua época. De acordo com França (1951), o historiador sabe que trabalha para seu tempo e não para a eternidade. O conhecimento histórico é, portanto, continuamente reconstruído. A partir do conhecimento obtido sobre o passado é possível entender o presente e, a partir de tal entendimento, construir um futuro melhor.

Não existem verdades absolutas na produção historiográfica⁷. Conforme apontamos, o trabalho do historiador é dinâmico na medida em que a seleção, organização e interpretação das fontes históricas estão sendo realizados continuamente. D'Ambrosio (2004, p.171) menciona que isso ocorre “embora haja alguma resistência a esse caráter dinâmico e, mesmo, uma tendência à busca de uma história definitiva, particularmente na História da Ciência”.

⁷ A historiografia ao longo dos séculos produziu diferentes visões acerca da História. Como exemplo podemos citar a *História vista pelos vencedores* e a *História vista pelos vencidos*. Nesta última destacamos os trabalhos de Karl Marx (1818-1883) e Friedrich Engels (1820-1895).

1.2.2 A História da Ciência e suas relações com a Filosofia

Em linhas gerais, a História da Ciência é a história (narrativa) das ideias, da evolução do conhecimento científico. D'Ambrosio (2004, p.172) destaca que a estratégia para análise “se resume em entender a História da Ciência como a História da espécie humana em busca de sobrevivência e de transcendência nos diversos ambientes por ela ocupados”. Com base neste autor (2004) podemos enumerar em dois os objetivos da História da Ciência. Em primeiro lugar, a descrição do conhecimento científico de outros tempos e de outras civilizações. Em segundo lugar, o entendimento da evolução do conhecimento humano, no qual o conhecimento científico encontra-se inserido juntamente com a arte e a religião, bem como das relações estabelecidas entre si.

A História da Ciência se revela um campo importante, pois permite outro olhar sobre a ciência. Segundo Kuhn (2011, p.28) “a ciência, quando vista a partir de fontes históricas, parece um empreendimento muito diferente do que aparece implícito na pedagogia científica e explícito nos relatos filosóficos usuais sobre o método científico”. Em relação à História da Ciência, se fazem necessárias algumas considerações teóricas. Em primeiro lugar, embora a expressão *História da Ciência* sugira que, para a sua compreensão, basta agregar a definição de *Ciência* à definição de *História*, suas características - enquanto área do conhecimento - lhe torna mais próxima da Filosofia do que da própria História, enquanto ciência. Em relação a isso, Alfonso-Goldfarb argumenta que:

Não basta juntar História e Ciência para que o resultado final provavelmente seja História da Ciência. E isso não acontece só porque a junção ou a combinação de duas coisas diferentes quase sempre produz uma terceira com características próprias, embora se pareça com as que lhe deram origem. [...] No caso da História da Ciência, a complicação é ainda maior, porque a História da Ciência, que se desenvolveu no interior da Ciência, sempre esteve mais próxima da Filosofia (Lógica, Epistemologia, Filosofia da Linguagem), do que da História (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p.8).

Em segundo lugar, destacamos o fato de que na historiografia da ciência “os próprios agentes do fato histórico são, muitas vezes, responsáveis pela criação de mitos sobre sua ação que, no futuro, irão obscurecer o entendimento do que realmente se passou” (D'AMBROSIO, 2004, p.169). A título de exemplos destacamos os relatos lendários em torno da descoberta da lei do empuxo por

Arquimedes⁸ (272-212 a.C.), e da gravitação por Isaac Newton⁹ (1642-1727). O historiador da ciência deve estar atento a esta característica peculiar da História da Ciência, pois o progresso do conhecimento científico dificilmente se limitaria a simples intuições acertadas.

Por ser uma atividade exclusivamente humana, a ciência merece uma atenção especial no que se refere à compreensão de seu desenvolvimento, sobretudo em relação à atividade científica, às instituições e suas implicações. Devido às suas particularidades, a História da Ciência exige que a atividade historiográfica inspire uma atenção maior. D'Ambrosio salienta que ao historiador da ciência

... cabe não apenas o relato dos antecedentes e consequentes das grandes descobertas científicas e tecnológicas, mas, sobretudo, a análise crítica que revela acertos e distorções nas fases que prepararam os elementos essenciais para essas descobertas e para sua expropriação e utilização pelo poder estabelecido (D'AMBROSIO, 2004, p.181).

Em sua complexidade, a História da Ciência mantém, internamente, uma estreita relação com a Filosofia da Ciência. É preciso considerar, conforme menciona Medeiros (2007, p.276), que “toda história carrega um prisma filosófico interpretativo e que a moderna filosofia da ciência trouxe determinados aportes teóricos que não podem ser desconsiderados em qualquer narrativa histórica que se pretenda minimamente consequente”. Passaremos a considerar as relações da História da Ciência com a própria Filosofia da Ciência.

A ciência moderna¹⁰ surgiu cerca de 400 anos atrás a partir da Revolução Científica (século XVII). Koyré (2010, p.6) aponta que esta revolução pode ser descrita como um profundo processo em que o ser humano “perdeu o próprio mundo

⁸ Ao se referir a Arquimedes, a História da Ciência muitas vezes associou à sua biografia relatos lendários. O exemplo mais famoso é o da descoberta da lei do empuxo na qual, ao encontrar a solução do problema da coroa do rei Hierão, Arquimedes sai nu pelas ruas de Siracusa.

⁹ O relato da queda da maçã sobre o jovem Newton esteve fortemente associado à descoberta da gravitação. Ao adotar-se tal explicação como única fonte, o historiador da ciência produz uma representação simplista e empobrecida do progresso da Física dos séculos XVII e XVIII.

¹⁰ A ciência tem sua origem na Antiguidade - por volta do século VI a.C. - com os gregos. Para Marcondes (2005), apesar dos diversos povos da Antiguidade (assírios, babilônios, chineses, indianos, egípcios, persas e hebreus) terem desenvolvido suas visões próprias da natureza e maneiras distintas de explicar os fenômenos e processos naturais, somente os gregos fizeram ciência. Este autor (2005, p.19) argumenta que “é na cultura grega que podemos identificar o princípio deste tipo de pensamento que podemos denominar, nesta sua fase inicial, de ‘filosófico-científico’”. Na Antiguidade a ciência e a filosofia estão intrinsecamente relacionadas, de modo que ao se falar do surgimento do pensamento racional, necessariamente remetemos à origem da Filosofia e da Ciência. Em sua essência, este pensamento é caracterizado por ter se ocupado de questões cosmológicas, de questões relativas à origem da natureza e, também, de buscar o princípio constituinte de todas as coisas.

em que vivia e sobre o qual pensava, e teve de transformar e substituir não só seus conceitos e atributos fundamentais, mas até mesmo o quadro de referência de seu pensamento”. Com isto, este autor procurou abarcar todas as características presentes neste contexto histórico as quais refletem os impactos das transformações relacionadas à visão de mundo, à relação do ser humano com a natureza, à secularização da consciência, a uma nova ordem econômica, entre outras. Num primeiro momento, as ciências da natureza¹¹ emergiram ao incorporarem para si dois elementos: a matematização e a experimentação. Os resultados obtidos na Física e na Astronomia motivaram a adaptação de seus métodos para outros campos de pesquisa. A crescente confiança em relação ao determinismo da ciência, sobretudo em relação aos seus métodos (de forte cunho empírico-indutivista e baseado numa linguagem matematizada) foi abalada a partir do final do século XIX e início do século XX com o surgimento das geometrias não euclidianas, da teoria da Relatividade e da Física Quântica.

A reflexão filosófica em torno da ciência – a Filosofia da Ciência – é fundamental, pois permite uma compreensão maior em relação aos seus objetivos e a superação de mitos criados ao seu entorno. As questões apresentadas pela Filosofia são variadas, dentre as quais destacamos as de ordem epistemológica, ética e política. Uma das funções da Filosofia da Ciência consiste em analisar os fundamentos da ciência. Em seu trabalho, o cientista deve indagar-se em torno da validade do método utilizado, do que consiste o conhecimento científico, dos limites de validade de uma teoria, entre outros pontos. Questões éticas e políticas permitem reflexões em torno do saber científico, de modo que sejam evidenciadas as suas implicações sociais.

Consistem em fatos notáveis as grandes conquistas da humanidade através da ciência e da tecnologia. Nos últimos 400 anos ambas produziram mudanças significativas no mundo. Com isso criaram-se alguns mitos em torno do próprio trabalho científico. Por exemplo, ganhou força a ideia de que o conhecimento produzido pela ciência seria superior em relação às demais formas de apreensão da realidade, tais como a arte, a religião e até mesmo a filosofia. A reflexão filosófica mostra que tal pretensão não passa de um mito, destacando as limitações da atividade científica e resgatando a importância das demais formas de apreensão da

¹¹ Por sua vez as ciências humanas emergiram tardiamente, a partir do século XIX.

realidade. Um segundo mito criado em torno da ciência está relacionado com a sua suposta neutralidade. Nesta visão, o saber científico seria neutro, isto é, desvinculado de interesses sociais, políticos e econômicos. A reflexão filosófica contribui para a superação deste mito ao partir do pressuposto de que, mesmo que os procedimentos científicos almejem a objetividade, cabe ao cientista refletir sobre a finalidade prática de seus resultados.

Segundo Kuhn (2011), a relação entre a História da Ciência e a Filosofia da Ciência é de complementariedade. Isso significa dizer que ambas se beneficiam mutuamente dessa parceria. A História da Ciência permite aos filósofos da ciência uma maior aproximação com a própria ciência, servindo como fonte de problemas e de dados. A História oferece – para este autor – o método¹² mais prático e acessível com os quais o filósofo pode ter um contato mais próximo com a ciência. Por outro lado, a recíproca é verdadeira na medida em que os historiadores da ciência dependem da Filosofia para o desempenho de suas atividades. A respeito Kuhn argumenta que:

Os historiadores da ciência precisam da Filosofia por razões imediatamente patentes e bem conhecidas. É, para eles, uma ferramenta básica, como o conhecimento da ciência. Até o fim do século XVII, muito da ciência era filosofia. Após se separarem, essas disciplinas continuaram a interagir de modo em geral muito significativo (KUHN, 2011, p.34).

O historiador da ciência que não domina o pensamento das principais escolas filosóficas (dos períodos e áreas que estuda) encontrará severas dificuldades em resolver os problemas centrais da História da Ciência, a que se propôs a tratar. Kuhn (2011, p.34) considera que neste caso “um tratamento bem sucedido de muitos problemas centrais da História da Ciência é impossível”.

No artigo *História da Ciência e suas reconstruções racionais*, Lakatos (1998) procura explicitar de que maneira a historiografia da ciência deveria aprender com a Filosofia da Ciência e vice-versa. “A Filosofia da Ciência sem a História da Ciência é vazia; a História da Ciência sem a Filosofia da Ciência é cega” (LAKATOS, 1998, p.21). Lakatos (1998) demonstra que a Filosofia da Ciência fornece metodologias normativas segundo as quais o historiador produz a historiografia interna da ciência (sua reconstrução racional) e, desse modo, fornece uma explicação racional do conhecimento objetivo. O autor também ressalta a importância da historiografia

¹² É importante ressaltar que o próprio Kuhn reforça a ideia de que esse não é o único método possível. A História seria um entre os muitos possíveis.

enquanto ferramenta para a avaliação de duas metodologias científicas em competição.

A historiografia da ciência teve diversos gêneros ao longo dos séculos. Kuhn (2011) considera dois grandes momentos: a historiografia produzida até o século XIX e a produção historiográfica a partir do século XX. Num primeiro momento, a historiografia esteve pautada em produções as quais eram, em sua maioria, biografias heroicas até culminar em trabalhos que refletiam as concepções iluminista e positivista para as quais a ciência seria a fonte e modelo de progresso. Em relação ao historiador e ao cientista deste período, Kuhn (2011, p.129) menciona que ambos “continuaram a ver o desenvolvimento da ciência como uma marcha quase mecânica do intelecto, a revelação dos segredos da natureza, em sucessão regular, diante de métodos convincentes, aplicados com habilidade”. É nesse contexto que os mitos em torno dos grandes nomes da ciência foram criados.

A partir do século XX novas orientações foram incorporadas à historiografia da ciência. Kuhn (2011, p.130) menciona que a partir desse século “os historiadores da ciência aprenderam aos poucos a ver seu tema de estudo como algo diferente do acúmulo cronológico de resultados positivos numa especialidade técnica definida em retrospecto”. Para Kuhn (2011) três fatores contribuíram para a mudança na historiografia da ciência: a influência da História da Filosofia, o resgate da ciência medieval e a busca por uma historiografia da ciência geral ao invés de se considerar as historiografias das ciências individuais.

A História da Ciência contemporânea não ficou alheia às mudanças sofridas pela História Geral, enquanto ciência. Ela foi influenciada também pela sociologia alemã e pela historiografia marxista ao final do século XIX. Com isso surgiram dois tipos distintos de abordagem da História da Ciência: interna e externa. A respeito destas abordagens, Kuhn argumenta que:

A forma ainda predominante, em geral denominada ‘abordagem interna’, diz respeito à substância da ciência como conhecimento. Sua nova rival, geralmente denominada ‘abordagem externa’, diz respeito às atividades dos cientistas como um grupo social no interior de uma cultura mais ampla (KUHN, 2011, p.132).

A historiografia interna da ciência é, portanto, caracterizada pelas ideias, teorias, experimentos e demais elementos que definem a ciência considerada. Por sua vez, a historiografia externa da ciência - também denominada por Kuhn (2011)

história social, socioeconômica ou sociopolítica da ciência - é caracterizada por todos os condicionais e circunstâncias que rodeiam a atividade científica (aspectos sociais, econômicos, políticos, ideológicos, religiosos, entre outros). A respeito dessa cisão, Kuhn (2011, p.132) menciona que “reunir as duas talvez seja o maior desafio encontrado hoje pela profissão”. Vale ressaltar que, para este mesmo autor, “embora tenham certa autonomia natural, as abordagens interna e externa à História da Ciência são, de fato, vieses complementares” (KUHN, 2011, p.142).

Como disciplina de estudo, a História da Ciência começou a ser institucionalizada no início do século XX e hoje é considerada uma área interdisciplinar. Bassalo (1992) destaca o papel do historiador da ciência George Sarton (1884-1956) quando este fundou a revista *Isis*, em 1912. Em seu primeiro número, esta revista já apresentava um extenso trabalho sobre a História da Ciência (sua natureza e seu método de investigação). Trindade *et al.* (2010) observam que a partir da década de 1930, os estudos historiográficos¹³ começaram a vincular o desenvolvimento da ciência às necessidades sociais e econômicas de sua época.

Bassalo (1992) aponta que o interesse pelo estudo da História da Ciência tem crescido muito na Europa e Estados Unidos. No Brasil, a História da Ciência era alvo de investigação de pesquisadores isolados até a década de 1960, passando então a fazer parte do ensino universitário. A partir da década de 1970, a História da Ciência começou a ser institucionalizada em nosso país na medida em que começaram a se formar grupos de pesquisa. Dentre os grupos existentes em nosso país atualmente, destacamos dois: o *Grupo de História, Teoria e Ensino de Ciências*¹⁴ da Universidade de São Paulo (USP) e os grupos do *Programa*¹⁵ de Estudos Pós Graduação em História da Ciência da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Estes grupos promovem estudos relacionados à História da Ciência e suas relações com a Educação.

¹³ Estes autores apontam o trabalho de Boris Hessen (1893-1936) como o marco dessa nova perspectiva historiográfica. Intitulado “As raízes socioeconômicas da mecânica de Newton”, este trabalho foi apresentado no II Congresso de História da Ciência e Tecnologia realizado em Londres, em 1931. Segundo os autores, a influência do marxismo influenciou esta nova abordagem que, no entanto, ainda apresentava a ciência como um processo de desenvolvimento contínuo.

¹⁴ Maiores informações podem ser obtidas em <<http://www.ghc.usp.br/index.htm>>. Acesso em: 05/12/2012.

¹⁵ Maiores informações podem ser obtidas em <<http://www.pucsp.br/pos/hciencia>>. Acesso em: 05/12/2012.

1.2.3 A História da Ciência a partir da historiografia contemporânea

A historiografia da ciência vigente a partir do século XX encontrou terreno fecundo nas ciências da natureza¹⁶. Tal fato fica evidenciado quando se analisa a obra dos principais expoentes da História da Ciência a partir do século XX. Dentre os vários epistemólogos do século XX, destacamos os trabalhos de Gaston Bachelard¹⁷ (1884-1962) e de Thomas Kuhn¹⁸ (1922-1996), dos quais nos reportaremos¹⁹ brevemente.

A partir de exemplos retirados da Física, da Química e da Biologia, Bachelard mostrou que a evolução do conhecimento científico ocorre por meio de rupturas. A evolução da ciência vem se dando por meio da superação dos obstáculos epistemológicos, vinculados ao próprio ato de conhecer e fundamentados nas ideias pré-concebidas. Para Bachelard, o ato de conhecer - de se estabelecer um vínculo e construir uma representação do real - representa uma desconstrução de um conhecimento anterior. Com isso, Bachelard desconstrói toda e qualquer pretensão da tradição filosófica moderna, de cunho empírico-indutivista, de constituir um conhecimento definitivo sobre o objeto. O real científico não é imediato e primário.

Com finalidade de clarear a compreensão, embora assumidamente de modo simplista, Bachelard (1996) propôs três grandes períodos para a História da Ciência: o *estado pré-científico*, que compreende o período que vai desde a Antiguidade, percorrendo os séculos do Renascimento (XVI e XVII) até o século XVIII; O *estado científico*, o qual engloba o final do século XVIII, o século XIX e o início do século XX; O *novo espírito científico*, iniciado em 1905 com os trabalhos de Albert Einstein

¹⁶ Em relação às ciências sociais, Kuhn (2011) menciona que este grupo de ciências ainda não fora atingido pelas novas tendências historiográficas.

¹⁷ Gaston Bachelard é considerado um importante epistemólogo do século XX. Sua vasta produção engloba temas que vão desde a epistemologia até a psicanálise. Destacamos como obras relevantes deste pensador: *O novo espírito científico* (1934), *A formação do espírito científico* (1938), *A filosofia do não* (1940), *O racionalismo aplicado* (1949). Seu grande mérito foi destacar a importância do estudo da História da Ciência como instrumento de análise da própria racionalidade. A atividade científica passa a ser englobada em um processo mais amplo, de cunho histórico-social e lhe é aferida a dimensão psicológica.

¹⁸ Thomas Kuhn também é considerado um importante epistemólogo do século XX. Suas obras mais significativas são: *A estrutura das revoluções científicas* (1962); *A tensão essencial* (1977); *Teoria do corpo negro e a descontinuidade do quantum* (1978). Existe também uma coletânea de ensaios filosóficos publicados (1970-1993) que deu origem a *O caminho desde a estrutura*.

¹⁹ Por meio desta breve análise pretendemos evidenciar algumas particularidades das obras destes autores em relação às suas interpretações em torno da História da Ciência. É importante salientar que o objetivo não é o de esgotar o tema aqui. Ao contrário, pretendemos evidenciar que a História da Ciência permite um maior entendimento da própria atividade científica.

acerca da Relatividade, marcando uma nova forma de conceber o conhecimento científico e pela maturidade do espírito.

A fim de corroborar com a sua divisão, Bachelard enunciou a lei dos três estados para o espírito científico. Seu objetivo foi explicar a passagem da representação por meio da imagem, passando pela forma geométrica, até a representação puramente abstrata. O primeiro estado é o *concreto* no qual “o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apoia numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade” (BACHELARD, 1996, p. 11). Por sua vez no segundo estado, denominado *concreto-abstrato*, o espírito agrega elementos geométricos à experiência física, apoiando-se na simplicidade. Neste estado, segundo Bachelard (1996, p.11), “o espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se tanto mais seguro de sua abstração, quando mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível”. Por fim no terceiro estado, denominado *abstrato*, o espírito “adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe” (BACHELARD, 1996, p.12). Em outras palavras, o espírito se distancia totalmente da intuição sensível, da experiência sensorial, valorizando o conhecimento puramente abstrato.

Em sua produção historiográfica, Kuhn (2007) abordou a História da Ciência não como um processo linear e evolutivo, mas como uma sucessão de paradigmas. Kuhn define *paradigma* como um conjunto de suposições teóricas gerais e de leis e técnicas para a sua aplicação, adotadas por determinada comunidade científica. Para Kuhn, o desenvolvimento da ciência é caracterizado por uma sequência de períodos de *ciência normal* os quais são interrompidos por *revoluções científicas*. O filósofo (2007, p.29) menciona que “'ciência normal' significa a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas”. Um período de ciência normal, portanto, é um período em que a comunidade científica se guia pelo paradigma vigente. Um aspecto apontado por Kuhn em sua historiografia da ciência é de que

... a ciência normal desorienta-se seguidamente. E quando isto ocorre – isto é, quando os membros da profissão não podem mais esquivar-se das anomalias que subvertem a tradição existente da prática científica – então começam as investigações extraordinárias que finalmente conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, a uma nova base para a prática da ciência (KUHN, 2007, p.24).

Desse modo, o modelo kuhniano é um ciclo revolucionário, marcado por rupturas e superações. Para Kuhn (2007, p.125), as revoluções científicas são “aqueles episódios do desenvolvimento não cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior”. Deste modo, a revolução científica encerra um período de ciência normal (provocando a ruptura), uma vez que evidencia as anomalias geradas a partir do insucesso do paradigma vigente na resolução de uma questão/problema. Posteriormente a revolução científica inaugura uma nova etapa de ciência normal, baseada em um novo paradigma incomensurável em relação ao anterior.

Segundo Kuhn, a princípio a mudança de paradigma promove a desorientação, porém com a adesão gradual da comunidade científica ocorre a adaptação ao novo pensamento. Poderíamos citar como exemplos a revolução na astronomia provocada pelos trabalhos de Copérnico, Galileu e Kepler, bem como a reviravolta na mecânica newtoniana promovida por Albert Einstein quando este apresentou sua teoria da Relatividade. Para Kuhn (2007, p.116), “a transição de um paradigma em crise para um novo, do qual pode surgir uma nova tradição de ciência normal, está longe de ser um processo cumulativo obtido através de uma articulação do velho paradigma”. A historiografia de Kuhn, portanto, mostra que o desenvolvimento do conhecimento científico não se dá apenas de forma linear e cumulativa, mas com ciclos de ruptura entre paradigmas incomensuráveis.

Procuramos, por meio desta breve análise, exemplificar algumas características da atual historiografia interna da ciência, sobretudo relacionadas ao desenvolvimento do conhecimento científico. Evidenciamos que para Bachelard este desenvolvimento é marcado por saltos, isto é pela ocorrência de períodos evolucionários. Por sua vez, ao analisarmos a obra de Kuhn percebemos a ocorrência de períodos (ciclos) revolucionários na sua historiografia da ciência. Na próxima seção analisaremos as possíveis relações entre a História e Filosofia da Ciência com o ensino, bem como a viabilidade de uma alternativa didático-

metodológica no ensino de Ciências que valorize tanto a História como a Filosofia da Ciência.

1.3 A ABORDAGEM HISTÓRICO-FILOSÓFICA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Nesta terceira seção nos aprofundaremos sobre a abordagem histórico-filosófica da ciência (HFC) no ensino de Ciências. Para tal, a partir de sua caracterização inicial faremos uma análise a fim de evidenciar as suas possíveis contribuições, as críticas recebidas, bem como as principais dificuldades apontadas por aqueles que resistem em utilizá-la. Por fim teceremos algumas considerações em torno das possíveis interfaces em sala de aula entre História e Filosofia da Ciência e ensino de Ciências.

1.3.1 Considerações iniciais

É consenso que o ato de ensinar tenha, no mínimo, uma finalidade prática a ser alcançada. No Brasil, conforme constatamos na primeira seção deste capítulo, esta finalidade está relacionada com a formação de um sujeito autônomo e crítico, de modo que este possa exercer plenamente sua cidadania. Partindo das particularidades do ensino de Ciências, consideraremos a viabilidade de um encaminhamento didático-metodológico que possibilite essa finalidade. A possibilidade a ser analisada é a abordagem HFC.

A História e Filosofia da Ciência é considerada uma área de conhecimento que pode trazer contribuições ao ensino/aprendizagem de Ciências. Podemos dizer que a abordagem HFC funciona como uma estratégia didática facilitadora na compreensão de conceitos, leis, modelos e teorias científicas. Estudos apontam que essa abordagem pode contribuir para a formação de uma cultura científica, levando os alunos a assumirem uma postura crítica, aspecto evidenciado nos documentos oficiais. Em relação à abordagem HFC, Saito (2010, p.4) ressalta que embora, “seja uma mediadora para a aprendizagem de Ciências, não é método de ensino, mas uma provedora de recursos que conduz à reflexão sobre o processo de construção do conhecimento científico”.

A utilização da abordagem HFC no ensino de Ciências não é nova, remontando ao século XIX. De acordo com Sequeira e Leite (1988), ao final deste século alguns professores ingleses já incluíam tópicos de História e Filosofia da Ciência em suas aulas, pois acreditavam que tal feito motivava os alunos. Neste mesmo período em Portugal, conforme apontou Medeiros (2007), podemos notar os esforços do padre Teodoro de Almeida em tornar o ensino mais crítico, ao fazer o uso da História e Filosofia da Ciência como recurso pedagógico em suas aulas. Este mesmo autor ainda ressalta que a recomendação para a inserção de elementos de História e Filosofia da Ciência no ensino não prosperou, encontrando uma forte oposição entre os defensores de um ensino mais formal e dogmático.

Considerando o ensino de Ciências que caracterizou boa parte do século XX, notamos que o mesmo foi pautado pelo dogmatismo e pela resistência ao emprego de uma abordagem HFC. Para Medeiros (2007, p.275), “a História da Ciência com o seu potencial problematizador é um elemento que tem sido cuidadosamente evitado ou no máximo apresentado de uma forma exageradamente distorcida”. Tal caracterização contribuiu para que o ensino de Ciências entrasse em crise na segunda metade do século XX.

A reintrodução da abordagem HFC no ensino de Ciências começou a ser defendida em meio a forte crise que assolava o seu ensino e cujos reflexos ainda são sentidos. A respeito Matthews argumenta que:

A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de Ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (MATTHEWS, 1995, p.165).

Para Matthews, são oportunas as aproximações estabelecidas entre a Didática das Ciências e áreas como a História, a Filosofia e a Sociologia da Ciência, pois representam uma possibilidade de superação da crise do ensino contemporâneo de Ciências, “evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula

bem como pelos índices assustadoramente elevados de analfabetismo em Ciências” (MATTHEWS, 1995, p.165). Este mesmo autor considera o recurso à História e Filosofia da Ciência como uma forma de abordagem do ensino de Ciências em seus contextos distintos (histórico, filosófico, social, tecnológico). A essa abordagem, Matthews denomina *contextualista*²⁰.

De acordo com Bizzo (1992), vários países têm tomado iniciativas no intuito de promover o ensino de Ciências por meio de uma abordagem HFC. Este autor, no início da década de 1990, destacou os esforços feitos pelos Estados Unidos, com o projeto 2061, pela Dinamarca, com o currículo nacional, pela Holanda, com o PLON, pela Inglaterra e País de Gales, com o currículo nacional, bem como destacou a Nova Zelândia, pela criação de uma revista especializada *Science & Education*.

No Brasil, os documentos oficiais a partir dos PCN passaram a atribuir uma importância significativa para essa temática. É no terceiro grupo de competências propostas por estes documentos – contextualização sociocultural – que iremos encontrar competências e habilidades que podem ser alcançadas através de uma abordagem HFC. Tal grupo tem por grande objetivo “compreender e utilizar a ciência, como elemento de interpretação e intervenção, e a tecnologia como conhecimento sistemático de sentido prático” (BRASIL, 1999, p.13). Neste grupo de competências e habilidades, pelo menos duas delas valorizam a abordagem HFC. De acordo com Brasil (1999) tais competências são: 1ª) Reconhecer o sentido histórico da ciência e da tecnologia, percebendo seu papel na vida humana em diferentes épocas e na capacidade humana de transformar o meio; 2ª) Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

Os PCN+ e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio, publicados posteriormente, ressaltam a importância de uma abordagem histórico-filosófica no ensino de Ciências. Como exemplo, consideramos as Orientações Curriculares para a disciplina de Física (2008). Este documento ressalta que a abordagem HFC pode contribuir juntamente com o enfoque CTS (ciência, tecnologia e sociedade) e a alfabetização científica e tecnológica (ACE), para que haja uma formação científica efetiva e não atrelada às visões científicista e tecnicista. Para as Orientações

²⁰ Matthews considera tal abordagem como um “redimensionamento do velho argumento de que o ensino de ciências deveria ser simultaneamente, em e sobre ciências” (MATTHEWS, 1995, p.166).

Curriculares de Física (2008), a História da Ciência é vista como enriquecedora do ensino por facilitar e aproximar o estudante do universo das ciências. Por sua vez, a importância da Filosofia da Ciência se dá para o professor na medida em que permite a construção de sua concepção de ciência, cujos reflexos serão perceptíveis na atividade em sala de aula.

De acordo com Sequeira e Leite (1988, p.32) “as razões para a inclusão da História da Ciência no ensino das Ciências têm raízes filosóficas e epistemológicas”. Para estes autores, a concepção de ciência que o professor possui é fator determinante para a atribuição da importância da História e Filosofia da Ciência no currículo, bem como o papel a ser desempenhado no ensino. Vale ressaltar que, ao se inserir a História e Filosofia da Ciência no ensino, se faz necessário considerar não apenas questões relativas aos aspectos internos da ciência, nas também questões que derivem de uma abordagem externa (fatores sociais e econômicos que permitiram o seu desenvolvimento).

A introdução de alguns tópicos de História e Filosofia da Ciência no ensino pode possibilitar aos educadores “levar seus alunos a perceber que os conhecimentos científicos não estão distanciados das necessidades da sociedade e da época no qual foram elaborados, sofrendo suas influências e, por sua vez, influenciando-as” (TRINDADE *et al.*, 2010, p.120). Tais benefícios não são notados em um ensino considerado tradicional em que o conhecimento científico é enfatizado enquanto produto final, em detrimento do processo percorrido durante o seu desenvolvimento. Sobre isso, Neves (1998, p.75) salienta que “alijar a ciência de seu processo histórico, de suas contingências e de suas representações, é condená-la a um destino que se assemelha mais à religião, ligando paradigmas a dogmas, e sociedades científicas a seitas”.

1.3.2 Contribuições ao ensino

A abordagem HFC pode representar um avanço para o ensino de Ciências na medida em que esta seja utilizada de forma consciente e crítica. Isso implica que ao se recorrer à História e Filosofia da Ciência, o professor deve ter a clareza de que o objetivo de seu trabalho continua centrado no ensino de Ciências.

A abordagem HFC não deve ser interpretada como um substituto ao ensino de conteúdos científicos, mas como uma estratégia facilitadora de seu aprendizado de

modo que o resultado final do processo supere a simples assimilação de conteúdos. Abordar um conteúdo escolar de Física por meio do recurso à História e Filosofia da Ciência, por exemplo, não implica na substituição de aulas de Física por aulas de História ou Filosofia. Tal compreensão é de suma importância para os professores dispostos a basear seus trabalhos numa abordagem HFC, de modo que esta contribua de fato ao ensino de Ciências.

A respeito das possíveis contribuições propiciadas ao ensino por esta abordagem, gostaríamos de destacar os argumentos presentes nos trabalhos de Matthews (1995), Martins (2006), Peduzzi (2001), Batista (2007) e Solbes e Traver (2001). Para estes autores, a abordagem HFC pode contribuir para o ensino de Ciências na medida em que:

- a) Motiva e atrai os alunos, tornando as aulas mais desafiadoras e reflexivas. O conhecimento científico se torna mais interessante e acessível;
- b) Humaniza o ensino de Ciências, evidenciando que a ciência é uma construção humana, historicamente constituída;
- c) Explicita as relações entre dogma, sistema de crenças e racionalidade científica;
- d) Permite a formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, de suas limitações, de sua transitoriedade, bem como o entendimento de suas relações com outras formas de apreensão da realidade (arte, religião e filosofia);
- e) Possibilita o aprendizado efetivo das leis científicas, representadas por meio de expressões matemáticas, não limitando o aprendizado à simples manipulação numérica de grandezas;
- f) Mostra-se bastante útil ao professor para que este possa trabalhar com as concepções alternativas dos estudantes;
- g) Evidencia que a ciência se desenvolve em um contexto social, econômico e cultural;
- h) Permite valorizar adequadamente os aspectos externos do trabalho científico como o seu caráter coletivo, as implicações sociais da ciência, a atividade científica realizada em nosso país, bem como a questão do gênero entre os cientistas;
- i) Permite valorizar adequadamente os aspectos internos do trabalho científico como a natureza do problema abordado, a importância dos experimentos, o

formalismo matemático e a evolução do conhecimento e as mudanças ocorridas;

- j) Possibilita o conhecimento sobre a evolução das ideias, dos problemas e de suas soluções na ciência, percebendo assim a existência de um processo de construção interdisciplinar de explicações;
- k) Conduz a ideias inovadoras e a uma nova visão de mundo e da cultura científica.

Os argumentos em torno das contribuições propiciadas pela abordagem HFC ao ensino de Ciências não se esgotam nesta lista. Em contrapartida, o mau uso da História e Filosofia da Ciência pode produzir resultados indesejáveis, podendo inclusive caracterizar um desserviço ao ensino. Também devemos considerar as principais dificuldades apontadas pelos professores na utilização desta abordagem e analisar as eventuais justificativas empregadas por aqueles que optam por não utilizá-la em suas aulas.

1.3.3 As críticas à abordagem HFC e o perigo do mau uso

De acordo com os críticos à abordagem HFC, esta pode trazer uma nova questão para reflexão no campo da Didática das Ciências: a simplificação²¹ dos fatos históricos e sua viabilidade ao ensino.

Como vimos anteriormente, a historiografia é o reflexo parcial da História, apreendida e convertida em discurso pelo historiador. No que tange a História da Ciência, Lakatos (1998, p.43) coloca que a mesma é uma “história de acontecimentos que são selecionados e interpretados de uma maneira normativa”. Para este epistemólogo, a História da Ciência sempre será mais rica²² do que a sua reconstrução racional.

De acordo com Sequeira e Leite (1988), quando se considera o ensino de Ciências por meio da abordagem HFC, se faz necessário proceder à simplificação da produção historiográfica. Isto ocorre, segundo tais autores, devido ao fato de ser

²¹ Neste contexto entendemos por *simplificação* a representação parcial. Como a historiografia da ciência reflete o trabalho desenvolvido pelo historiador a partir dos registros disponíveis, ela é uma representação parcial da realidade histórica. As críticas em relação à simplificação neste caso são feitas aos professores e não ao historiador.

²² Neste sentido pode-se dizer que a historiografia da ciência representa uma simplificação da História da Ciência.

impossível, numa disciplina de Ciências, ensinar os conteúdos científicos previstos no currículo bem como a história completa por detrás de cada tópico. Em relação a isso, Peduzzi argumenta que:

Realmente, uma dada seleção histórica da evolução dos assuntos de um corpo específico de conhecimentos, em qualquer situação, será sempre um subconjunto do real e intrincado emaranhado de relações que lhe conferiram dinamicidade. E isto não é exceção no sistema educacional onde as disciplinas que estruturam qualquer currículo lidam com cargas horárias limitadas (PEDUZZI, 2001, p.154).

Além da limitação temporal do currículo, outro fator determinante no processo de simplificação para uma abordagem HFC deve ser a faixa etária do público alvo. É importante ressaltar que a simplificação deve ser feita com o devido cuidado para não se reduzir a História da Ciência a meras biografias de cientistas ou sequências cronológicas de fatos e eventos. Neste sentido, o uso racional dos materiais disponíveis consiste em ponto fundamental.

Matthews (1995) analisa dois argumentos contrários ao uso da História e Filosofia no ensino de Ciências. O primeiro deles – ainda relacionado à questão da simplificação - assume que a única história²³ possível a ser utilizada nos cursos de Ciências é a pseudo-história. Proposto por Martin Klein em 1972, esse argumento parte da premissa de que se a história (material histórico) a ser utilizada no ensino de Ciências – por ser simplificada pelo professor²⁴ (que não é um historiador) – é de má qualidade, então ela não deve ser utilizada nas aulas de Ciências. Para Klein, é melhor não utilizar a história do que utilizá-la com má qualidade.

O segundo argumento se baseia na ideia de que a exposição à História da Ciência contribui para o enfraquecimento das convicções científicas necessárias ao êxito na aprendizagem de Ciências. Segundo esta visão, o uso da história genuína da ciência no ensino “poderia solapar o espírito científico neófito” (MATTHEWS, 1995, p.176). Tal visão foi defendida por Kuhn o qual não recomenda a exposição do estudante à história, pois a mesma poderia enfraquecer e abalar as suas convicções. Matthews (1995) menciona o trabalho de Stephen Brush no qual este

²³ Por *história* (grafada em minúsculo) entendemos o conhecimento dos fatos ocorridos, conforme aponta Abbagnano (2007). Também entendemos *história da ciência* (em minúsculo) o produto da atividade historiográfica em relação à ciência.

²⁴ Conforme aponta Matthews, Klein argumenta haver perspectivas distintas na seleção e utilização do material histórico entre o historiador e, por exemplo, o físico. Enquanto o historiador se interessa pela riqueza e detalhe dos fatos, o físico preza pela objetividade dos mesmos.

autor sugere que a historiografia da ciência deva ser acessada apenas pelo público científico maduro.

Embora haja críticas à abordagem HFC no ensino de Ciências, concordamos com Matthews (1995) quando este autor aponta que o fato de se trabalhar com uma história simplificada não o torna um argumento decisivo contra o seu uso em sala de aula. A simplificação se faz necessária e deve levar em consideração, conforme já apontado, aspectos relacionados à faixa etária dos estudantes, bem como a dimensão temporal do currículo a ser desenvolvido. Um professor com conhecimentos sólidos de História, Filosofia e Sociologia da Ciência pode, de fato, “auxiliar os estudantes a compreender exatamente como a ciência apreende, e não apreende, o mundo real, vivido e subjetivo” (MATTHEWS, 1995, p.185).

Entretanto, a abordagem HFC pode sim, representar um retrocesso quando mal empregada. Por exemplo, Peduzzi (2001, p.155) argumenta que “a opção pelo uso da História da Ciência, no ensino, sem uma devida fundamentação teórica é acéfala e vulnerável à crítica”. Isso implica que essa abordagem não deve ser utilizada sem uma devida fundamentação, por parte do professor. Por outro lado, Sequeira e Leite (1988) salientam que o uso da abordagem HFC, com a finalidade de atender a uma determinada concepção filosófica, representa um perigo na medida em que pode contribuir para uma falsificação da História da Ciência, bem como repassar uma imagem incorreta da ciência, do trabalho do cientista e da elaboração do conhecimento científico.

Outro ponto a ser ressaltado, que caracteriza um mau uso da História e Filosofia da Ciência no ensino, está relacionado à compreensão equivocada em relação ao seu papel. Conforme abordamos anteriormente, ensinar determinada ciência a partir de uma abordagem HFC não deve ser confundido com o ensino focado apenas na história desta ciência. Em sua disciplina de atuação, o professor que confundir a abordagem HFC com um ensino centrado apenas na transmissão da história dos conteúdos geralmente fará um mau uso deste encaminhamento, pois além de não ensinar o conteúdo propriamente dito, dificilmente seu trabalho pedagógico refletirá uma das possíveis contribuições que elencamos acima a partir da literatura.

Uma parcela significativa de materiais didáticos e paradidáticos disponíveis no mercado (livros, DVDs, *softwares*, etc.) representa um mau uso da abordagem HFC no ensino, quando adotados. Os livros didáticos e paradidáticos, por exemplo,

contribuem muitas vezes para a distorção da História da Ciência. Segundo Trindade *et al.* (2010, p.123) eles “trazem uma visão de história da ciência já ultrapassada, da qual os pais ou precursores são os protagonistas”. As tendências historiográficas adotadas (que se pautam na biografia dos ‘grandes cientistas’), bem como os critérios de simplificação contribuem para isso.

O mau uso da abordagem HFC pode representar um entrave ao ensino de Ciências. Martins (2006) cita como exemplos de uso inadequado da História e Filosofia da Ciência: a redução da História da Ciência a nomes, datas e anedotas; as concepções errôneas sobre o método científico e o uso de argumentos de autoridade. Bastos (1998) por sua vez destaca os problemas decorrentes pelo seu mau uso. Para este autor, além de incorrer em erros factuais grosseiros, o mau uso da abordagem HFC ignora as relações entre o processo de produção do conhecimento científico e o contexto externo (social, político, econômico e cultural). O mau uso pode ainda estimular a ideia de que os atuais conhecimentos científicos seriam verdades imutáveis ao glorificar o presente e seus paradigmas, menosprezando a importância das correntes científicas divergentes das atuais, a riqueza dos debates ocorridos no passado, as discontinuidades entre passado e presente, etc. O mau uso também pode propagar a visão de que os conhecimentos produzidos pelas ciências progrediram apenas por meio de descobertas fabulosas realizadas por cientistas geniais.

Em suma, podemos considerar que, embora haja críticas à abordagem HFC, estas críticas estão centradas em sua maioria nas implicações de seu uso incorreto. Neste caso concordamos com as críticas, haja vista que o uso de qualquer recurso tecnológico, de qualquer encaminhamento didático-metodológico, de qualquer material em sala de aula, etc. sem uma devida fundamentação pode incorrer em prejuízos ao ensino. Para que a abordagem HFC seja, de fato, benéfica ao ensino de Ciências, se faz necessário além da formação inicial (licenciatura), programas de formação continuada que possam, além de fornecer capacitação, auxiliar os docentes a traçar estratégias, de modo que o resultado final seja benéfico à formação do estudante.

1.3.4 Dificuldades apontadas em relação ao emprego da abordagem HFC

Embora a abordagem HFC possa representar um avanço notável na qualidade do ensino de Ciências, existem muitas dificuldades e resistências em relação ao seu uso. Nesta seção discutiremos sobre os principais fatores apontados por alguns pesquisadores.

Os PCN+ e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio aprofundaram a discussão sobre a importância de se promover uma abordagem HFC no ensino de Ciências, inclusive recomendando o seu uso. Entretanto tais recomendações não apresentam sugestões de encaminhamentos didáticos para as aulas. De acordo com Trindade *et al.* (2010, p.131), “apenas o reconhecimento da importância que a História da Ciência teria no ensino não garante a necessária construção de interfaces e propostas viáveis para sala de aula”. Para estes autores, a viabilização da abordagem HFC no ensino de Ciências demanda maiores esforços além de sua valorização e reconhecimento.

Em trabalho recente, Saito (2010, p.2) constata que “a viabilização das propostas que procuram articular a interação entre História da Ciência e ensino parece ainda carecer de bases teóricas mais sólidas”. Para este autor, a maior parte das propostas de interação e os estudos sobre o papel da História da Ciência são relatos de experiência e ensaios. Tais propostas são agrupadas em dois grupos. No primeiro estariam aquelas que propõem uma intervenção direta em sala de aula. No segundo grupo, por sua vez, estariam as propostas que buscam fornecer subsídios aos educadores.

Para Medeiros (2007) falta uma reflexão maior quanto às razões de ser das recomendações sugeridas em relação ao uso da abordagem HFC no ensino. Tais recomendações - constata o autor - são renovadas anualmente em eventos e congresso educacionais realizados em todo o país. Para Medeiros, faltam condições reais para o desenvolvimento em sala de aula de propostas didáticas baseadas nessa abordagem.

Martins (2006) enumera três barreiras que impedem que a abordagem HFC possa desempenhar efetivamente o seu papel no ensino. A primeira delas é caracterizada pela carência de um número suficiente de professores com formação adequada para pesquisar e ensinar de forma correta aspectos relacionados à História da Ciência. A segunda barreira diz respeito à falta de material didático

adequado para o desenvolvimento dessa abordagem e que possa ser utilizado no ensino. A terceira barreira está relacionada aos equívocos a respeito da própria natureza da História da Ciência e de seu uso no ensino.

Bastos (1998) aponta como uma grande dificuldade a ausência de textos de História da Ciência que supram, de maneira abrangente e através de uma linguagem acessível, os diversos aspectos que possam ser abordados em sala de aula. São poucos os textos que se adaptam aos padrões em sala de aula. Entendemos que tal fato se deve às especificidades da historiografia da ciência e à complexidade dos textos clássicos. Tal dificuldade exige uma atenção e clareza por parte do professor que se dispõe a usar a abordagem HFC em suas aulas, de modo que persista em sua busca e seleção dos materiais.

Trindade *et al.* (2010) consideram que a maior dificuldade enfrentada pelos professores dispostos a basear seus trabalhos em uma abordagem HFC está no livro didático. Estes autores apontam que:

O maior problema encontrado pelos educadores para introduzir em suas aulas a história da ciência é que, quando esta é abordada nos livros didáticos, é de forma separada do conteúdo, apresentando pequenas biografias daqueles que foram considerados como os 'grandes gênios da ciência', ou então, concebida como uma coleção de curiosidades científicas (TRINDADE *et al.*, 2010, p.120).

Em geral, os livros didáticos quando recorrem ao uso da história da ciência não o fazem de forma integrada, mas como um complemento ao conteúdo, seja na forma de biografias ou na forma de curiosidades científicas. De fato, acreditamos que a pouca oferta de material didático de qualidade constitui a maior barreira entre História e Filosofia da Ciência e a sala de aula, tendo em vista a importância do livro didático para muitos professores na preparação de suas aulas.

No artigo intitulado *História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras desse caminho*, Martins (2007) nos mostra que a inserção da História e Filosofia da Ciência enfrenta fortes dificuldades e resistências enquanto conteúdo bem como estratégia de ensino nas escolas de nível médio. Partindo da premissa de que os professores da Educação Básica dificilmente incorporam os conhecimentos oriundos dessa área em suas práticas, o autor mostra que "há um abismo entre o valor atribuído à História e Filosofia da Ciência e a sua utilização, com qualidade, como

conteúdo e estratégia didática nas salas de aula do nível médio” (MARTINS, 2007, p. 127).

De acordo com Martins (2007), a formação inicial do professor, por mais enriquecida que seja, não garante a inserção desses conhecimentos nas salas do ensino básico, tampouco possibilita uma reflexão mais aprofundada - por parte dos professores - do papel da História e Filosofia da Ciência no ensino/aprendizagem de Ciências. O autor aponta como entraves ao uso da abordagem HFC a falta de material pedagógico adequado, as limitações e dificuldades dos alunos na leitura e interpretação de textos e a própria finalidade do ensino, concebido muitas vezes como um preparatório para os exames vestibulares. Martins salienta que, para vencer as dificuldades existentes, há que ser feito um amplo trabalho em diversas frentes além da produção de material didático de qualidade.

A discussão sobre as dificuldades apontadas em relação ao uso da abordagem HFC não se esgota aqui. Cremos que tais dificuldades são contornáveis, na medida em que um amplo trabalho formativo ocorra em todas as frentes. Aos professores, além da formação inicial, deve ser propiciada a oportunidade de formação continuada, de modo que os equívocos decorrentes do mau uso sejam minimizados. Aos alunos, que lhes sejam garantidas condições de, principalmente quando ao chegarem ao Ensino Médio, ler e interpretar textos com dificuldades mínimas. Não estamos desconsiderando ou minimizando a complexidade da situação educacional atual. Estamos apenas procurando apontar caminhos alternativos para a sua melhoria.

Por fim é necessário considerar um ponto fundamental em nossa discussão: como desenvolver o ensino de Ciências *de fato* por meio de uma abordagem HFC, de modo que este seja enriquecido pelas contribuições desta abordagem? Em relação a esta questão nos deteremos na próxima subseção.

1.3.5 Interfaces em sala de aula

Nas subseções anteriores apresentamos um panorama em torno do que vem a ser a abordagem HFC, das suas possíveis contribuições ao ensino de Ciências, das implicações decorrentes de seu mau uso e das dificuldades apontadas pelos professores em relação à sua utilização. Por fim, nesta subseção teceremos algumas considerações em torno de como tornar possível esta abordagem em sala

de aula, isto é, de possíveis interfaces que podem ser estabelecidas entre História e Filosofia da Ciência e a sala de aula.

Embora haja vários estudos em torno das potencialidades que esta abordagem possibilita ao ensino de Ciências, é consensual que a quantidade de estudos publicados sobre possíveis encaminhamentos de como proceder em sala de aula para estabelecer esta interface, de fato, ainda é pequeno. Os trabalhos de Trindade *et al.* (2010), Medeiros (2007), Martins (2007) e Saito (2010) trazem reflexões a respeito desta realidade.

Ao refletir sobre os desafios a serem enfrentados pelos professores para aproximar História e Filosofia da Ciência das aulas de Física, Química e Biologia, Trindade *et al.* (2010) reforçam que os professores devem compreender que

... da mesma forma que reunindo História e Ciência não se constrói uma área do conhecimento, não basta apenas agrupar a história da ciência e o ensino para que se tenha essa interface bem estabelecida, mas certamente se constitui num espaço propício para a reflexão e contextualização das ciências (TRINDADE *et al.*, 2010, p.122).

Com isso, estes autores apontam que para se estabelecer uma interface viável em sala de aula a partir da história da ciência, é necessário compreender o seu papel no ensino e se apropriar das tendências historiográficas contemporâneas. Estes autores reconhecem que tal tarefa não é fácil, apontando como a maior dificuldade o pequeno número de historiadores da ciência no Brasil.

Ao cogitar a possibilidade de elaborar um plano de trabalho ou de construir uma proposta didática em que envolva o ensino de conteúdos de sua disciplina por meio de uma abordagem HFC, o professor deve considerar

... não só as questões epistemológicas, que dizem respeito à análise interna das ciências, em diferentes períodos, mas também considerar os fatores sociais e econômicos, externos, que permitiram o desenvolvimento de tais estudos. Decorre daí o imperativo de uma pesquisa historiográfica apropriada, que considere não só as rupturas ocorridas nos caminhos da ciência, mas também suas continuidades e permanências. Assim, os mesmos documentos históricos, agora analisados sob tal perspectiva historiográfica, revelam-se mais ricos, na medida em que se considera tanto a lógica interna do texto em suas múltiplas camadas, quanto o contexto social da época em que foi escrito (TRINDADE *et al.*, 2010, p.129-130).

Deste modo, o trabalho pedagógico baseado nesta abordagem não se limita à apresentação de fatos, datas e curiosidades (ditas históricas), correspondendo,

portanto, a um trabalho mais amplo no qual as duas faces da historiografia da ciência (interna e externa) possam ser contempladas. Não há como o professor estabelecer, em sala de aula, uma abordagem HFC de qualidade se este não possuir uma concepção adequada de ciência. Para tal, é necessário que o professor se aproprie de elementos da epistemologia contemporânea.

A partir de exemplos relacionados à disciplina de Física, Pessoa Jr. (1996) analisa em que situações a abordagem HFC deveria ser utilizada no ensino de Ciências. Como ponto de partida de sua discussão, este autor refletiu sobre a regularidade em que o professor deve recorrer à História e Filosofia da Ciência em suas aulas. A resposta desta questão, segundo o autor, depende de qual concepção o professor tem acerca dos objetivos de ensinar sua disciplina. Um professor que concebe o seu trabalho como parte constituinte no processo de formação cultural dos estudantes certamente irá encontrar subsídios para o seu trabalho na história da ciência. Por sua vez, um professor com uma visão tecnicista do ensino dificilmente irá encontrar na história da ciência elementos que contribuam com seu trabalho.

Na sequência, Pessoa Jr. (1996) apresenta algumas possibilidades para a abordagem HFC em sala de aula, das quais consideramos quatro como viáveis para atingir os objetivos enumerados anteriormente. Uma possibilidade de se realizar a abordagem HFC seria por meio da construção de um *perfil epistemológico* de um cientista. Através desta construção, seria possível discutir aspectos que permeiam o seu trabalho (os erros e acertos cometidos, a visão de seu tempo, etc.). Uma segunda possibilidade seria por meio do recurso à história *externalista*, na qual aspectos sociais e tecnológicos poderiam ser evidenciados no ensino. Uma terceira possibilidade seria por meio de um trabalho dirigido a partir da *leitura de textos originais dos cientistas*. Esta possibilidade esbarra nas dificuldades em adequar os textos – em função de sua linguagem - ao público alvo, bem como na carência de material em português, o que não a impede de ser uma excelente opção em sala de aula. Uma quarta possibilidade para o ensino seria de se estabelecer uma *reconstrução internalista* de conceitos científicos por meio das ideias centrais de epistemólogos contemporâneos (Bachelard, Kuhn, Lakatos, etc.). Esta abordagem permite ao estudante se apropriar de uma visão correta em relação à natureza da ciência e à atividade científica.

Por sua vez, Carvalho e Sasseron (2010) - com base nos trabalhos de Gil-Pérez *et al.* (2001) e Solbes e Traver (2001) – propõem que esta interface seja

evidenciada em atividades que procurem explorar os aspectos consensuais entre as diferentes linhas de pensamento histórico-filosófico e, assim, evitar uma abordagem tendenciosa em relação ao trabalho científico. Tais atividades devem valorizar adequadamente os aspectos internos do trabalho científico (os problemas abordados, a importância dos experimentos, o uso da argumentação e a linguagem científica, o formalismo matemático, etc.), bem como os seus aspectos externos (o caráter coletivo, as implicações sociais, etc.). Estas autoras defendem que as atividades baseadas em uma abordagem HFC estejam inseridas em sequências didáticas que façam, inclusive, o uso de outras atividades tais como demonstrações, práticas experimentais e resoluções de problemas abertos.

Neste sentido, podemos considerar que a abordagem HFC traz muitas possibilidades ao ensino de Ciências, na medida em que não limita o trabalho do professor em sua disciplina e oferece subsídios para uma discussão mais frutífera em relação aos conteúdos propriamente ditos. De fato, cremos que esta abordagem torna as aulas mais reflexivas, conforme indicou Matthews (1995). Entendemos que a abordagem HFC pode contribuir ao ensino de Ciências quando utilizada de forma crítica, isto é, com a devida fundamentação por parte do professor e com a clareza deste em relação a quais objetivos de aprendizagem deverão ser atingidos.

Um dos objetivos desta pesquisa envolveu a construção e o desenvolvimento com alunos de uma proposta didática baseada numa abordagem HFC. No que se refere às opções para esta abordagem, a proposta envolveu:

- ✓ A apropriação, por nossa parte, de um panorama geral da epistemologia contemporânea (pontos de convergência);
- ✓ A seleção de textos clássicos a serem trabalhados em sala de aula;
- ✓ A elaboração de atividades que contemplassem aspectos internos e externos do trabalho científico;
- ✓ A opção por um epistemólogo contemporâneo (Bachelard) para subsidiar o processo de reconstrução internalista dos conceitos físicos a serem abordados;
- ✓ A seleção de recursos audiovisuais para exibição da informação histórica.

Faremos a apresentação de todo este processo a partir do capítulo 3. Antes disso, no próximo capítulo, procederemos com a discussão em torno do ensino de

conteúdos de Física Moderna e Contemporânea, evidenciando a importância destes serem trabalhados por meio da abordagem HFC.

CAPÍTULO 2 - O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Neste capítulo pretendemos, a partir de considerações sobre o ensino da disciplina escolar Física, mostrar a importância da inserção de tópicos atualizados de Física Moderna e Contemporânea no currículo escolar. Discutiremos na sequência como os conteúdos relacionados à Física Quântica aparecem nos livros didáticos da última edição do Programa Nacional do Livro Didático e se os mesmos apresentam elementos que permitam ao professor trabalhar por meio de uma abordagem HFC.

2.1 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL E NO PARANÁ NAS DUAS ÚLTIMAS DÉCADAS

Ao final da década de 1980, João Zanetic (em sua tese de doutorado intitulada *Física também é cultura*) fez um balanço da conjuntura em torno do ensino de Física. O autor (1989) constatou que este ensino era deficiente e danoso na medida em que repassava uma visão distorcida da Física enquanto ciência. Zanetic identificou um conjunto de características que definiam o ensino da Física escolar àquele período. De acordo com o autor, tal ensino era marcado por:

- ✓ Se limitar a operacionalização muito pobre dos conceitos e leis da Física Clássica;
- ✓ Não ser marcado pela prática experimental;
- ✓ Não contemplar a mudança epistemológica pela qual passou a Física desde a sua estruturação clássica (ocorrida a partir do século XVII);
- ✓ Não contemplar a História da Física, tanto a internalista como a externalista;
- ✓ Apresentar a Física como um ramo do conhecimento neutro, apolítico e desvinculado do cotidiano;
- ✓ Não contemplar os desenvolvimentos por que passou a Física após o advento da Relatividade e da Mecânica Quântica;
- ✓ Provocar nos adolescentes uma forte rejeição.

Após enumerar estas características, Zanetic procurou analisar a temática do ensino de Física de modo a apontar alternativas viáveis que promovessem o seu resgate. Com isso, o ensino de Física poderia oferecer aos estudantes da escola média o acesso a uma cultura científica a qual seria a base para aqueles que iriam prosseguir com os estudos (cursos superiores), ao mesmo tempo em que também contemplasse os estudantes que encerrariam seus estudos após a conclusão da escolarização básica.

Em sua reflexão para uma reestruturação do ensino de Física, Zanetic apontou quatro condições que deveriam ser atendidas. Em primeiro lugar, é necessário que o ensino de Física garanta aos estudantes um domínio de conceitos e das ferramentas matemáticas e experimentais. Em segundo lugar, este ensino deve possibilitar aos estudantes o acesso às metodologias utilizadas pelos físicos em seu trabalho na construção do conhecimento científico. Uma terceira condição apontada pelo autor está relacionada com a apresentação da Física, enquanto ciência. Esta deve ser apresentada como produto de um contexto social, sujeita a influências de cada período. Por fim, este ensino deve possibilitar aos estudantes uma aproximação aos recentes avanços construídos pelos físicos contemporâneos. Deste modo se poderia resgatar um aspecto ausente no ensino: a Física enquanto cultura.

Segundo Zanetic (1989), ao se considerar a Física como cultura, o seu ensino poderia se tornar uma ferramenta a serviço da construção de uma sociedade voltada para os anseios da maior parte da população. Isto não significa que o ensino de Física deveria promover o abandono ao formalismo matemático e à resolução de problemas, mas a uma prática pedagógica na qual os aspectos essenciais da Física enquanto ciência não se fazem presentes (e isso implica em dizer enquanto cultura, uma vez que é produto da atividade humana).

Neste sentido, Zanetic reconheceu a importância da História e Filosofia da Ciência como recurso ao ensino de Física. Este autor indicou algumas potencialidades ao se considerar o ensino de Física baseado numa abordagem HFC, dentre as quais destacamos:

- ✓ O resgate da Física enquanto uma área do conhecimento que tem muito a contribuir na formação cultural geral de um cidadão contemporâneo;
- ✓ A possibilidade de se trazer para a sala de aula situações em que se possa fazer o uso do imaginário, tão vital tanto para o cientista quanto para o cidadão contemporâneo;

- ✓ A possibilidade de se contribuir para uma formação crítica necessária – segundo o autor - para a luta pela transformação social;
- ✓ A contribuição para a seleção dos conteúdos escolares de Física que irão compor o currículo escolar.

Em suma, Zanetic apontou que a abordagem HFC pode contribuir sistematicamente no sentido de possibilitar a transmissão da Física como um elemento de cultura, de modo a contribuir na formação de cidadãos críticos. A tarefa de transformar a Física num elemento cultural acessível a todos não pode ser encarada de forma simplista (adicionando-se apenas novos tópicos à matriz curricular, por exemplo). Ela envolve um processo mais amplo, no qual necessariamente deve ocorrer a superação de certas práticas pedagógicas, o debate acerca dos conteúdos curriculares e, principalmente, a reflexão em torno dos objetivos de se ensinar Física, num contexto de formação básica.

Por sua vez, ao analisar os componentes do currículo de Física no início da década de 1990, Terrazzan (1994, p. 42) constatou que “a grande concentração de tópicos, tratados na Física escolar, se dá na Física desenvolvida aproximadamente entre 1600 e 1850”. O mesmo autor (1994, p.42) conclui sua reflexão afirmando que “estamos em débito com nossa juventude ‘songando’, no mínimo, vários séculos de Física elaborada”. De fato, limitar o ensino de Física – uma ciência cuja produção científica remonta há séculos – a um curto período de 250 anos se mostrou problemático na medida em que a prática pedagógica dessa disciplina se limitou em apresentar apenas os resultados da ciência, estes considerados como verdades absolutas e imutáveis. Aliado a esta postura, a ênfase na resolução algorítmica de problemas desprovida de uma reflexão crítica contribuiu para descaracterizar o ensino de Física enquanto ciência, constituída historicamente.

Terrazzan (1992) observou que no início da década de 1990 os currículos de Física eram muito pobres e semelhantes, refletindo uma partição dos conhecimentos físicos nas tradicionais áreas: Mecânica, Física Térmica, Óptica, Ondas e Eletromagnetismo. Tal partição era baseada apenas na sequência vigente nos manuais de ensino. O currículo vigente no início da década de 1990, agregado à dificuldade em seu cumprimento ao longo do ano letivo, restringia o ensino de Física ao ensino de tópicos de Cinemática, leis de Newton, Termologia, Óptica Geométrica, Eletricidade e circuitos simples.

As recentes mudanças na legislação brasileira referentes à Educação Básica tiveram o seu ponto de partida com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional 9.394, em 1996. A partir deste norte legislador, as discussões e debates que se seguiram na sequência produziram uma série de documentos, dentre os quais se destacam as Diretrizes Curriculares Nacionais, os PCN, os PCN+ e as Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Por sua vez, a partir de 2004 a Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED) deu início às discussões que culminaram na elaboração das Diretrizes Curriculares Estaduais (DCE). É portanto neste contexto que a Física - enquanto disciplina escolar - passou por um processo de reestruturação curricular e metodológica.

Em relação aos documentos oficiais nacionais, os PCN (1998) mencionam as características que marcavam o ensino de Física e o Ensino Médio como um todo na década em que foram publicados. Segundo este documento, dentro de um contexto em que o Ensino Médio era meramente propedêutico, a disciplina de Física omitia os desenvolvimentos realizados ao longo do século XX. Os PCN destacam, à época de sua publicação, que os conteúdos curriculares eram tratados de forma enciclopédica e excessivamente dedutiva e que a melhoria do ensino de Ciências - no qual a disciplina escolar de Física encontra-se inserida - seria obtida a partir da atualização dinâmica dos conteúdos, acompanhando assim a evolução tecnológica. A respeito os PCN mencionam que:

Como cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação ainda maior que o da produção científica (BRASIL, 1999, p.8).

Em nossa análise consideramos a publicação dos PCN um marco, na medida em que este apresenta reflexões em torno dos problemas enfrentados pelo ensino de Física e, ao mesmo tempo, traça um panorama de como este ensino deveria ser. No que tange ao ensino de Física, os PCN reconhecem a necessidade de se promover um ensino em que

... o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas. É necessário também que essa cultura em Física inclua a compreensão do conjunto de equipamentos e procedimentos, técnicos ou tecnológicos, do cotidiano doméstico, social e profissional (BRASIL, 1999, p.24).

Neste sentido, os PCN vão ao encontro das reflexões feitas anteriormente por Zanetic (1989) e Terrazzan (1992, 1994). Este documento aponta que, em relação ao ensino de Física, o quadro configurado ao final da década de 1990 não se deveu exclusivamente ao despreparo dos professores ou apenas às condições estruturais das escolas, mas a uma deformação estrutural, considerada como natural com o passar do tempo. De acordo com os PCN, o resgate do ensino de Física – e das disciplinas correlatas – envolve a compreensão de que a “relação entre o aprendizado científico, matemático e das tecnologias e as questões de alcance social são a um só tempo meio para o ensino e objetivo da educação” (BRASIL, 1999, p.54). Neste sentido, este documento reconhece a importância do recurso à História e Filosofia da Ciência na medida em que “tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos” (BRASIL, 1999, p.54).

Com os PCN ficou evidenciada a necessidade de se reestruturar o ensino de Física tendo como ponto de partida a reflexão em torno dos objetivos desta disciplina. No que se refere aos conteúdos curriculares é apenas nos PCN+ (2002) que encontraremos reflexões aprofundadas. Ao partir da premissa de que o Ensino Médio deve prover a formação de jovens solidários e atuantes, capazes de discernir perante as diversas situações do dia-a-dia, os PCN+ sugerem um rol de temas para organização do ensino de Física. Tais temas estruturadores são:

1. Movimentos: variações e conservações;
2. Calor, ambiente e uso de energia;
3. Som, imagem e informação;
4. Equipamentos elétricos e telecomunicações;
5. Matéria e radiação;
6. Universo, terra e vida.

Com este rol de temas, o campo de estudo e discussão da disciplina de Física pode ser ampliado de modo a abarcar não apenas a produção científica restrita ao período compreendido entre 1600 e 1850. Em relação à organização curricular, os PCN+ argumentam sobre a necessidade de se repensar a tradicional divisão (Mecânica, Termologia, Óptica e Eletromagnetismo) e enfatizam que “é essencial que se faça uma releitura dessas áreas, para que a definição dos temas privilegie os objetos de estudo, explicitando desde o início os objetivos estabelecidos” (BRASIL,

2002, p.69). Podemos dizer que, com os PCN+, se abre espaço para a inserção de conteúdos da Física desenvolvida a partir do século XX.

Ao partir da premissa de que o ensino de Física não tem por finalidade a formação de físicos, mas de cidadãos críticos e alfabetizados científica e tecnologicamente, as Orientações Curriculares procuram evidenciar dois aspectos do ensino da disciplina escolar de Física. O primeiro remete à identidade da disciplina como cultura e o segundo como possibilidade de compreensão do mundo. Segundo as Orientações Curriculares:

A Física também deve ser entendida como cultura, na medida em que a escola tem o dever de assegurar o acesso da população a uma parcela dos saberes produzidos. Não se trata, todavia, de abandonar os conteúdos ou partir para generalidades; os conteúdos devem ser explorados com rigor, mas devem passar por escolhas criteriosas e tratamento didático adequado, a fim de que não se resumam a amontoados de fórmulas e informações desarticuladas (BRASIL, 2008, p.54).

Nesse sentido, as Orientações Curriculares enfatizam as reflexões produzidas pelo documento anterior (PCN+), exaltando a necessidade de se rever a lista de tópicos trabalhados no Ensino Médio. Para que a disciplina de Física contribua na formação de jovens críticos e autônomos faz-se necessária a reestruturação dos currículos escolares. Os documentos oficiais (2002, 2008) destacam que há várias formas possíveis de se estruturar o currículo escolar de Física. Entretanto os temas estruturadores apresentados pelos PCN+ são necessários na medida em que estabelecem as temáticas centrais a serem abordadas ao longo do Ensino Médio, possibilitando a transmissão de conhecimentos científicos atualizados.

No Paraná, a SEED publicou em 2008 as DCE para todas as disciplinas ofertadas nos colégios estaduais. Este conjunto de diretrizes curriculares sistematizou os resultados de toda uma discussão promovida, de forma descentralizada, entre os anos de 2004 e 2008. As DCE de Física – objeto de nossa análise - partem de um recorte em torno da História da Física para eleger os conteúdos²⁵ estruturantes, de modo a compor uma proposta curricular estadual. Segundo as DCE de Física (2008), estes conteúdos - Movimento, Termodinâmica e

²⁵ As DCE de Física (2008, p.57) entendem por conteúdos estruturantes “os conhecimentos e as teorias que compõem os campos de estudo da Física e servem de referência para a disciplina escolar”. A importância dos conteúdos estruturantes está no fato que estes permitem ao estudante compreender a disciplina (seu objeto de estudo, seu papel, etc.) no Ensino Médio.

Eletromagnetismo - representam os grandes campos de estudo da Física, as grandes sínteses que completam o seu quadro teórico ao final do século XIX.

A partir dos conteúdos estruturantes, as DCE de Física apresentam um rol de *conteúdos básicos*, isto é, de conhecimentos fundamentais que devem ser estudados ao longo do Ensino Médio. De acordo com este documento, “o acesso a esses conhecimentos é direito do aluno na fase de escolarização em que se encontra e o trabalho pedagógico com tais conteúdos é responsabilidade do professor” (PARANÁ, 2008, p.92). Os conteúdos básicos apresentados pelas DCE de Física são:

Movimento:

- ✓ *Momentum* e inércia;
- ✓ Conservação de quantidade de movimento (*momentum*);
- ✓ Variação da quantidade de movimento = impulso;
- ✓ 2ª Lei de Newton;
- ✓ 3ª Lei de Newton e condições de equilíbrio;
- ✓ Energia e o Princípio da Conservação da energia;
- ✓ Gravitação.

Termodinâmica:

- ✓ Lei zero da Termodinâmica;
- ✓ 1ª Lei da Termodinâmica;
- ✓ 2ª Lei da Termodinâmica.

Eletromagnetismo:

- ✓ Carga, corrente elétrica campo e ondas eletromagnéticas;
- ✓ Força eletromagnética;
- ✓ Equações de Maxwell: Lei de Gauss para eletrostática/Lei de Coulomb, Lei de Ampère, Lei de Gauss magnética, Lei de Faraday;
- ✓ A natureza da luz e suas propriedades.

Os colégios estaduais do Paraná devem tomar os conteúdos básicos acima como ponto de partida para a elaboração de suas propostas pedagógicas curriculares de Física. A partir da proposta pedagógica curricular de sua escola, o professor tem autonomia para selecionar tópicos específicos em função de cada conteúdo básico. Neste sentido “o plano de trabalho docente é, portanto, o *currículo*

em ação. Nele estará a expressão singular e de autoria de cada professor, da concepção curricular construída nas discussões coletivas” (PARANÁ, 2008, p.92).

Convém destacar o papel atribuído pelas DCE de Física à abordagem HFC enquanto encaminhamento didático-metodológico para as aulas da disciplina. Consideramos que, em relação aos documentos nacionais²⁶, as DCE de Física avançam ao trazerem reflexões em relação ao seu uso. Este documento destaca a importância de que o professor estude e se fundamente na História e na Epistemologia da Física para o desenvolvimento de seu trabalho pedagógico. Segundo as DCE de Física (2008, p.54), “trilhar esse caminho é imprescindível para se repensar o currículo da disciplina”.

As DCE de Física advertem para o devido cuidado que o professor deve observar quando optar por trabalhar por meio de uma abordagem HFC. Deve-se tomar o devido cuidado de modo a não confundi-la como uso de curiosidades (ditas históricas), com o uso da História como autoridade (a impossibilidade de se questionar os fatos históricos) e com o uso de biografias que exaltem a história dos grandes cientistas. Segundo este documento, a possibilidade de se constituir uma proposta pedagógica curricular que enfatize a Física como ciência e, principalmente, como expressão humana, está nas mãos dos professores.

Em suma, consideramos propícia a proposta das DCE de Física na medida em que esta, ao trazer um conjunto de conteúdos básicos para a composição curricular do Ensino Médio, garante a autonomia das escolas na construção de suas propostas pedagógicas curriculares e também dos professores na elaboração dos respectivos planos de trabalho docente. É a partir deste documento que desenvolveremos nosso trabalho, construindo e desenvolvendo uma proposta didática, baseada numa abordagem HFC.

No decorrer desta seção pudemos analisar alguns aspectos em torno do ensino de Física ao longo dos últimos 20 anos. Podemos considerar que, em relação ao quadro apontado por Zanetic ao final da década de 1980, é inegável que houve avanços. No entanto, vale ressaltar que as mudanças referentes ao ensino de Física no cenário educacional brasileiro ainda não ocorreram de forma significativa. Os problemas apontados no final da década de 1980 ainda são expressivos atualmente.

²⁶ Embora os documentos nacionais reconheçam a importância de agregar ao ensino de Física elementos que venham a possibilitar uma abordagem HFC, estes documentos não trazem sugestões práticas de como isso deva ser feito.

As reflexões produzidas pelos documentos oficiais ao longo dos últimos anos, por si só, não constituem fator decisivo para a mudança de postura na escola. A respeito as Orientações Curriculares para o Ensino Médio destacam que:

As Diretrizes Curriculares têm sido pouco discutidas na escola, e os PCN e os PCN+ sofreram por não apresentarem uma lista de conteúdos para as disciplinas curriculares, o que certamente facilitaria a vida do professor, mas contrariaria a essência da proposta. Os professores 'usuários' devem compreender a proposta e suas características e apossar-se dela desenvolvendo um projeto pedagógico consistente com sua escola, suas realidades e suas possibilidades de implementação (BRASIL, 2008, p.54-55).

Kawamura e Hosoume (2003, p.22) apontam que a implementação das novas diretrizes curriculares propostas pelos documentos oficiais “não ocorrerá por decreto nem de forma direta. Depende, ao contrário, do trabalho de incontáveis professores, em suas salas de aula, nas mais diversas realidades”. É preciso garantir formação continuada aos professores que lecionam, bem como sólida formação em nível superior para os alunos dos diversos cursos de licenciatura existentes no país. Também se faz necessária a presença de materiais didáticos que atendam aos anseios da mudança.

Essas considerações acerca do ensino de Física nos motivam a explorar a introdução de conteúdos atualizados de Física. Na próxima seção aprofundaremos esta questão, argumentando que tal atualização pode ocorrer por meio da introdução de temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea.

2.2 A INSERÇÃO DE CONTEÚDOS DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

2.2.1 Considerações iniciais

Conforme ficou caracterizada nas páginas anteriores, a questão da atualização curricular no que se refere ao ensino de Física é discutida há décadas. Neste sentido, Ostermann e Moreira (2001, p.135) argumentam que “há uma tendência nacional e internacional de atualização dos currículos de Física no Ensino Médio”. O que varia em cada país é, justamente, o avanço gerado a partir dessas discussões.

Em todos os casos, a atualização curricular da disciplina de Física passará necessariamente pela inclusão de tópicos da Física desenvolvida a partir do século XX.

Antes de avançarmos sobre essa questão, se faz necessário categorizar o conhecimento físico em períodos cronológicos. Para tal, nos basearemos na proposta apresentada por Ostermann e Moreira (2001), através da qual estes autores denominaram de *Física Clássica* toda a Física desenvolvida até o final do século XIX. Neste período, por exemplo, foram desenvolvidas a Mecânica Newtoniana, a Termologia e o Eletromagnetismo, este último culminando com o trabalho de James Clerk Maxwell (1871-1879). Por sua vez, a Física elaborada desde o início do século XX e que se estendeu até a década de 1940 é denominada *Física Moderna*. Neste período, podemos citar a Radioatividade, a Relatividade e o advento da teoria quântica. Por fim, a Física desenvolvida a partir da década de 1940 (e que se estende até os dias atuais) é denominada de *Física Contemporânea*. O estudo dos supercondutores e das partículas elementares são exemplos constituintes deste período.

A inserção de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) faz parte do processo de atualização curricular. A compreensão dos fundamentos desta Física é fundamental, pois de acordo com Neves *et al.*:

O estudo do modelo atômico, dos fenômenos eletromagnéticos, da gravitação e das estruturas microscópicas da matéria modificaram drasticamente a concepção física do mundo estabelecida pelo paradigma newtoniano, construindo um mundo excepcionalmente novo, ligando firmemente ciência e tecnologia num patamar superior à revolução efetuada pelas máquinas térmicas (NEVES *et al.*, 2005, p.221).

É importante salientar que não estamos questionando a importância da abordagem dos conteúdos de Física Clássica na Educação Básica. Eles são fundamentais no processo formativo dos estudantes, pois possibilitam uma alfabetização científica necessária para a formação de cidadãos críticos e que permita o entendimento de diversos aspectos presentes no cotidiano dos estudantes. Entretanto, o ensino de Física restrito apenas aos conteúdos de Física Clássica não garante a formação necessária para a compreensão de muitos aspectos do mundo criado pelo homem atual. Também não permite ao estudante a formação de uma visão crítica capaz de se posicionar em relação às questões polêmicas atuais. Para Terrazzan (1994)

... a influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, definem por si só a necessidade de se debater e estabelecer as formas de abordar tais conteúdos na escola média (TERRAZZAN, 1994, p.43).

Segundo Loch (2011), a ausência de temas de FMC no currículo escolar impede a formação nos estudantes de uma visão de completude do quadro teórico da Física. Ficariam excluídas do ensino de Física as questões filosóficas e epistemológicas que permearam a ciência ao longo do século XX e início do século XXI. Em outras palavras, esta autora afirma que, para que haja no estudante a formação de uma cultura científica ao longo do seu percurso no Ensino Médio, se faz necessária uma formação que leve em conta também questões relacionadas à natureza da ciência, ao método científico, bem como aos fundamentos do próprio ato de conhecer. No caso da Física, a inserção de tópicos de FMC tende a auxiliar nesse processo.

Os documentos oficiais nacionais (2002, 2008) sinalizam de forma positiva para a inserção de tópicos de FMC. Os PCN+ justificam a inserção destes conteúdos mencionando as aplicações tecnológicas decorrentes da FMC, bem como a importância de se estudar seus temas, dentre os quais a estrutura da matéria. Segundo o documento:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e *lasers* presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores (BRASIL, 2002, p.54).

Terrazzan (1992,1994) enfatiza que a inserção de conteúdos de FMC no ensino de Física é componente fundamental para a formatação de um currículo escolar que possibilite o entendimento do mundo criado pelo homem atual. É importante salientar que a correta inserção de conteúdos de FMC no currículo não consiste num simples acréscimo de tópicos, conforme apontam Pinto e Zanetic (1999, p.7) ao afirmarem que tais conteúdos “não podem ser simplesmente acrescentados aos temas tradicionalmente presentes no Ensino Médio e no modo como estes são aí trabalhados”. Cabe a reflexão acerca de como promover a correta

inserção desses conteúdos, de modo a contribuir para a produção de um currículo atualizado.

Se forem abordados sob a mesma perspectiva dos conteúdos clássicos, os conteúdos relacionados à FMC não cumprirão com os seus objetivos e, possivelmente, se tornarão elementos meramente informativos, dado a complexidade matemática de certos temas. Como forma de guiar qualquer iniciativa de inserção de FMC na escola básica, Terrazzan (1992) elenca três pontos fundamentais. Tais pontos são:

1. *A forma como os conceitos se desenvolveram na Física, enquanto área de conhecimento humano.* Para Terrazzan, a apresentação de tópicos de FMC pode ser realizada em decorrência da discussão dos modelos clássicos. Outra possibilidade seria a apresentação de conceitos, modelos e teorias de FMC sem explicitar analogias clássicas.
2. *A terminalidade do curso de Física de Ensino Médio.* Terrazzan ressalta que este nível de formação será o único contato da disciplina para a maior parte dos estudantes (os que encerram seus estudos, bem como aqueles que irão cursar uma graduação em uma área não relacionada à Física).
3. *A realidade escolar relativamente à precária formação tanto de professores quanto de alunos.* Terrazzan menciona este fator como crucial na elaboração de uma proposta final que contemple FMC.

Atualmente existem diversos trabalhos publicados a respeito da inserção de tópicos de FMC. As principais dificuldades apontadas para a inserção de determinados tópicos de FMC estão relacionadas às especificidades do próprio saber. Por exemplo, Pinto e Zanetic (1999) analisaram a possibilidade de se trabalhar com a Física Quântica no Ensino Médio. Estes autores apontam três dificuldades para a inserção da temática: o formalismo matemático, as novidades conceituais e o tratamento experimental dado aos temas quânticos. Pinto e Zanetic concluem que se faz necessária a busca por formas alternativas para a correta inserção do tema, afirmando a viabilidade de sua inserção ao dizer que “nossa experiência mostrou que temos ainda muitas questões a responder, mas agora acreditamos que é possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio” (PINTO e ZANETIC, 1999, p.21).

Os documentos oficiais nacionais (2002, 2008) não fornecem uma lista de conteúdos de temas relacionados à FMC (tampouco o fazem para a Física Clássica).

Por sua vez, ao propor as três grandes sínteses que compuseram o quadro conceitual da Física ao final do século XIX e início do século XX como conteúdos estruturantes, as DCE de Física não excluem a possibilidade de se abordar temas de FMC. Este documento sugere alguns encaminhamentos para o tratamento pedagógico dos conteúdos básicos que contemplam temas de FMC nos três conteúdos estruturantes. Em relação ao conteúdo estruturante *Eletromagnetismo*, por exemplo, as DCE de Física indicam que:

Para uma abordagem em Física Moderna, é importante, também, o trabalho com o efeito fotoelétrico e a compreensão que a descoberta dos *quanta* de luz deu início à mecânica quântica e à imutabilidade da velocidade da luz, como um dos princípios da relatividade (PARANÁ, 2008, p.61).

Em artigo publicado, Ostermann e Moreira (2000) apresentaram uma lista consensual de quais tópicos de FMC deveriam ser abordados no Ensino Médio. Tal lista – publicada inicialmente em artigo anterior (1998) - é fruto de investigação destes autores entre pesquisadores em ensino de Física, professores de Física do Ensino Médio e físicos. Segundo estes autores, os tópicos constituintes da lista final seriam: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, *laser*, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, *Big Bang*, estrutura molecular e fibras ópticas.

Em suma, podemos dizer que a lista de conteúdos de FMC apresentada por Ostermann e Moreira (2000) contempla as grandes áreas da Física desenvolvida a partir do século XX dentre as quais destacamos a Relatividade, a Radioatividade, a Física Quântica, a Física Nuclear e a Cosmologia. Em especial destacamos a Física Quântica, tendo em vista que o seu ensino constitui parte do objeto de nossa pesquisa. A maior parte dos tópicos apontados na lista está diretamente relacionada à Física Quântica (átomo de Bohr, dualidade onda-partícula, efeito fotoelétrico, entre outros).

Concluimos a primeira parte desta seção reforçando a importância da inserção de tópicos de FMC nos currículos escolares. Entendemos que uma visão abrangente em relação à Física enquanto ciência somente será possível aos estudantes se houver, dentre outros fatores, uma atualização nos tópicos de Física, de modo que sejam incorporados os desenvolvimentos recentes desta ciência. Entretanto, esta

inserção não deve ocorrer sem uma revisão curricular mais ampla, na qual todos os tópicos sejam revistos em função de seus objetivos. Deste modo, será possível constituir propostas curriculares que possibilitem a formação de um cidadão crítico, capaz de assimilar uma cultura científica que, ao mesmo tempo em que lhe permita a apropriação de conceitos científicos fundamentais para o seu dia-a-dia, lhe possibilite compreender aspectos internos e externos desta ciência e suas implicações tecnológicas e sociais.

2.2.2 Encaminhamentos metodológicos para a inserção de FMC

Terrazzan (1994) analisa as tendências metodológicas mais significativas na literatura para a inserção de conteúdos de FMC. Este autor enumera três possíveis encaminhamentos metodológicos (estratégias) a saber: exploração dos limites dos modelos clássicos; a não utilização de modelos semiclássicos; e, por fim, a escolha de tópicos essenciais de FMC. Apresentaremos brevemente cada estratégia à luz do referencial desse autor.

O primeiro encaminhamento metodológico sugere que a introdução de FMC no Ensino Médio deve-se dar a partir da exploração dos limites da Física Clássica. Terrazzan (1994) cita o grupo de Daniel Gil-Pérez e Jordi Solbes como defensor dessa estratégia, em virtude destes pesquisadores sugerirem a apresentação dos conteúdos de FMC “em bases construtivistas, respeitando a evolução histórica dos conceitos físicos como parâmetro para a elaboração de uma estratégia didática” (TERRAZZAN, 1994, p.72). A inserção de tópicos de FMC a partir da exploração dos limites clássicos, sem dúvida, contribui para evitar a formação de imagens distorcidas pelos estudantes, tais como os equívocos na compreensão de temas como a relação massa-energia (Relatividade) e os aspectos fundamentais da Física Quântica (princípio da incerteza e a dualidade onda-partícula).

Tal encaminhamento metodológico possibilita a revisão das principais contribuições da Física Clássica, bem como destaca que a Física é uma ciência em construção. Terrazzan (1994) considera esta abordagem adequada para a realidade brasileira, pois permite que sejam utilizadas estratégias de ensino através das quais os alunos possam atuar como comunidade científica na discussão de critérios de aceitabilidade dos modelos e das teorias. É importante destacar que, para este autor

(1994, p.76), “a física escolar, desenvolvida sobre estas bases poderá fazer ressurgir para os alunos o ‘caráter humanístico’ desta ciência”.

O segundo encaminhamento metodológico apontado por Terrazzan (1994) defende a necessidade de se evitar referências aos modelos semiclássicos. Baseada nos trabalhos de Helmut Fischler e Michael Lichfeldt, esta estratégia parte do princípio de que o “uso didático de conceitos e modelos semiclássicos como referência para explicitar a formulação dos conceitos e modelos utilizados na física quântica interfere negativamente na conceituação desta última no pensamento dos estudantes” (TERRAZZAN, 1994, p.76). Por exemplo, ao se abordar conceitos-chave de Mecânica Quântica, este encaminhamento não parte de analogias com conceitos clássicos. Por exemplo, ao ser abordado antes dos conceitos fundamentais da Mecânica Quântica, o modelo atômico de Bohr acaba por obstaculizar o entendimento dos mesmos.

A respeito do segundo encaminhamento, Terrazzan (1994, p.78) afirma que “introduzir os novos conceitos já dentro de uma formulação mais atualizada, desprovida de imagens presas aos conceitos clássicos, pode parecer razoável”. Entretanto, este autor salienta que a proposta alemã parte de um contexto em que o professor secundário (no caso analisado, o de Berlim) possui a formação necessária para a implementação da proposta. Terrazzan finaliza sua análise, mencionando o fato de que existem vários autores que se posicionam contrariamente a esse encaminhamento metodológico, defendendo, por exemplo, a importância de se abordar o modelo atômico de Bohr no contexto do início do desenvolvimento da Física Moderna.

Por sua vez, o terceiro encaminhamento metodológico apontado por Terrazzan (1994) é baseado no trabalho de Arnold Arons e consiste na inserção de tópicos essenciais de FMC. Segundo Terrazzan, esta estratégia defende que poucos conteúdos (conceitos) de FMC devem ser ensinados no Ensino Médio. Num curso introdutório de FMC, segundo Arons, é possível e desejável que “os alunos obtenham ‘alguma percepção (*insight*)’ sobre conceitos como: elétrons, fótons, núcleos, estrutura atômica e, talvez, os primeiros aspectos qualitativos de relatividade” (TERRAZZAN, 1994, p.79). Terrazzan (1994) constata que, segundo o pesquisador estadunidense, para se abordar em sala de aula o modelo atômico de Bohr, deve-se verificar nos conteúdos de mecânica e eletromagnetismo os tópicos fundamentais para o entendimento dos experimentos e dos argumentos que definem elétrons, núcleos atômicos e fótons. Em relação a esta estratégia didática, Terrazzan

destaca como positiva a cautela em se trabalhar com conteúdos relacionados à temática da Relatividade, priorizando conceitos qualitativos apenas. Entretanto, em relação aos temas decorrentes da Física Quântica, Terrazzan discorda de Arons ao afirmar a sua viabilidade em ser trabalhada na escola média, dado o fato do arcabouço matemático ser desenvolvido nesse nível de ensino.

Com base na análise das principais tendências de encaminhamentos metodológicos, podemos constatar que a questão acerca da introdução de conceitos de FMC na Educação Básica não está encerrada. Concordamos com Terrazzan quando este argumenta que, diante das opções metodológicas que se apresentam, a melhor postura é “sem dúvida uma abertura para a adoção da metodologia mais adequada ao desenvolvimento de cada área temática, e não uma exclusividade metodológica para desenvolver todo e qualquer tópico de uma programação didática” (TERRAZZAN, 1994, p.82). Em nossa análise, concordamos em parte com Gil, Solbes e Arons (1988, 1990 *apud* Terrazzan, 1994), porém consideramos fundamentais as ponderações feitas por Terrazzan. Nossa proposta de inserção de tópicos de FMC na sala de aula levará em conta este exposto, na medida em que busca inserir tópicos de Física Quântica a partir dos limites da Física Clássica, tendo como eixo condutor a evolução da compreensão da estrutura da matéria.

Por fim, é importante frisar que de modo algum se defende o fim do ensino de conteúdos de Física Clássica. Embora marcados por limitações conceituais, muitos conceitos clássicos continuam válidos atualmente. No que tange ao ensino de Física, cabe a reflexão para a inserção integrada de ambas as temáticas: clássica, moderna e contemporânea. A respeito Terrazzan afirma que:

Do ponto de vista estrutural, a temática de física moderna e contemporânea deve estar organicamente incorporada à apresentação e ao desenvolvimento das teorias clássicas. Assim, possibilita-se aos alunos perceberem a ciência física como um ‘corpo unitário’ de conhecimentos, com ramificações internas que se desenvolveram muitas vezes de forma autônoma, ora aglutinando-se, ora incorporando-se umas às outras, enfim formando os grandes sistemas conceituais que hoje se estabeleceram (TERRAZZAN, 1994, p.71).

Segundo o autor é importante considerar a existência de pré-requisitos para a introdução de conteúdos de FMC. Entretanto cabe uma atenção especial na sua observância, pois tal fator caracterizará o currículo escolar, conseqüentemente relegando um papel aos conteúdos de FMC. A respeito Terrazzan (1994, p.94) destaca que os pré-requisitos de conteúdo “são poucos e insuficientes para

conformar de maneira tão decisiva as programações escolares”. Os conteúdos de FMC podem ser trabalhados em paralelo com conteúdos de Física Clássica desde que estejam encadeados numa proposta de trabalho docente devidamente fundamentada.

Para Terrazzan (1994, p.144), o ensino de FMC “não pode ser conformado a uma estratégia didática guiada por uma concepção linear de conhecimento”. Ao se indagar como desenvolver no Ensino Médio uma visão da Física em sua totalidade, isto é, que contemple as dimensões clássica, moderna e contemporânea, Terrazzan enfatiza a importância da História e Filosofia da Ciência como abordagem fundamental nesse processo. A abordagem HFC é, para Terrazzan (1994, p.70), a “principal porta de entrada da FMC na escola média”.

O recurso aos experimentos de pensamento também é valorizado pelo autor, sobretudo quando aliado ao ensino de Física Quântica. A respeito, Terrazzan justifica o seu uso mencionando que:

No desenvolvimento da Física Quântica, em particular, o recurso a experiências de pensamento sempre foi grande. As dificuldades inerentes à realização de muitas ‘experiências reais’ na física desenvolvida neste século, parece ter sobrevalorizado as experiências de pensamento. O que de certa forma colabora para legitimá-las” (TERRAZZAN, 1994, p.121-122).

Em suma, podemos considerar que uma possibilidade real de inserção de conteúdos de FMC na Educação Básica é aquela em que é realizada a partir de uma abordagem HFC. Entendemos também que os experimentos mentais se mostram eficientes como estratégia didática, quando integrados corretamente nesse processo.

2.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE O ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA E OS LIVROS DIDÁTICOS DO PNL D 2012

2.3.1 Considerações iniciais

A inserção de conteúdos de FMC vem ocorrendo gradualmente no Brasil nos últimos anos. Entretanto cabe refletir se, de fato, tal inserção ocorre de forma que

esta cumpra com os seus objetivos. Neste sentido os trabalhos de Terrazzan (1992, 1994), Ostermann e Moreira (2000), Medeiros (2007), Solbes e Sinarcas (2009) alertam em relação à disposição e apresentação dos conteúdos de FMC para o Ensino Médio.

Conforme já apontado, Terrazzan (1994) considera a História da Ciência uma importante via de acesso aos conteúdos de FMC. Para este autor, as dificuldades no aprendizado de FMC não são maiores do que a aprendizagem de diversos conceitos de Física Clássica. A FMC pode ser exemplificada por meio de uma abordagem HFC, fundamentada na historiografia da ciência contemporânea.

Entendemos que uma abordagem HFC para conteúdos de FMC baseada em Bachelard, por exemplo, permitiria a correta caracterização da Física por meio de suas transições: da Física Escolástica Medieval à Física Newtoniana e, a partir das limitações desta última até o surgimento da Física Quântica. Outra possibilidade de abordagem HFC para a inserção de conteúdos de FMC seria realiza-la a partir de Kuhn, na qual seria possível evidenciar que a história da Ciência - em particular a da Física - não se deu de forma linear apenas, mas como uma sucessão de paradigmas por meio de revoluções. Uma terceira possibilidade para a inserção de temas de FMC por meio de uma abordagem HFC se daria a partir de um panorama mais amplo, ou seja, a partir das teses²⁷ em comum da epistemologia contemporânea. Compreendemos que, neste caso também, seria possível abordar aspectos internos e externos da História da Física na medida em que são apresentados tópicos de FMC.

A abordagem de temas de FMC necessariamente deve passar pela localização e contextualização histórica dos principais problemas e dilemas da Física vividos ao final do século XIX. A identificação destes problemas constitui para Terrazzan (1994, p.171) em “instrumentos didáticos centrais à compreensão dos conceitos fundamentais da Física Moderna, particularmente na construção do arcabouço da Física Quântica”.

O livro didático desempenha papel fundamental no ensino de um modo geral, pois, muitas vezes, é fator determinante na formatação do currículo escolar, bem como constitui a principal fonte de referência para o professor na preparação de suas aulas. Não cabe neste trabalho investigar os motivos que contribuem para o

²⁷ Neste sentido, destacamos os trabalhos de El-Hani (2006) e Gil-Pérez *et al.* (2001) os quais trazem reflexões em torno desta possibilidade numa discussão mais ampla.

estabelecimento deste quadro, porém se quisermos ter uma noção dos conteúdos de FMC apresentados em nível médio, a análise do livro didático possibilita o acesso a tal informação.

Medeiros (2007) alerta sobre os perigos da falta de rigor²⁸ histórico na apresentação de conteúdos de FMC nos livros didáticos mais recentes. Segundo o autor,

... o que parece mais preocupante, no momento, é a coleção de deformações e mitos que passaram a habitar os recentes livros didáticos destinados a apresentarem a Física Moderna para o Ensino Médio. Alguns desses mitos já são clássicos e constituem-se apenas em meras reproduções de velhas 'estórias' já contadas em livros para a Universidade. Outras distorções, no entanto, são novas e constituem-se em versões pioradas daquelas presentes em textos universitários apresentadas, porém, com a aparência de informações históricas confiáveis (MEDEIROS, 2007, p.278).

É importante salientar que, para este autor, as principais deformações apresentadas nos livros didáticos num primeiro momento podem ser consideradas como um simples detalhe. Porém, quando analisadas mais atentamente tais distorções “podem revelar a enorme ameaça em que podem se constituir para o desenvolvimento de uma compreensão mais crítica e abrangente do quadro geral de desenvolvimento histórico e da organização atual das ideias da Física” (MEDEIROS, 2007, p.278). Tais distorções contribuem para a compreensão equivocada da construção do conhecimento físico.

Para Medeiros, o perigo das deformações históricas na abordagem de conteúdos físicos reside no fato de que, muitas vezes, ao serem repetidas à exaustão, elas passam ao imaginário de muitos professores de Física, contribuindo para a propagação errônea do processo de construção do conhecimento científico.

²⁸ Medeiros analisa em seu artigo as interpretações equivocadas a respeito da conjuntura histórica da Física no final do século XIX e critica duramente os livros didáticos por apresentarem uma visão deturpada dessa conjuntura. O exemplo mais famoso está relacionado às deturpações em torno de uma alocução (palestra) proferida pelo físico William Thomson (Lorde Kelvin, 1824-1907), em 27 de abril de 1900 na Associação Britânica para o Progresso da Ciência, posteriormente publicada na forma de um artigo na *Philosophical Magazine*, em 1901. Para Medeiros, a alocução de Kelvin é muito citada nas obras didáticas, sobretudo quando estas se referem às 'nuvens negras', e pouco lida em sua íntegra. Em geral, os livros didáticos propagam a ideia de que, ao final do século XIX, Lorde Kelvin havia expressado que a Física era uma ciência consolidada, faltando apenas solucionar pequenos problemas (as 'nuvenzinhas' que pairavam no céu da Física). Este exemplo - segundo Medeiros - serve para alertar que a deturpação das ideias de Lorde Kelvin representa um desserviço ao ensino por reduzir os desafios enfrentados pela Física no final do século XIX ao problema da radiação do corpo negro. Naquele período questões mais abrangentes - e longe de um consenso entre os físicos daquele período - eram os temas de discussão. Tais questões estavam relacionadas à natureza da propagação eletromagnética, bem como ao conflito da visão mecanicista com as implicações da teoria eletromagnética de Maxwell.

Entendemos que, no que se refere à inserção de conteúdos de FMC, tal prática representa um entrave na medida em que barra a compreensão do processo de construção do conhecimento físico, por muitas vezes representar a evolução da Física como cumulativa, ignorando-se as crises e remodelações ocorridas em sua história.

O encaminhamento que deve ser adotado - segundo Medeiros (2007) - na produção de material didático para o ensino de FMC em nível médio passa obrigatoriamente por um cuidado maior na sua preparação. Isso implica em se utilizar fontes apropriadas, isto é, aquelas elaboradas com um rigor histórico-conceitual e direcionadas para esse nível de ensino. Não é necessário que o professor se transforme em um historiador de sua disciplina, mas apenas que tenha acesso a fontes históricas seguras. Em outras palavras, devem-se buscar fontes “que contenham uma mensagem que alie o rigor da informação veiculada com a leveza apropriada de uma linguagem condizente” (MEDEIROS, 2007, p.285).

2.3.2 A presença de elementos que possibilitem uma abordagem HFC aos conteúdos de Física Quântica nos livros do PNLD 2012

Considerando que o objeto de investigação deste trabalho está relacionado à inserção de conteúdos de Física Quântica por meio de uma abordagem HFC, faremos uma breve análise das obras selecionadas para compor a última edição do Programa²⁹ Nacional do Livro Didático (PNLD 2012) em que a disciplina de Física esteve contemplada. Através desta breve análise, queremos investigar quais são os conteúdos relacionados à Física Quântica que são apresentados em cada livro e se existem elementos que possibilitem ao professor utilizar a abordagem HFC em seu ensino.

²⁹ De acordo com Brasil (2011a), o PNLD é um programa nacional, caracterizado pela distribuição de coleções de livros didáticos aos alunos da Educação Básica. Tal programa tem como objetivo principal fornecer materiais que subsidiem o trabalho pedagógico dos professores, tendo em vista a importância do livro didático nas escolas públicas brasileiras. Após a seleção das obras por meio da avaliação das mesmas, o Ministério da Educação publica um guia específico no qual apresenta as resenhas das obras aprovadas. De posse do guia, as escolas procedem à escolha da obra que melhor atenda às demandas de seu projeto político pedagógico. A execução do programa é trienal. No que se refere à disciplina de Física, a escolha das obras foi realizada em 2011 e a distribuição aos alunos ocorreu no ano seguinte, substituindo as coleções adotadas no programa anterior (PNLEM 2009).

Em sua apresentação, o Guia de Livros Didáticos PNLD 2012 da disciplina de Física explicita quais foram os critérios eliminatórios utilizados para a avaliação das obras que se inscreveram para a seleção do programa. Dentre os diversos critérios mencionados, citamos os que analisaram se o livro destinado ao aluno:

Utiliza abordagens do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estejam em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas (BRASIL, 2011b, p.15);

Utiliza analogias e metáforas de forma cuidadosa e adequada, garantindo a explicitação de suas semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos/conceitos estudados, bem como de seus limites de validade (BRASIL, 2011b, p.16);

Apresenta os conteúdos conceituais da Física sempre acompanhados, ou partindo de sua necessária contextualização, seja em relação aos seus contextos sócio-cultural-histórico-econômicos de produção, seja em relação a contextos cotidianos em que suas utilizações se façam pertinentes, evitando a utilização de contextualizações artificiais para esses conteúdos (BRASIL, 2011b, p.17).

Trata, sempre de forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área, tópicos usualmente classificados como de Física Moderna e Contemporânea e que sejam considerados importantes ou mesmo imprescindíveis para o exercício da cidadania ativa, crítica e transformadora, bem como para a inserção ativa, crítica e transformadora no mundo do trabalho (BRASIL, 2011b, p.16);

Destes, os três primeiros critérios permitem identificar se as obras apresentam elementos que possibilitem a abordagem dos conteúdos de forma contextualizada, isto é, se elas trazem elementos da História e Filosofia da Ciência. Por sua vez, o quarto critério indica uma preocupação - da equipe responsável pela avaliação e seleção das obras - em relação à presença de conteúdos de FMC. Percebemos no Guia de Livros Didáticos PNLD 2012 da disciplina de Física que não há um indicativo direto para a presença obrigatória de conteúdos relacionados à Física Quântica, mas, num sentido mais amplo, da presença de tópicos de FMC, o que possibilitaria a inserção de tais conteúdos.

A equipe responsável pela avaliação das obras aprovou 10 coleções didáticas para a componente curricular Física na última edição deste Programa, todas com três volumes cada. Nosso objeto de análise será, justamente, identificar quais conteúdos relacionados à Física Quântica são apresentados e se os mesmos contemplam elementos que permitam ao professor desenvolver o seu trabalho por meio de uma abordagem HFC. Os volumes analisados de cada coleção estão listados e identificados no (QUADRO 1):

Código de identificação	Referência
LD01	TORRES, Carlos Magno; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. Física – Ciência e Tecnologia , v.3. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2010. p.252-281.
LD02	GONÇALVES FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. Física e realidade , v.3. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2010. p.159-168.
LD03	GASPAR, Alberto. Compreendendo a Física , v.3. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2010. p.272-297; 322-360; 377-380.
LD04	BISCUOLA, Gualter José; VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou. Física , v.3. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010. p.286-311; 319-321; 324-330.
LD05	MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. Curso de Física , v. 3. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2010. p.332-337; 348-374.
LD06	SILVA, Claudio Xavier da; BARRETO FILHO, Benigno. Física aula por aula , v.3. 1ªed. São Paulo: FTD, 2010. p.344-351.
LD07	FUKE, Luiz Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. Física para o Ensino Médio , v.3. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010. p.232-233; 245-259.
LD08	PIETROCOLA, Maurício. <i>et al.</i> Física em contextos: pessoal, social e histórico , v.3. 1ª ed. São Paulo: FTD, 2010. p.337-355; 376-420.
LD09	SANT'ANNA, Blaidi. <i>et al.</i> Conexões com a Física , v.3. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2010. p.332-344; 366-375.
LD10	MENEZES, Luís Carlos de. <i>et al.</i> Quanta física , v.3. 1ª ed. São Paulo: PD, 2010. p.20-48; 95-105; 193-202.

QUADRO 1 – OS LIVROS ANALISADOS DO PNLD 2012

As indicações referentes às páginas correspondem aos capítulos dos livros em que são abordados conteúdos de Física Quântica. Uma breve análise das obras permite identificar quais tópicos são abordados em cada coleção. O (QUADRO 2) apresenta um panorama geral de quais são os conteúdos relacionados à Física Quântica abordados por cada obra:

Conteúdo	Livro analisado									
	LD 01	LD 02	LD 03	LD 04	LD 05	LD 06	LD 07	LD 08	LD 09	LD 10
Introdução histórica	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Teoria quântica de Planck	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Efeito Fotoelétrico	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Modelo Atômico de Bohr	X		X	X	X		X	X		X
Natureza dual da luz	X		X	X	X		X	X		X
Dualidade onda-partícula da matéria	X		X		X		X			X
Noções de Mecânica Quântica	X		X		X	X	X			X
Aplicações Tecnológicas ³⁰	X	X		X		X		X	X	X

QUADRO 2 – CONTEÚDOS DE FÍSICA QUÂNTICA ABORDADOS NAS OBRAS DO PNLD 2012

Como podemos perceber, o rol de conteúdos varia em cada obra. Os livros LD01 e LD10 são, justamente, os que abordam a maior variedade de conteúdos relacionados à Física Quântica, ainda que, de formas bem distintas. É importante

³⁰ Consideramos as aplicações tecnológicas apresentadas dentre as quais destacamos os semicondutores, os supercondutores, o *laser*, entre outras.

frisar que a ordem dos conteúdos disposta no quadro acima não reflete a ordem apresentada em todos os livros didáticos. Todos os livros se propuseram a fazer uma discussão histórica no início dos capítulos que tratam da temática.

É importante destacar que a maior parte das obras apresenta os conteúdos de Física Quântica em ordem cronológica. O ponto de partida é a apresentação da teoria quântica de Max Planck, seguido pelo trabalho de Einstein sobre o efeito fotoelétrico, modelo atômico de Bohr, natureza dual da matéria e, quando abordados, os fundamentos da Mecânica Quântica. A respeito desta apresentação, concordamos com Solbes e Sinarcas (2009) quando estes autores consideram que a abordagem de tais conteúdos numa perspectiva puramente cronológica não é compatível com o Ensino Médio. Para os autores, a principal dificuldade que os alunos apresentam no estudo de Física Quântica é de ordem ontológica, sobretudo, no que se refere ao tratamento dado pela Mecânica Quântica para elétrons, fótons, etc. O procedimento recomendado por Solbes e Sinarcas (2009) para a inserção de tópicos de Física Quântica no Ensino Médio consiste em mostrar como o efeito fotoelétrico não pode ser explicado a partir do Eletromagnetismo Clássico, evidenciando que se fazem necessárias novas hipóteses sobre a natureza da luz para a sua explicação.

Em relação ao nível de aprofundamento dos conteúdos, constatamos que este varia muito em cada obra. A maior parte das obras foca os temas abordados através da resolução de exercícios (resolução de problemas). Os tópicos mais abordados nos problemas estão relacionados à equação de Planck, ao efeito fotoelétrico, ao modelo atômico de Bohr e à natureza dual da matéria. A obra LD02 aborda brevemente os temas (sem o formalismo matemático) e discute as aplicações tecnológicas da Física Quântica.

Os tópicos que se referem à Mecânica Quântica não são abordados por todas as obras. Os autores da obra LD09, por exemplo, justificam a ausência destes tópicos em virtude da complexidade do formalismo matemático, supostamente necessário para a sua compreensão. Por sua vez, os autores da coleção LD07 contornam esse problema ao propor uma abordagem baseada em um texto que apresenta um experimento mental³¹ consagrado.

³¹ Conhecido como *gato de Schrödinger*, esta experiência foi proposta em 1935 pelo físico Erwin Schrödinger (1887-1961) para discutir um paradoxo existente na Mecânica Quântica a partir da interpretação de Copenhague.

Em relação aos conteúdos abordados de Física Quântica nos livros do PNLD 2012 é importante destacar ainda um ponto importante na produção de material didático: o cuidado na apresentação destes conteúdos. O ensino de Física Quântica, sobretudo dos conteúdos relacionados à Mecânica Quântica, é objeto de pesquisa atualmente por várias razões, dentre as quais destacamos o fato desta área da Física ser totalmente distinta da Física dos objetos macroscópicos. Em algumas obras analisadas observamos problemas conceituais em relação aos conteúdos. Um dos livros considera que o comportamento corpuscular da matéria seria o quântico, indo na contramão da teoria de Louis de Broglie (1892-1987) que estabelece a natureza dual da matéria. Por sua vez, um exemplo problemático está presente em outra obra quando esta apresenta (através de um diagrama) o princípio da incerteza de Heisenberg (1901-1976), considerando apenas a natureza corpuscular do elétron (visão clássica da matéria). Esta obra trata o conceito de incerteza sem uma discussão dos fundamentos da Mecânica Quântica e dos modelos atômicos. Nesta apresentação o elétron é tratado classicamente, não contribuindo para a discussão em torno do princípio da incerteza.

Estas são breves considerações a respeito dos conteúdos de Física Quântica abordados nas obras do PNLD 2012. Nosso objetivo maior consiste em investigar se em tais obras existem elementos que possibilitem uma abordagem HFC. Para tal identificaremos³² nas obras a presença dos elementos³³ a seguir:

- Materiais utilizados para apresentar a informação histórica;
- Atividades de aprendizagem baseadas numa abordagem HFC;
- Bibliografia complementar sobre História e Filosofia da Ciência;
- A tendência historiográfica adotada.

Por meio da investigação destes quatro pontos poderemos constatar se em cada obra de Física do PNLD 2012 existem subsídios que permitam orientar o seu ensino por meio de uma abordagem HFC (no que se referem aos conteúdos de Física Quântica). É importante salientar que nossa análise, restrita aos conteúdos de

³² É importante frisar que não estamos nos propondo a fazer uma análise aprofundada nos livros didáticos. Pretendemos apenas constatar se e como elementos de História e Filosofia da Ciência são contemplados nos capítulos que tratam de Física Quântica.

³³ Um instrumento mais robusto para análise de conteúdo histórico presente nos livros didáticos pode ser encontrado no trabalho de Leite (2002). As orientações apresentadas neste trabalho nortearam a nossa análise.

Física Quântica, não permite conclusões abrangentes a respeito de cada coleção quando considerada em sua totalidade.

O primeiro elemento investigado visava identificar quais materiais são utilizados para a apresentação da informação histórica. Procuramos identificar em nossa análise a existência de imagens (fotos) dos cientistas, a presença de textos (fragmentos) produzidos pelos próprios cientistas, bem como a existência de textos secundários de cunho histórico-filosófico. Optamos por identificar estes três elementos por considerar que a presença ou não destes nos permitirá tecer algumas considerações sobre as obras. O (QUADRO 3) apresenta os resultados obtidos:

Existência de materiais para apresentar a informação histórica			
Livro	Imagens de cientistas	Textos produzidos pelo próprio cientista	Fontes secundárias
LD01	Sim	Não	Não
LD02	Sim	Não	Não
LD03	Sim	Não	Sim
LD04	Sim	Não	Não
LD05	Sim	Não	Não
LD06	Sim	Não	Não
LD07	Sim	Não	Sim
LD08	Sim	Sim	Sim
LD09	Sim	Não	Não
LD10	Sim	Não	Não

QUADRO 3 – MATERIAIS UTILIZADOS PARA APRESENTAR A INFORMAÇÃO HISTÓRICA

Através dos dados acima podemos perceber que apenas uma obra (LD08) traz textos produzidos pelos cientistas, os quais se encontram integrados ao capítulo em que se apresentam. Esta mesma obra, juntamente com outras duas, apresenta também textos secundários. As demais obras procuram apresentar a informação histórica utilizando no máximo imagens relativas aos responsáveis pelo desenvolvimento da Física Quântica, acompanhadas de informações biográficas (datas de nascimento e morte dos cientistas).

Consideramos que, em relação à apresentação da informação histórica, os livros em sua maioria apresentam breves comentários de cunho cronológico em relação à Física Quântica e geralmente os associam às imagens dos cientistas que protagonizaram o seu desenvolvimento. A ausência de textos de apoio (primários e secundários) de Física Quântica, constatada na maior parte das obras, representa um entrave para o professor que se proponha a ensinar estes conteúdos por meio de uma abordagem HFC.

Na sequência, procuramos identificar a existência de atividades de aprendizagem de Física Quântica baseadas numa abordagem HFC. Procuramos assim evidenciar a existência de atividades que contemplassem tanto a História como a Filosofia da Ciência, bem como o tipo de atividade proposta. O (QUADRO 4) reúne as informações obtidas em nossa análise:

Atividades de aprendizagem – abordagem HFC					
Livro	Existência de atividades		Tipo de atividade		
	Sim	Não	Leitura dirigida	Levantamento bibliográfico	Análise de dados históricos
LD01	X		X		
LD02		X			
LD03		X			
LD04		X			
LD05	X			X	
LD06	X				X
LD07		X			
LD08	X		X		
LD09		X			
LD10	X			X	

QUADRO 4 – ATIVIDADES DE APRENDIZAGEM BASEADAS NUMA ABORDAGEM HFC

Podemos perceber, pelo quadro acima, que a metade das obras não apresenta qualquer tipo de atividade que possibilite o aprendizado de Física Quântica por meio de uma abordagem HFC. Em sua maioria, estas obras apresentam apenas atividades na forma de problemas e de questões teóricas (geralmente na modalidade de testes de vestibular).

Em relação às obras que propõem atividades que possibilitem o aprendizado por meio de uma abordagem HFC, percebemos que, com exceção dos livros LD01 e LD08, as demais atividades são solicitadas para serem realizadas sob a forma de pesquisa (levantamento bibliográfico e análise de dados históricos). O livro LD08 se destaca em relação às atividades propostas por integrar alguns textos com questões reflexivas que permitem a construção do conhecimento físico por meio da referida abordagem.

No que se refere ao terceiro ponto analisado – existência de bibliografia complementar sobre História e Filosofia da Ciência – buscamos identificar a presença de referências complementares, tanto para os estudantes como para os professores nos capítulos sobre Física Quântica. Neste último caso, procuramos tais referências no manual do professor de cada obra. Em relação às obras que sugerem leituras complementares nessa perspectiva aos estudantes, constatamos apenas

indicações nos livros LD04, LD05 e LD06. Por sua vez, para o professor, os livros LD02, LD05, LD06 e LD09 sugerem algumas referências complementares.

Em relação ao último ponto de nossa análise, convém recordar que no capítulo anterior apresentamos as principais características da historiografia contemporânea da ciência. Em sua maioria, os livros didáticos procuram enfatizar o contexto de ruptura pelo qual se desenvolveram as bases da FMC. Algumas obras, como é o caso do LD02, chegam a fazer menção à historiografia de Kuhn ao contextualizar o surgimento da Relatividade e da Física Quântica. Entretanto, outras obras apresentam visões distorcidas em relação ao surgimento da Física Quântica, sobretudo quando estas destacam que sua origem se deu unicamente em função do problema da radiação de um corpo negro, dentro de um contexto linear e acumulativo de evolução do conhecimento físico, em que se omite a existência de crises e remodelações pelo qual passou a Física.

Por fim, na última etapa de nossa análise procuramos identificar a presença de lendas e mitos em torno da apresentação do contexto histórico do surgimento da Física Quântica. Para tal, focamos nossa análise na identificação de narrativas que replicam o mito criado em torno do contexto de surgimento da Física Moderna (referente à alocação de Lorde Kelvin, mencionada anteriormente). Consideramos como referencial para esta análise os trabalhos de Medeiros (2007) e de Schulz (2007).

Schulz destaca que “ao contrário do que muitos propagam, Lorde Kelvin na verdade parecia estar bem ciente do impasse da Física Clássica na época e deixou para os seus sucessores uma indicação clara de que rumos deveriam ser seguidos” (SCHULZ, 2007, p.509). Para esse autor (2007) o uso do termo ‘nuvezinha’ é problemático na medida em que cria uma imagem distorcida da mensagem de Lorde Kelvin em relação aos rumos da Física ao final do século XIX. O autor salienta que uma leitura cuidadosa do artigo de Lorde Kelvin permite visualizar que este físico reconheceu claramente as limitações da Física Clássica. Tal fato contrapõe a um pensamento apócrifo, supostamente atribuído a Lorde Kelvin, mencionado por Schulz: “Não existe nada de novo para ser descoberto em Física agora, tudo o que resta são experimentos mais e mais precisos” (SCHULZ, 2007, p.511). O autor (2007) menciona que não há referência a essa passagem nos artigos de Lorde Kelvin e destaca também que tal frase transmite uma ideia de completude em relação à Física daquele período.

Analisando as obras do PNL D 2012, constatamos que quatro coleções apresentam compreensões equivocadas a esse respeito. Os fragmentos extraídos das obras são apresentados abaixo:

LD01: “Em seu discurso na Royal Society, em abril de 1900, William Thomson (lorde Kelvin) teria afirmado que pairavam apenas duas pequeninas nuvens cinzentas sobre o céu cristalino da Física. Uma dessas nuvens dizia respeito à suposta existência do éter, com suas propriedades ‘mágicas’. A segunda nuvem referia-se às discrepâncias entre os dados experimentais e as teorias clássicas, na tentativa de explicar a emissão de radiação pela matéria, fato que ficou conhecido como catástrofe do ultravioleta” (LD01, p.253).

LD06: “Conta a história que um dos grandes físicos do século XIX, Lorde Kelvin, desestimulou novos estudantes a partirem para o estudo da Física afirmando: ‘Não há nada de novo a ser descoberto na Física agora. Tudo o que resta são medidas mais e mais precisas’” (LD06, p.344).

LD07: “Era tal a confiança nos resultados obtidos que William Thomson (conhecido como Lorde Kelvin) chegou a afirmar que não havia mais nada a ser descoberto, restando aos físicos apenas a tarefa de aumentar a precisão nas medidas observadas” (LD07, p.232).

LD09: “A confiança nesses modelos era tão grande que um dos físicos mais respeitados desse período, *sir* William Thomson (1824-1907), conhecido como lorde Kelvin, afirmou que a Física Clássica tinha apenas ‘duas pequenas nuvens’ a serem removidas do límpido céu por ela construído: o resultado inesperado do experimento de Michelson-Morley e o problema da radiação de um corpo negro” (LD09, p.333).

Os equívocos estão relacionados à falsa impressão de completude do quadro teórico da Física, sustentada pela frase apócrifa atribuída a Lorde Kelvin e citada por Schulz (2007) e pela compreensão errônea do significado do termo ‘nuvem’ na obra original desse físico. É importante destacar que, em nenhuma das obras didáticas mencionadas, consta nas referências bibliográficas menção ao artigo original de Kelvin (de 1901). Em relação à propagação deste mito nos livros didáticos, Medeiros (2007) é taxativo quando argumenta que:

Falar, portanto, na existência de um consenso entre os físicos no final do século XIX é bem mais que uma heresia, é uma autêntica piada. Falar em um certo clima de fim de festa na Física do final do século XIX, falar que os problemas da Física pareciam já estar todos resolvidos com apenas duas pequenas exceções, é algo historicamente absurdo que apenas contribui para uma não-compreensão do aparecimento da Física Moderna (MEDEIROS, 2007, p.281).

Nossa análise da apresentação dos conteúdos de Física Quântica nos livros do PNL D 2012 poderia se prolongar em outros aspectos, porém não é este o objeto principal de nossa pesquisa. Através dos dados analisados percebemos que, em

sua maioria, os livros didáticos de Física do PNLD 2012 não agregam as potencialidades que uma abordagem HFC oferece ao ensino de Física Quântica, prestando, em alguns casos, um desserviço ao ensino na medida em que propagam lendas e mitos como se fossem fatos históricos. Insistimos neste último ponto, pois certamente uma concepção de ciência equivocada pode ser repassada, considerando a importância dada aos livros didáticos em sala de aula. Segundo Medeiros (2007) a abordagem HFC pode desmistificar os mitos em torno do surgimento da Física Moderna.

A abordagem de Física Quântica no Ensino Médio constitui um desafio atualmente. Cabe ao professor estabelecer quais conteúdos e como os mesmos podem ser trabalhados, a partir de sua realidade. Neste sentido ressaltamos os pontos abordados por Terrazzan (1992) na formatação de um currículo que se proponha a contemplar tais tópicos. Concordamos também com Terrazzan (1994) no papel atribuído à História da Ciência como estratégia fundamental para abordagem de conteúdos relacionados à FMC, de modo que a sua inserção cumpra com o papel defendido: a de trazer uma física atualizada, que permita ao estudante um mínimo de entendimento em relação ao mundo que o cerca e, ao mesmo tempo, que se manifeste como uma construção humana inacabada.

Dentre os livros analisados, podemos dizer que alguns contribuem ao ensino de FMC, ao apresentar tópicos de Física Quântica (mesmo que ainda careçam de atividades e de textos) de forma a evidenciar que a Física é uma ciência em construção, marcada por rupturas de paradigmas, de períodos de crise. Entretanto o que nos preocupa em algumas obras do PNLD 2012 é que, ao se optar por apresentar apenas tópicos pontuais de Física Quântica, os livros incorrem no risco de propagar informações pouco precisas, bem como a visão distorcida da Física enquanto uma ciência em que, naturalmente e com o passar do tempo, o conhecimento é deduzido sem muitos esforços. Resumir a informação histórica a meras datas (geralmente relacionadas ao nascimento, descobertas e morte de cientistas) em nada contribui para suscitar o debate em torno dos aspectos filosóficos relacionados à natureza da Física, enquanto ciência.

A inserção de tópicos de Física Quântica deve levar em consideração os pressupostos históricos e sociais e não apenas a matemática envolvida na resolução de problemas. Terrazzan (1994, p.178) argumenta a respeito que “deve-se insistir menos nos aspectos matemáticos e mais em seus pressupostos históricos e sociais,

nas tentativas de interpretação e de solução à luz das teorias vigentes em cada época e nos impasses colocados pelas limitações das mesmas”. Acrescentar novos tópicos ao currículo escolar, baseado numa metodologia descomprometida de uma reflexão histórico-social do conhecimento científico não implica na melhoria da qualidade do ensino de Ciências.

A partir das considerações feitas ao longo destes dois capítulos apresentaremos uma proposta didática na qual seja possível abordar alguns conteúdos de Física Quântica por meio de uma abordagem HFC. No próximo capítulo explicitaremos o processo que culminou na elaboração e desenvolvimento desta proposta didática.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo pretendemos esboçar a metodologia adotada para a constituição dos dados desta pesquisa, os quais nos permitirão, posteriormente, analisar as possíveis contribuições da abordagem HFC no ensino de Física Quântica para a Educação Básica. Num primeiro momento explicitaremos a nossa opção metodológica por meio de sua fundamentação teórica. Na sequência, apresentaremos o nosso plano de trabalho cristalizado na forma de uma proposta didática. Em seguida faremos a apresentação do contexto de desenvolvimento da pesquisa, isto é, da realidade em que as atividades foram desenvolvidas. Por fim, explicitaremos de que modo constituímos e analisamos os dados.

3.1 CONSIDERAÇÕES TEÓRICAS EM TORNO DA METODOLOGIA ADOTADA

Nos capítulos anteriores fizemos a incursão teórica necessária para este trabalho. Inicialmente abordamos o ensino de Ciências, no qual enfatizamos o papel da abordagem HFC enquanto encaminhamento didático-metodológico e suas potencialidades para este ensino. Na sequência, discutimos o ensino de Física focando nossa análise especificamente em torno de conteúdos relacionados à Física Quântica (esta por sua vez considerada como parte integrante do rol de conteúdos de FMC).

Deste ponto em diante, pretendemos explicitar a nossa opção metodológica para constituir os dados de nossa pesquisa e, assim, poder responder à questão central deste trabalho: *quais as contribuições da abordagem HFC para o ensino de Física Quântica na Educação Básica?* Em linhas gerais, podemos considerar que a resposta desta questão dependeu de alguns fatores. A partir da definição do espaço escolar para o desenvolvimento de nosso trabalho, elaboramos uma proposta didática que contemplasse conteúdos relacionados à Física Quântica. Por fim, desenvolvemos as atividades previstas na proposta didática junto a uma turma de estudantes da série final do Ensino Médio.

De modo a constituir elementos para uma análise que permita responder ao nosso problema de pesquisa, buscamos estruturar nosso projeto de investigação na

forma de uma *pesquisa qualitativa*. Em relação à definição do que vem a ser uma pesquisa qualitativa, Triviños (1987) aponta duas dificuldades. A primeira diz respeito à abrangência do conceito e aos limites de seu campo de investigação, ao passo que a segunda dificuldade surge a partir do momento em que se busca uma concepção precisa da ideia de pesquisa qualitativa emergindo, portanto, dos suportes teóricos que a sustentam. Em relação ao surgimento da pesquisa qualitativa, Triviños observa que:

Todos os autores, ao que parece, compartilham o ponto de vista de que a pesquisa qualitativa tem suas raízes nas práticas desenvolvidas pelos antropólogos, primeiro e, em seguida, pelos sociólogos em seus estudos sobre a vida em comunidades. Só posteriormente irrompeu na investigação educacional (TRIVIÑOS, 1987, p.120).

Apesar da dificuldade inerente à sua definição, é possível esboçar uma caracterização em torno do que vem a ser a pesquisa qualitativa. Bogdan e Biklen (1982, *apud* LÜDKE; ANDRÉ, 1986) apresentam cinco características básicas que configuram a pesquisa qualitativa. As características são apresentadas a seguir:

- 1) *A pesquisa qualitativa tem o ambiente natural como sua fonte direta de dados e o pesquisador como seu principal instrumento.* Segundo os autores, a pesquisa supõe o contato direto e prolongado com o ambiente investigado, sem a intervenção intencional do pesquisador.
- 2) *Os dados coletados são predominantemente descritivos.* Nessa pesquisa, todos os dados obtidos do ambiente são considerados importantes. Os autores destacam a riqueza de material obtido nessa pesquisa, os quais são puramente descritivos (descrição de pessoas, situações, etc.).
- 3) *A preocupação com o processo é muito maior do que com o produto.* Neste tipo de pesquisa, observa-se que a questão a ser investigada manifesta-se nas atividades realizadas ao longo da investigação. Em outras palavras, o processo fornecerá subsídios fundamentais e, quando agregado ao produto final, fornecerá um conjunto amplo de dados para análise.
- 4) *O 'significado' que as pessoas dão às coisas e à sua vida são focos de atenção especial pelo pesquisador.* Os autores destacam, nesse ponto, que na pesquisa qualitativa há de se ter o cuidado em trabalhar com os pontos de vista dos participantes.

- 5) *A análise dos dados tende a seguir um processo indutivo.* Para os autores, na pesquisa qualitativa o pesquisador não se preocupa em buscar evidências para comprovação de hipóteses, definidas anteriormente ao início dos estudos. A inspeção dos dados se dá num processo de baixo para cima.

Lüdke e André (1986) apontam que essa modalidade de pesquisa, conhecida também por naturalística, envolve a captação de dados descritivos, os quais são obtidos através do contato direto do pesquisador com a situação estudada. De acordo com estas autoras, a pesquisa qualitativa enfatiza mais o processo do que o produto final e também se preocupa em retratar as perspectivas dos participantes. A ideia de contexto é representativa na pesquisa qualitativa na medida em que exerce influência sobre seus atores. Conforme aponta Triviños (1987, p.122) “se estes são retirados de seu meio habitual é muito difícil chegar a conclusões verdadeiras sobre o seu comportamento”.

Um ponto a ser considerado em nossa análise consiste na suposta dicotomização entre quantitativo e qualitativo. Em relação à educação, Triviños (1987) aponta que apesar de sua realidade qualitativa (as relações estabelecidas entre os sujeitos, as metodologias adotadas, etc.), muitas discussões são realizadas em torno de medições, isto é, de dados quantitativos (percentuais de aprovações, de desistências, etc.). Para esse autor, toda pesquisa pode ser ao mesmo tempo qualitativa e quantitativa. Pesquisas baseadas apenas em dados estatísticos não permitem interpretações mais amplas, o que não exclui, por sua vez, o recurso a este tipo de dados. Tais dados são úteis quando aliados a uma análise qualitativa. Para Triviños, portanto, a suposta dicotomia comentada no espaço da pesquisa qualitativa e apoiada em seus referenciais teóricos (marxismo, fenomenologia e estrutural-funcionalismo) não existe.

Nesse sentido, a caracterização de qualquer enfoque qualitativo será dada pelo referencial teórico no qual o pesquisador se apoiar. De acordo com Triviños:

A pesquisa qualitativa, de fundamentação teórica, fenomenológica, pode usar recursos aleatórios para fixar a amostra. Isto é, procura uma espécie de representatividade do grupo maior dos sujeitos que participarão no estudo. Porém, não é, em geral, preocupação dela a quantificação da amostragem. E, ao invés da aleatoriedade, decide intencionalmente, considerando uma série de condições (sujeitos que sejam essenciais, segundo o ponto de vista do investigador, para o esclarecimento do assunto em foco; facilidade para se encontrar com as pessoas; tempo dos indivíduos para as entrevistas etc.), o tamanho da amostra. A pesquisa de origem materialista dialética, que desconhece a dicotomia qualitativa-quantitativa, pode apoiar-se na estatística para determinar a representatividade da amostragem (TRIVIÑOS, 1987, p.132).

O *estudo de caso* se destaca entre as distintas formas que pode assumir uma pesquisa qualitativa. Triviños (1987, p. 133) define o estudo de caso como “uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma unidade que se analisa aprofundadamente”. Esta definição, segundo o autor (1987), determina as características dessa modalidade de pesquisa, dadas em função de duas circunstâncias: a natureza e abrangência da unidade a ser investigada; os suportes teóricos que servem de orientação ao trabalho do investigador.

Por sua vez, Lüdke e André (1986) destacam que o estudo de caso consiste em uma forma de pesquisa qualitativa³⁴ em que ocorre o *estudo de um caso*, o qual é bem delimitado e deve manter seus contornos nítidos ao longo do estudo. Esta modalidade de pesquisa apresenta um potencial para a Educação, na medida em que “se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada” (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.18). De acordo com estas autoras (1986), um estudo de caso é caracterizado por:

- 1) Visar à descoberta;
- 2) Enfatizar a “interpretação em contexto”;
- 3) Buscar retratar a realidade de forma complexa e profunda;
- 4) Utilizar uma variedade de fontes de informação;
- 5) Revelar experiência vicária e permitir generalizações naturalísticas;
- 6) Procurar representar os diferentes e às vezes conflitantes pontos de vista presentes numa situação social;
- 7) Seus relatos utilizarem uma linguagem e uma forma mais acessível do que os outros relatórios de pesquisa.

O estudo de caso se diferencia das outras modalidades de pesquisa na medida em que o objeto de seu estudo é único (instância singular). Lüdke e André (1986, p.21) apontam que “desse modo, a questão sobre o caso ser ou não ‘típico’, isto é, empiricamente representativo de uma população determinada, torna-se inadequada, já que cada caso é tratado como tendo um valor intrínseco”.

Conforme apontam Nisbet e Watt (1982, *apud* LÜDKE; ANDRÉ, 1986), o desenvolvimento de um estudo de caso se dá em três fases: a primeira, de cunho

³⁴Lüdke e André (1986) mencionam que para muitos autores todo estudo de caso é qualitativo. Entretanto ponderam as autoras que nem todos os estudos de caso (sobretudo os desenvolvidos em Educação) são qualitativos.

exploratório; a segunda, sistemática na medida em que sua preocupação está centrada na coleta de dados; a terceira, por sua vez, caracterizada pela análise e interpretação dos dados e elaboração do relatório. Tais fases se superpõem em momentos distintos, sendo difícil delinear-las separadamente.

Em relação aos instrumentos para a constituição de dados no estudo de caso, Triviños (1987) cita o questionário aberto, a observação livre, a entrevista semiestruturada, os diários íntimos, entre outros com potencial para permitir ao pesquisador atingir os objetivos a que se propôs no início de seu trabalho. Este autor não descarta, inclusive, o uso de instrumentos empregados em pesquisas quantitativas de modo a contribuir na pesquisa qualitativa, tais como os questionários fechados e a entrevista estruturada. De acordo com Triviños:

Não poderíamos afirmar categoricamente que os instrumentos que se usam para realizar a Coleta de Dados são diferentes na pesquisa qualitativa daqueles que são empregados na investigação quantitativa. Verdadeiramente, os questionários, entrevistas etc. são meios 'neutros' que adquirem vida definida quando o pesquisador os ilumina com determinada teoria. Se aceitamos este ponto de vista, da 'neutralidade' natural dos instrumentos de Coleta de Dados, é possível concluir que todos os meios que se usam na investigação quantitativa podem ser empregados também no enfoque qualitativo (TRIVIÑOS, 1987, p.137).

Neste sentido consideramos pertinentes as observações de Triviños em relação aos instrumentos para a constituição de dados. Diante do exposto, nossa pesquisa pode ser considerada um estudo de caso, através do qual queremos analisar se, de fato, ensinar conteúdos de Física por meio de uma abordagem HFC contribui para um melhor aproveitamento da disciplina. Para tal, o recorte a ser feito será em torno de conteúdos de Física Quântica e o contexto a ser analisado será uma turma de último ano do Ensino Médio, em fase de conclusão de curso. Na próxima seção apresentaremos a proposta didática elaborada para este fim.

3.2 A PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE FÍSICA QUÂNTICA

Conforme já dissemos, nosso objetivo nesta pesquisa consiste em identificar quais são as possíveis contribuições da abordagem HFC para o ensino de Física Quântica na Educação Básica. Para tal, a partir do referencial teórico apresentado

nos capítulos anteriores buscamos estruturar uma proposta didática sobre conteúdos de Física Quântica a ser trabalhada junto a estudantes³⁵ que estivessem cursando a última série do Ensino Médio sobre alguns tópicos de Física Quântica. Tendo em vista a amplitude do tema, bem como as características do currículo da escola onde essa proposta seria desenvolvida destinamos ao tema um total de 12 aulas³⁶, as quais foram ministradas nos últimos dois meses de 2011.

A proposta final, intitulada *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria*, teve por objetivo apresentar os conceitos fundamentais da teoria quântica através da evolução dos modelos atômicos. Ao contrário da maior parte das propostas de trabalho, presentes nos livros do PNLD 2012, nos propusemos a trabalhar com os conteúdos elencados na proposta didática por meio de uma abordagem HFC, em substituição à abordagem puramente cronológica de apresentação dos conceitos científicos. Para cada aula propomos o trabalho em torno de uma temática, tendo em vista o eixo condutor que é a compreensão da estrutura da matéria. O (QUADRO 5) sintetiza a nossa proposta didática:

Proposta Didática <i>Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria</i>		
Aula	Instrumentos didáticos	Objetivos de aprendizagem (espera-se que o estudante seja capaz de)
1	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quatro caixas com objetos desconhecidos; ✓ Quadro de giz; ✓ Roteiro do estudante. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender o conceito de modelo científico; ✓ Caracterizar as principais etapas presentes no processo de construção dos modelos científicos; ✓ Compreender a existência de limitações nos modelos científicos.
2	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto "<i>Do atomismo à teoria de Dalton</i>"; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender as principais explicações referentes à estrutura da matéria desde a Antiguidade até Dalton;
3	<ul style="list-style-type: none"> ✓ TV Multimídia; ✓ Trecho (vídeo) do documentário "<i>Proeza de Gigantes</i>" (BBC); ✓ Texto "<i>As hipóteses de Thomson para a estrutura da matéria</i>"; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterizar o modelo atômico de Thomson; ✓ Compreender o processo que resultou na formulação deste modelo; ✓ Estabelecer as relações entre o modelo de Thomson e o Eletromagnetismo Clássico; ✓ Compreender as implicações deste modelo para a compreensão do significado de átomo; ✓ Superar as analogias equivocadas feitas a esse modelo.

³⁵ É importante salientar que a proposta didática para a inserção de Física Quântica foi elaborada para ser utilizada em turmas da última série do Ensino Médio ou, em caso de cursos técnicos integrados (em nível médio) na última série em que a disciplina escolar Física é ofertada.

³⁶ O número de aulas alocadas na proposta didática se deu em função da carga horária anual da disciplina de Física. Na escola em que as atividades foram desenvolvidas esta carga horária é de 80 horas.

Aula		Instrumentos didáticos	Objetivos de aprendizagem (espera-se que o estudante seja capaz de)
4	O átomo divisível: o modelo de Rutherford	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro de giz; ✓ Texto “<i>As hipóteses de Rutherford</i>”; ✓ TV Multimídia. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender o processo de construção do modelo atômico de Rutherford; ✓ Evidenciar as relações desse modelo com a Física Clássica.
5	Continuidade e descontinuidade: o conceito de <i>quantum</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>Continuidade-descontinuidade</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Distinguir grandezas contínuas e descontínuas; ✓ Compreender o conceito de <i>quantum</i>.
6	Fundamentos da teoria quântica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ TV Multimídia; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender a natureza dual da luz a partir do efeito fotoelétrico; ✓ Interpretar fisicamente a lei de Planck.
7	O salto quântico: introdução ao modelo atômico de Bohr	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>Introdução – Sobre a constituição de átomos e moléculas</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comparar os modelos atômicos de Thomson e Rutherford, evidenciando as limitações de cada um; ✓ Evidenciar as dificuldades da Física Clássica em sustentar um modelo científico para a descrição do átomo; ✓ Identificar, através do texto, a proposta feita por Bohr para a solução do problema da estabilidade do átomo.
8	O modelo atômico de Bohr: características gerais	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>A reconquista da estabilidade do átomo</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender as características do modelo atômico de Bohr; ✓ Compreender o papel dos postulados na construção deste modelo; ✓ Evidenciar a ideia de <i>ruptura</i> em relação à Física Clássica na compreensão da estrutura da matéria.
9	O modelo atômico de Bohr e suas limitações	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro de giz; ✓ TV Multimídia. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analisar as propriedades básicas do átomo de hidrogênio a partir do modelo atômico de Bohr; ✓ Compreender, a partir de dados espectroscópicos, que o modelo atômico de Bohr se aplica apenas a átomos monoelétrônicos.
10	Introdução aos fundamentos da Mecânica Quântica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ TV Multimídia; ✓ Documentário “<i>Tudo sobre Incerteza</i>” (<i>Discovery Channel</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar os fundamentos da Mecânica Quântica a partir da exibição do documentário; ✓ Evidenciar aspectos inerentes ao trabalho científico na construção de teorias.
11	A descrição da estrutura da matéria a partir da Mecânica Quântica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>A história da teoria quântica</i>”; ✓ Quadro de giz; ✓ TV Multimídia; ✓ Imagens de ilusão de ótica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Distinguir as concepções clássica e quântica no que se refere à descrição da estrutura da matéria; ✓ Evidenciar as limitações impostas pela Natureza à Física a partir da Mecânica Quântica.
12	Física e realidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>Física e realidade</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resgatar as etapas fundamentais na Física referentes à compreensão da estrutura da matéria; ✓ Apontar os impactos gerados a partir da teoria quântica à Física em sua pretensão de explicar o real.

QUADRO 5 – PROPOSTA DIDÁTICA QUE CONTEMPLA A ABORDAGEM HFC

Como eixo condutor para a elaboração da proposta didática, tomamos como referência a divisão proposta por Bachelard. Conforme mencionado anteriormente, em sua interpretação Bachelard (1996) propôs três grandes períodos para a sua

histografia da ciência: o estado pré-científico, o estado científico e o novo espírito científico.

Segundo Bachelard, a superação dos obstáculos epistemológicos permitiu com que o espírito saísse do estado pré-científico e atingisse o estado científico. No que se referem à compreensão da estrutura da matéria, as primeiras teorias (cunhadas por volta do século VI a.C.) eram filosóficas, embora fossem marcadas pelo misticismo. Os primeiros filósofos atribuíram à origem do mundo natural substâncias simples, tais como a água e o ar. Coube a Leucipo e Demócrito (século V a.C.) conceber a ideia de uma porção de matéria maciça e indivisível (átomo), como ponto de partida para a constituição do mundo natural.

Após 23 séculos, as bases científicas da teoria atômica foram lançadas pelo químico John Dalton (1766-1844). Os átomos passam a ter sua existência fundamentada cientificamente, porém sua estrutura logo começou a se revelar mais complexa do que se esperava inicialmente. O modelo indivisível cedeu lugar para uma estrutura divisível proposta por Thomson e aperfeiçoada posteriormente por Rutherford. A partir das propostas destes cientistas, percebemos a superação da experiência primeira (da percepção ingênua) e a formulação de explicações que valorizassem as estruturas geométricas presentes, ficando evidente a transição do estado pré-científico para o estado científico. Entretanto os avanços nessa área não pararam por aí. Novas indagações motivaram a transição para uma nova era: o novo espírito científico.

No que se refere à compreensão da estrutura da matéria, o novo espírito científico é evidenciado, sobretudo, através da Mecânica Quântica, sobretudo através dos trabalhos de físicos tais como Bohr, De Broglie, Heisenberg e Schrödinger. A explicação oferecida pela Física Clássica conflitava com os resultados experimentais obtidos por Rutherford sendo, portanto, necessário repensar os fundamentos da teoria atômica. Coube a Bohr corrigir as limitações do modelo de Rutherford e abrir o caminho que culminaria com a Mecânica Quântica. A melhor representação do átomo deixou de ter uma estrutura geométrica e passa a ser dada pela solução da equação de Schrödinger através das funções de onda e pela mecânica matricial proposta por Heisenberg. O conhecimento científico sobre a estrutura da matéria se tornou altamente abstrato e desvinculado da percepção sensível.

O novo espírito científico não é caracterizado pelo acúmulo de conhecimentos. A passagem do estado científico ao novo espírito não se deu por meio de uma evolução linear. Pelo contrário, é necessária uma refundição das bases, e isso só se dará mediante uma intuição transcendental. Em relação a isso Bachelard (1974, p. 269) argumenta que “não se vai do primeiro ao segundo acumulando conhecimentos, redobrando de cuidado nas medidas, retificando ligeiramente os princípios. Pelo contrário, é necessário um esforço de novidade total”. E isso só se dará mediante elevada maturidade do espírito científico.

A seleção dos conteúdos de Física Moderna presentes na proposta didática levou em consideração as recomendações apresentadas nos trabalhos de Terrazzan (1992, 1994), Medeiros (2007) e Solbes e Sinarcas (2009). Optamos por introduzir os conceitos da Física Quântica a partir da exploração dos limites da Física Clássica em compreender a estrutura da matéria e procuramos selecionar os tópicos apropriados ao trabalho com alunos do Ensino Médio. Seguimos a orientação de Solbes e Sinarcas (2009) ao introduzirmos a teoria quântica, tomando como ponto de partida o efeito fotoelétrico e a discussão sobre a natureza dual da luz e não considerando o problema da radiação de um corpo negro, como propõe a maioria dos livros didáticos do PNLD 2012.

Como proposta para uma abordagem HFC dos temas, buscamos selecionar materiais apropriados ao público-alvo que minimizassem ao máximo a distorção da informação histórica. Em nossa proposta, procuramos trabalhar os temas trazendo elementos de informação histórica por meio de textos (primários e secundários) e por meio de recursos audiovisuais (imagens e vídeos). Os textos clássicos selecionados foram escritos por cientistas envolvidos, em parte, no contexto de surgimento e amadurecimento da Física Quântica. Selecionamos textos de Albert Einstein (1879-1955), Niels Bohr (1885-1962) e Werner Heisenberg (1901-1976) para serem trabalhados com os estudantes. Por sua vez, apontamos textos de Einstein e de Ernest Rutherford (1871-1937) como subsídios ao professor na preparação das aulas. Procuramos trabalhar também com algumas fontes secundárias, nas quais se buscou selecionar material apropriado ao público-alvo.

A nossa proposta para o ensino de Física Quântica, baseada em uma abordagem HFC, procurou enfatizar que o recurso à informação histórica deve priorizar, em primeiro lugar, a história das ideias e não apenas a história dos cientistas. Procuramos também incorporar nos planos de aula elementos que

possibilitem uma análise filosófica contínua em torno dos métodos da ciência física. Evidenciamos na proposta didática a necessidade de se promover a discussão dos conteúdos por meio de uma abordagem pautada, sobretudo, nas teses em comum dos principais representantes da epistemologia contemporânea. Neste sentido, nos baseamos em El-Hani, quando este autor coloca que:

A ênfase sobre as controvérsias epistemológicas pode ocultar o fato de que há também um grau relativamente alto de concordância sobre alguns aspectos de uma visão adequada sobre a natureza da ciência. Isso não significa dizer que exista uma visão sobre a natureza da ciência única ou mesmo um consenso a respeito de uma imagem 'correta' da atividade científica. Não se trata, tampouco, de que queiramos negar a natureza multifacetada, complexa e dinâmica do trabalho científico e das análises filosóficas da empreitada científica. Trata-se somente de assumir que é possível derivar alguns pontos de concordância entre teorias sobre as ciências que discordam em muitos outros pontos, de modo que possamos ter uma noção mais clara sobre o que constituiria uma visão aceitável da prática científica e, assim, sobre quais objetivos devemos assumir ao ensinar professores e estudantes sobre a natureza da ciência (EL-HANI, 2006, p.6).

Ao optarmos em desenvolver o nosso trabalho a partir das teses em comum em relação à natureza da ciência e ao trabalho científico, objetivamos evitar a transmissão de visões tendenciosas aos estudantes. A respeito de um possível conjunto de teses, El-Hani (2006) menciona os trabalhos de McComas *et al.* (1998) e Gil-Pérez *et al.* (2001). No primeiro trabalho são apresentadas sínteses de ideias largamente aceitas sobre a natureza da ciência as quais tomamos por referência no desenvolvimento da proposta didática. Discorremos sobre estas ideias na apresentação da proposta didática, disponível no (APÊNDICE 1). Por sua vez, o segundo trabalho será tomado como subsídio para a análise e discussão dos dados constituídos e dele nos reportaremos ao final deste capítulo.

Em relação ao desenvolvimento da proposta didática, o mesmo ocorreu ao longo de 12 aulas, ministradas no período de 09/11/2011 a 01/12/2011. Na primeira aula propusemos um trabalho em torno dos modelos científicos. Esta aula tinha por objetivo caracterizar algumas etapas presentes no processo de construção dos modelos científicos, bem como evidenciar a existência de limitações.

A proposta para a segunda aula era fazer um retrospecto em torno da evolução da compreensão da estrutura da matéria. Para tal, selecionamos o texto *Do atomismo à teoria de Dalton* de Gil da Costa Marques (ANEXO 1). Este texto, de cunho histórico, traz as principais contribuições em relação à evolução da compreensão da estrutura da matéria, desde os primeiros filósofos de Mileto, por

volta do séc. VII a.C., até o atomismo científico de John Dalton (1766-1844), no início do século XIX. Propusemos que nesta aula seria feita a apresentação das principais concepções filosóficas sobre a estrutura da matéria e como surgiu o atomismo científico posteriormente. O foco desta aula era discutir, portanto, o caminho trilhado que culminou na teoria atômica de Dalton.

Na terceira aula pretendíamos analisar o surgimento do modelo atômico de Thomson a partir da descoberta do elétron, enfatizando que, a partir deste modelo o átomo passou a ser modelado como uma estrutura divisível. Buscamos explorar as implicações do modelo de Thomson a partir das previsões do Eletromagnetismo Clássico, discutindo sua validade no contexto em que foi apresentado (início do século XX). Como subsídio a este trabalho selecionamos o texto *As hipóteses de Thomson para a estrutura da matéria*, de Francisco Caruso e Vitor Oguri (ANEXO 2). De cunho histórico, este texto explora em linguagem acessível as principais características do modelo de Thomson, bem como desmistifica as analogias incorretas feitas a esse modelo. As questões propostas a partir deste texto foram encaminhadas como atividade extraclasse.

Na quarta aula, a partir dos avanços da Radioatividade, nos propusemos a mostrar como os resultados dos experimentos de Hans Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970) levaram Rutherford a propor um novo modelo para a descrição do átomo. A partir da descrição do modelo de Rutherford, buscamos evidenciar que o mesmo não está de acordo com o Eletromagnetismo Clássico, para o qual o elétron em seu movimento orbital está submetido a uma aceleração centrípeta e, por conta disso, emitirá energia na forma de radiação eletromagnética, ocasionando o seu colapso com o núcleo, fato este que não ocorre na Natureza, garantindo assim a estabilidade da matéria. Como subsídio a este trabalho propomos o texto *As hipóteses de Rutherford*, de Francisco Caruso e Vitor Oguri (ANEXO 3). De cunho histórico, este texto explora, em linguagem acessível, as principais características do modelo de Rutherford, bem como apresenta algumas considerações em torno desse modelo. As questões propostas em torno desse texto foram encaminhadas como atividade extraclasse.

Na quinta aula, introduzimos os fundamentos da teoria quântica. A proposta para esta aula consistiu em trabalhar com a distinção entre grandezas contínuas e descontínuas para, na sequência, evidenciar que o *quantum* é uma grandeza descontínua. Nossa proposta envolveu a leitura do capítulo *Continuidade-*

Descontinuidade do livro *A evolução da Física*, de Einstein e Infeld (ANEXO 4). Propusemos que a primeira parte desta aula fosse destinada à sua leitura e resolução das questões propostas. Na segunda parte desta aula discutimos as ideias centrais do texto.

Na sexta aula discutimos a explicação de Einstein ao efeito fotoelétrico, evidenciando a natureza dual da luz, em contrapartida ao Eletromagnetismo Clássico que previa apenas o seu comportamento ondulatório. Mostramos que Einstein se baseou nas ideias de Max Planck (1858-1947) para explicar o fenômeno do efeito fotoelétrico, o qual não encontrava uma explicação convincente na Física Clássica. Nesta aula não propusemos o trabalho com textos, mas a formalização do conceito de *quantum* por meio da compreensão do efeito fotoelétrico.

Reservamos em nosso planejamento três aulas para trabalhar com o modelo atômico de Bohr por entendermos que o mesmo representa um marco na passagem da Física Clássica à Física Quântica. Para a sétima aula, propusemos um primeiro contato com as ideias de Bohr a partir da leitura da introdução de seu artigo de 1913 (ANEXO 5), sobretudo por este texto trazer o indicativo de possuir propostas para correção do modelo atômico de Rutherford. Realizamos nesta aula um trabalho orientado com um texto clássico, de modo a abrir caminho para a formalização de seu modelo atômico.

Na oitava aula formalizamos as ideias de Bohr, por meio da discussão das principais propriedades físicas de seu modelo. Nesta aula também evidenciamos alguns aspectos filosóficos da atividade científica, dentre os quais o recurso ao uso de postulados. Como subsídio ao trabalho nesta aula, selecionamos o texto *A reconquista da Estabilidade do átomo*, de Aurino Ribeiro Filho (ANEXO 6). Este texto apresenta as principais características do modelo proposto por Bohr, bem como informações de cunho histórico. Sugerimos que os estudantes respondessem às questões propostas em casa.

Por fim, na nona aula avançamos na discussão do modelo atômico de Bohr. Julgamos fundamental analisar algumas propriedades do átomo de hidrogênio a partir dos resultados obtidos na aula anterior. Consideramos pertinente também apontar as principais limitações do modelo de Bohr (o fato de explicar corretamente apenas o comportamento dos átomos monoelétrônicos, por exemplo). Para isso, partimos de resultados da espectroscopia para conduzir esta discussão.

A proposta para a décima aula foi introduzir os alunos no universo da Mecânica Quântica. Para tal optamos por trabalhar com um recurso audiovisual de modo a apresentar a informação histórica de forma dinamizada, ao mesmo tempo em que são apresentados alguns aspectos dos conceitos físicos envolvidos, dentre os quais a noção de incerteza, probabilidade e dualidade. Optamos nesta aula, portanto, pela exibição do documentário *Tudo sobre Incerteza (Discovery Channel)*, de 50 minutos de duração.

A décima primeira aula, por sua vez, esteve reservada para o aprofundamento dos conceitos abordados no documentário da aula anterior. Formalizamos em sala alguns aspectos relacionados à Mecânica Quântica (incerteza, dualidade, etc.) e como esta impactou a compreensão da estrutura da matéria. Para esta aula, selecionamos algumas imagens de ilusão de ótica (ANEXO 8) como analogia para explorar os aspectos relacionados às limitações da ciência na compreensão da estrutura da matéria. Como subsídio a este trabalho propusemos o texto clássico *A história da teoria quântica* de Werner Heisenberg (excerto de seu livro *Física e Filosofia*), como atividade extraclasse (ANEXO 7).

Por fim, na décima segunda aula, trabalhamos com um texto clássico de Einstein e Infeld (ANEXO 9), *Física e Realidade* – capítulo do livro *A evolução da Física* - de modo a evidenciar as principais limitações impostas à Física por meio da Mecânica Quântica, na pretensão de descrever e representar a realidade. Buscou-se enfatizar com essa aula que o mundo natural que a Física se refere é parte integrante do real e que este impõe limitações ao ato de conhecer, sobretudo quando se refere à escala microscópica.

Em sua íntegra, a proposta didática proposta encontra-se disponível no (APÊNDICE 1). Nela descrevemos os objetivos, as metodologias e as atividades propostas para cada aula, bem como as indicações bibliográficas necessárias. Na sequência passaremos a considerar o contexto de intervenção de nossa pesquisa.

3.3 A DESCRIÇÃO DO CONTEXTO DE INVESTIGAÇÃO: A REALIDADE ESCOLAR

Pelo fato de nossa pesquisa se tratar de um estudo de caso, buscamos investigar as possíveis contribuições da abordagem HFC para o ensino de Física Quântica, desenvolvendo a proposta didática - *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria* - em uma turma escolar da rede estadual de ensino. Neste sentido o recorte, isto é, a escolha da turma se baseou a partir de nossa atividade docente ao longo do ano letivo de 2011. Nesse ano lecionamos a disciplina de Física apenas para uma turma de última série (a proposta didática, conforme vimos, deve ser desenvolvida com turmas da última série do Ensino Médio). A turma escolhida para o desenvolvimento da pesquisa, portanto, foi uma turma de quarto ano do curso integrado de Formação de Docentes³⁷ da Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental, em nível médio, na modalidade Normal.

O contexto de desenvolvimento da proposta didática foi um colégio localizado na região metropolitana de Curitiba. Atendendo a um público de cerca de 2000 estudantes, este colégio oferta cursos em nível médio (formação geral e técnica). Dentre os cursos ofertados, encontra-se o de Formação de Docentes, ofertado no período da tarde e com duração de 4 anos. Este curso técnico integrado de nível médio é ofertado no colégio em questão desde 2007 e tem por finalidade a formação de professores para a Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental. A partir de 2009³⁸ a cada ano o colégio abre uma nova turma para os interessados que concluíram o Ensino Fundamental.

A matriz curricular do curso de Formação de Docentes é unificada, isto é, todos os colégios da rede estadual de ensino do Paraná que oferecem esta modalidade de ensino seguem a mesma matriz. Ao contrário da matriz curricular do Ensino Médio, em que os colégios possuem³⁹ certa autonomia na sua elaboração, a formatação da matriz curricular dos cursos técnicos não ocorre no âmbito escolar, mas por meio da Secretaria de Estado da Educação, a qual apresenta a matriz a ser seguida por

³⁷ Deste ponto em diante iremos nos referir a este curso como *Formação de Docentes*.

³⁸ Nos anos de 2007 e 2008 o colégio abriu 2 turmas por ano para atender a demanda local. Estas turmas que iniciaram a primeira série do curso, com média de 40 estudantes cada, foram unificadas quando se iniciou a quarta série do curso devido à alta taxa de evasão registrada ao longo dos anos anteriores.

³⁹ Estamos considerando a realidade configurada durante o ano letivo de 2011.

todas as escolas que venham a ofertar esse nível de formação. Apresentamos na sequência (QUADRO 6) a matriz curricular do curso de Formação de Docentes vigente em 2011, para a turma⁴⁰ que se encontrava no quarto ano:

Matriz curricular					
Curso de Formação de Docentes para as Séries Iniciais					
Disciplina	Composição Curricular	Série			
		Carga horária semanal			
		1	2	3	4
Língua Portuguesa e Literatura	Base Nacional Comum	4	3	2	3
Arte	Base Nacional Comum	2	-	-	-
Educação Física	Base Nacional Comum	2	2	2	2
Matemática	Base Nacional Comum	3	2	4	2
Física	Base Nacional Comum	-	-	3	2
Química	Base Nacional Comum	-	-	2	2
Biologia	Base Nacional Comum	2	2	-	-
História	Base Nacional Comum	2	2	-	-
Geografia	Base Nacional Comum	2	2	-	-
Sociologia	Base Nacional Comum	-	2	-	-
Filosofia	Base Nacional Comum	2	-	-	-
Língua Estrangeira Moderna – Inglês	Parte Diversificada	-	-	2	2
Fundamentos Históricos da Educação	Formação Específica	2	-	-	-
Fundamentos Filosóficos da Educação	Formação Específica	-	-	2	-
Fundamentos Sociológicos da Educação	Formação Específica	-	2	-	-
Fundamentos Psicológicos da Educação	Formação Específica	2	-	-	-
Fundamentos Hist. e Políticos da Ed. Infantil	Formação Específica	-	2	-	-
Concepções Norteadoras da Educação Especial	Formação Específica	-	2	-	-
Trabalho Pedagógico da Educação Infantil	Formação Específica	-	2	2	-
Organização do Trabalho Pedagógico	Formação Específica	2	2	-	-
Literatura Infantil	Formação Específica	-	-	2	-
Metodologia do ensino da Língua Port. e Alfab.	Formação Específica	-	-	2	2
Metodologia do Ensino de Matemática	Formação Específica	-	-	2	-
Metodologia do Ensino de História	Formação Específica	-	-	-	2
Metodologia do Ensino de Geografia	Formação Específica	-	-	-	2
Metodologia do Ensino de Ciências	Formação Específica	-	-	-	2
Metodologia do Ensino de Arte	Formação Específica	-	-	-	2
Metodologia do Ensino de Educação Física	Formação Específica	-	-	-	2
Prática de Formação (Estágio Supervisionado)	Formação Específica	5	5	5	5
Carga horária total		30	30	30	30

QUADRO 6 – MATRIZ CURRICULAR DO CURSO DE FORMAÇÃO DE DOCENTES
 FONTE: PARANÁ⁴¹ (2006)

Conforme vemos no quadro acima, neste curso a disciplina de Física é ofertada apenas em duas séries. Na terceira série do curso a matriz reserva para a disciplina

⁴⁰ A partir do ano de 2010 foi implantada uma nova matriz curricular para este curso de forma gradativa, em cumprimento parcial da lei 11.684/2008 que institui a obrigatoriedade do ensino das disciplinas de Filosofia e Sociologia em todas as séries do Ensino Médio. A oferta da disciplina de Física nesta nova matriz curricular continua a mesma em relação à matriz anterior. Esta matriz encontra-se disponível em <http://www.cee.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/Pareceres%202011/CEB/pa_ceb_251_11.pdf>. Acesso em: 30/11/2012.

⁴¹ Este documento oficial apresenta a proposta pedagógica curricular do curso de Formação de Docentes da Educação Infantil e anos iniciais do Ensino Fundamental, em nível médio, na modalidade Normal, ofertado pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná, nos diversos estabelecimentos de ensino do Estado.

um total de três aulas semanais, enquanto que na quarta série, são reservadas apenas duas aulas semanais para a disciplina. Nas séries em que é ofertada a disciplina de Física, também é ofertada a disciplina de Química. Em relação ao curso de nível médio sem formação técnica, a carga horária total da disciplina de Física no curso de Formação de Docentes é menor (200 horas contra 240 horas), motivo este que leva à seleção criteriosa dos conteúdos a serem abordados.

Embora haja uma matriz curricular padrão para todos os estabelecimentos que ofertam essa modalidade de ensino, a distribuição dos conteúdos de cada disciplina fica ao encargo de cada colégio, em sua proposta pedagógica curricular. De acordo com as Diretrizes Curriculares de Física do Estado do Paraná (2008), os conteúdos a serem trabalhados com os estudantes no Ensino Médio se desdobram dos *conteúdos básicos*. Estes, por sua vez se desdobram dos *conteúdos estruturantes*: Movimento, Termodinâmica e Eletromagnetismo.

No colégio em que desenvolvemos as atividades da proposta didática, a divisão dos conteúdos obrigatórios previstos nas Diretrizes Curriculares de Física para o curso de Formação de Docentes é apresentada no (QUADRO 7):

Proposta Pedagógica Curricular – Colégio		
Série	Conteúdos Estruturantes	Conteúdos Básicos
3ª	Movimento	<i>Momentum</i> e inércia
		2ª Lei de Newton
		3ª Lei de Newton e condições de equilíbrio
		Variação da quantidade de movimento = impulso
		Energia e o Princípio da conservação da Energia
		Gravitação
	Termodinâmica	Lei Zero da Termodinâmica
		1ª Lei da Termodinâmica
4ª	Eletromagnetismo	Carga, corrente elétrica campo e ondas eletromagnéticas
		Força eletromagnética
		Equações de Maxwell: Lei de Gauss para eletrostática/lei de Coulomb, Lei de Ampère, Lei de Gauss magnética, Lei de Faraday
		A natureza da luz e suas propriedades

QUADRO 7 – PROPOSTA PEDAGÓGICA CURRICULAR DE FÍSICA DO COLÉGIO
 FONTE: PROPOSTA PEDAGÓGICA CURRICULAR DO COLÉGIO

No quadro acima optamos por não apresentar os conteúdos específicos, por entender que estes são elencados pelo professor em seu plano de trabalho docente. Neste sentido nos cabe tecer considerações apenas em torno do rol de conteúdos que foram desenvolvidos com a turma de quarto ano do curso de Formação de Docentes. No que se refere ao currículo escolar de Física, estruturado para a quarta

série do curso de Formação de Docentes em 2011, organizamos o nosso plano de trabalho docente de modo a permitir, ao longo do ano letivo, a apresentação dos fundamentos do Eletromagnetismo, bem como a inserção de conteúdos de FMC, através do conteúdo básico *a natureza da luz e suas propriedades*. Em relação ao desenvolvimento das atividades letivas ao longo de 2011 nesta turma, procuramos evidenciar os aspectos fundamentais do Eletromagnetismo, culminando o processo com a discussão das implicações da teoria eletromagnética de Maxwell. Assim foi possível trabalhar, ao longo do período que antecedeu o desenvolvimento da proposta didática, todos os conteúdos considerados pré-requisitos, para a inserção de tópicos de Física Quântica, objeto de nossa investigação.

Passaremos a considerar alguns aspectos em relação à turma em que desenvolvemos a proposta didática sobre Física Quântica. Esta turma apresenta um perfil diferenciado em relação às demais turmas nas quais lecionamos naquele estabelecimento de ensino. Em primeiro lugar destacamos que a turma é composta por 44 estudantes matriculados, o que consideramos um número elevado. Destes, 42 estudantes assistem às aulas regularmente (as demais estudantes abandonaram o curso ao longo de 2011). Um segundo aspecto relacionado a essa turma é o seu perfil majoritariamente feminino. A turma é composta por 42 alunas e apenas 2 alunos. O terceiro aspecto está relacionado à faixa etária dos estudantes, o qual gira em torno dos 19 anos (média). Destes, 34 estudantes (77%) possuem 18 anos de idade (a idade recomendada para cursar esta série), 4 estudantes possuem 19 anos de idade e os demais estudantes, 20 anos ou mais. Destacamos como quarto aspecto da turma que a maior parte das estudantes⁴² já realiza atividade remunerada no período contraturno, na forma de estágio nos centros municipais de educação infantil (CMEI) no município em que estudam. Por fim, um quinto aspecto observado está no fato de que 14% das estudantes desta turma residem em outro município se deslocando todos os dias cerca de 16 quilômetros para estudar, pois a oferta do curso de Formação de Docentes é limitada na rede pública.

Na seção a seguir detalharemos os instrumentos utilizados, bem como os procedimentos adotados para a constituição dos dados necessários para a nossa análise.

⁴² Por se tratar de uma turma majoritariamente feminina (96% de alunas) iremos sempre nos referir ao grupo com base no gênero predominante.

3.4 INSTRUMENTOS UTILIZADOS PARA A CONSTITUIÇÃO DE DADOS

Com o propósito de investigar se a abordagem HFC pode contribuir para um melhor aprendizado, selecionamos - como dissemos na seção anterior - uma turma de série final do Ensino Médio em um colégio que lecionamos àquele período. Apresentamos alguns aspectos relacionados à matriz curricular do curso de Formação de Docentes, bem como analisamos o currículo da disciplina de Física a partir da proposta pedagógica curricular do estabelecimento de ensino. Através desta análise, evidenciamos que se quisermos trabalhar com conteúdos relacionados à Física Quântica, estes deveriam ser inseridos ao final do ano letivo como parte integrante do conteúdo básico *A natureza da luz e suas propriedades*, no planejamento da quarta série do curso de Formação de Docentes.

Desse modo, estabelecemos um cronograma prévio para o desenvolvimento de nossas atividades. A estruturação de uma proposta didática sobre Física Quântica dentro da disciplina de Física levou em consideração a carga horária anual da matriz curricular da quarta série do curso de Formação de Docentes (80 horas). Concebemos uma proposta didática – *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria* - de 12 aulas que seriam ministradas a partir do mês de novembro de 2011 com duração inicial de 6 semanas. Entretanto, em virtude dos feriados presentes no mês de novembro e o desejo das estudantes de encerrar as atividades escolares no início de dezembro, tivemos que reorganizar o cronograma de atividades de modo a garantir um mínimo de duas aulas semanais (em algumas semanas ministramos uma carga horária de três aulas). Para isso, contamos com a colaboração de professores de outras disciplinas que gentilmente trocaram horários de aula conosco e, em alguns casos, cederam aulas de modo que pudéssemos desenvolver as atividades da proposta didática no período de um mês.

Uma semana antes do início do desenvolvimento da proposta didática conversamos com as estudantes, expondo que iríamos desenvolver um trabalho diferenciado na última parte do ano letivo. Lembramos a todas as estudantes que, por se tratar de conteúdos previstos no planejamento anual da disciplina, iríamos proceder com as atividades avaliativas e com o registro de frequência. As alunas foram informadas sobre os objetivos desta pesquisa e autorizaram formalmente o

uso dos materiais produzidos ao longo das aulas em que a proposta didática foi desenvolvida por meio de um termo específico (APÊNDICE 2).

Por esta pesquisa se tratar de um estudo de caso, selecionamos para a constituição de dados alguns instrumentos específicos. Os instrumentos constituídos foram o questionário, os diários de bordo produzidos (estudantes, professor e pesquisador), e as gravações em áudio das aulas.

Na aula anterior ao início do desenvolvimento da proposta didática solicitamos às estudantes que respondessem a um conjunto de questões abertas, denominado *questionário inicial*. Por meio deste instrumento⁴³ foi possível constituir informações a respeito de alguns eixos considerados importantes. Através destes eixos buscamos analisar as concepções prévias das estudantes acerca da origem e evolução dos modelos e teorias científicas, da evolução dos modelos atômicos, das concepções sobre a estrutura da matéria, bem como acerca da Física, enquanto ciência. Procuramos investigar se as estudantes tiveram algum contato com a História e Filosofia da Ciência ao longo de sua vida escolar. O questionário, enquanto instrumento para constituição de dados, encontra-se disponível no (APÊNDICE 3).

São quatro os eixos que constituem o questionário em nossa pesquisa. Cada eixo se desdobra em pontos secundários, os quais nos permitiram constituir os dados que julgamos pertinentes em nossa investigação. O (QUADRO 8) organiza os eixos e os pontos que nortearam a constituição do questionário, enquanto instrumento para constituição de dados:

Eixo	Pontos a serem analisados nas respostas das estudantes
Origem e evolução dos modelos e teorias científicas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Formulação das leis e teorias científicas; ✓ Durabilidade de uma teoria científica; ✓ Motivação do cientista em fazer ciência; ✓ Os modelos científicos.
Evolução dos modelos atômicos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pluralidade de modelos atômicos; ✓ Modelos atômicos conhecidos pelas estudantes.
Concepções sobre a estrutura da matéria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ A compreensão do conceito <i>átomo</i>; ✓ A compreensão do conceito <i>partícula fundamental</i>; ✓ A ideia de finitude na busca pela compreensão da estrutura da matéria.
Concepções acerca da Física enquanto ciência	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Limitações da Física Clássica; ✓ Motivações que levaram ao surgimento da Física Quântica; ✓ A descrição da realidade a partir da Física Quântica.

QUADRO 8 – EIXOS E PONTOS A ORIENTAR A ANÁLISE DOS DADOS

⁴³ Antes da aplicação deste instrumento, solicitamos a um grupo de 5 estudantes que respondesse a uma versão piloto do questionário, de modo a identificar eventuais problemas na formulação das questões.

No primeiro eixo – *origem e evolução dos modelos e teorias científicas* – procuramos analisar as concepções das estudantes acerca de questões básicas em torno da ciência e da atividade científica. Por meio dele foi possível reunir as impressões das estudantes em torno do processo de formulação de teorias científicas, de sua vigência, dos motivos que levam o cientista a fazer ciência, bem como a compreensão do significado e da função dos modelos científicos.

O segundo eixo de nosso instrumento de análise – *Evolução dos modelos atômicos* – procurou evidenciar quais modelos atômicos são de domínio das estudantes (suas características e os responsáveis pela sua formulação). Através deste eixo buscamos também investigar a visão das estudantes acerca da existência dos diversos modelos atômicos, sobretudo quando tomamos como referência os livros didáticos.

Por sua vez, o terceiro eixo – *Concepções sobre a estrutura da matéria* – nos permitiu investigar aspectos inerentes à estrutura da matéria e a compreensão destes por parte das estudantes. Focamos nossa investigação em torno da compreensão, por parte das estudantes, da distinção entre átomo e partícula fundamental da matéria. Procuramos investigar de que forma as estudantes concebem as limitações da ciência na compreensão da estrutura da matéria.

Por fim, no quarto eixo – *Concepções acerca da Física enquanto ciência* – se procurou levantar as concepções das estudantes em torno das limitações da Física Clássica, dos motivos que possibilitaram o surgimento da Física Quântica e, principalmente, das implicações impostas pela Natureza através da formulação do princípio da Incerteza.

Como parte integrante do processo avaliativo e, conseqüentemente, da composição da nota trimestral da disciplina, organizamos antes do início do desenvolvimento da proposta didática um cronograma em que cada estudante ficou responsável por sistematizar uma das 12 aulas ministradas. Com este cronograma estimaríamos obter, para cada aula ministrada, um conjunto de 3 a 4 sistematizações distintas. Na sua data agendada, cada estudante registraria o máximo de informações possíveis sobre a aula ministrada (metodologia empregada, interferências externas e internas, horários, conteúdos ministrados, impressões suas e de suas colegas, etc.) e, em casa, faria a produção de um texto narrativo no qual apresentaria suas impressões sobre a aula observada. Com este instrumento pretendemos captar as visões das estudantes acerca do desenvolvimento das aulas.

Ao longo de cada aula no desenvolvimento da proposta didática, entregamos às estudantes responsáveis pela sistematização uma ficha para a realização desta tarefa, a qual deveria ser entregue sempre no início da próxima aula. Deste modo, nosso objetivo era de obter mais de 40 diários de bordo das estudantes ao final do desenvolvimento da proposta didática. O modelo usado para a produção da sistematização encontra-se no (APÊNDICE 4).

Enquanto parte integrante do processo, procuramos ao longo do desenvolvimento das atividades da proposta didática produzir dois tipos de diários: o *diário do professor* e o *diário do pesquisador*. De modo a minimizar a influência de um perfil sobre o outro, tomamos alguns cuidados na elaboração destes instrumentos. Imediatamente após cada aula da proposta didática, procuramos registrar as nossas impressões enquanto professor da turma, isto é, tomando o devido cuidado de fazer a leitura do processo enquanto protagonista do mesmo. Estes conjuntos de registros, aula após aula, deram origem aos diários do professor e basicamente contém as descrições relativas às experiências e impressões em relação ao desenvolvimento de cada aula, bem como os problemas enfrentados (horários, situações externas e indisciplina). Para a produção do segundo diário procuramos desvinculá-lo da produção do primeiro, realizando-o posteriormente (algumas horas após cada aula), de modo a proceder com uma análise crítica em torno de cada aula como um todo. Procuramos nos desvincular neste momento da figura do professor, de modo a tecer considerações críticas em relação a cada aula (comportamento da turma, metodologia empregada, recursos, etc.). Este conjunto de registros, resultantes de um olhar crítico em relação à condução das aulas deu origem ao diário do pesquisador.

Como fonte complementar de dados, optamos por gravar o áudio de cada aula. Antes do início do desenvolvimento das atividades da proposta didática informamos às estudantes a nossa intenção em realizar as gravações, o que foi aprovado por unanimidade pelo grupo. Não optamos pelo registro em vídeo de modo a não intervir no contexto de desenvolvimento das atividades. Para o registro em áudio utilizamos um dispositivo portátil de forma discreta sem que a presença deste pequeno gravador comprometesse o andamento das atividades.

Todas as atividades produzidas em sala e em casa foram recolhidas, de modo a possibilitar um acompanhamento no aprendizado das estudantes. Estas atividades

foram analisadas e tabuladas para a composição parcial da nota trimestral para a disciplina.

Na primeira aula seguinte ao término das atividades previstas na proposta didática foi aplicado às estudantes o mesmo conjunto de questões abertas que compuseram o *questionário inicial*. Tais questões, aplicadas sob a forma de um *questionário final*, possibilitaram a constituição de dados os quais nos permitirão analisar em que medida as estudantes reagiram à abordagem HFC na compreensão de conteúdos relacionados à Física Quântica. Baseado nos pontos que nortearam o questionário inicial, este questionário nos forneceu um conjunto de dados que permitirá analisar aspectos relacionados à compreensão, por parte das estudantes, dos fundamentos da estrutura física da matéria, bem como aspectos relacionados à natureza da ciência e à atividade científica.

3.5 A ANÁLISE DOS DADOS

Esboçaremos nesta seção as nossas opções metodológicas no que se refere à análise e discussão dos dados, para as quais dedicaremos o próximo capítulo em sua íntegra. Como dissemos anteriormente, as fontes de dados de nossa pesquisa basicamente são os diários de bordo dos sujeitos envolvidos (professor, estudantes e pesquisador), os questionários (inicial e final) e as gravações em áudio das aulas.

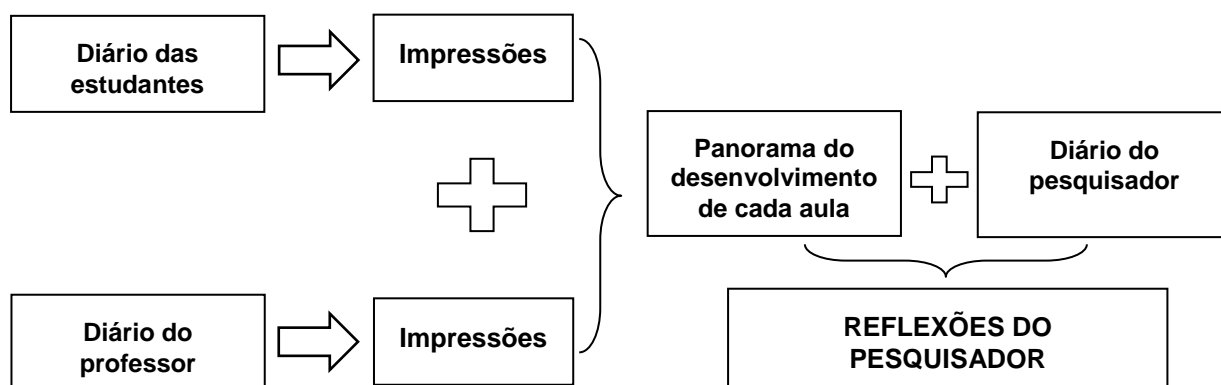
Em relação ao procedimento de análise de dados, Lüdke e André mencionam que tal tarefa implica

... num primeiro momento a organização de todo o material, dividindo-o em partes, relacionando essas partes e procurando identificar nele tendências e padrões relevantes. Num segundo momento essas tendências e padrões são reavaliados, buscando-se relações e inferências num nível de abstração mais elevado (LÜDKE; ANDRÉ, 1986, p.45).

Neste sentido, para responder à questão central deste trabalho - *quais as contribuições da abordagem HFC para o ensino de Física Quântica na Educação Básica?* – procederemos à análise em duas etapas distintas. Num primeiro momento reconstruiremos o processo de desenvolvimento da proposta didática a partir da análise dos registros obtidos através dos diários. Num segundo momento categorizaremos os dados dos questionários inicial e final, de modo a identificar as

concepções prévias das estudantes e analisar se o desenvolvimento da proposta didática *perturbou* estas concepções.

Para a reconstrução do processo que culminou no desenvolvimento da proposta didática, tomaremos basicamente por referência as impressões registradas nos diários de bordo produzidos pelas estudantes e nos diários de bordo do professor da turma. A partir do cruzamento destas impressões, esperamos obter uma descrição de cada aula e a partir destas teceremos considerações críticas, de modo a identificar as possíveis contribuições da abordagem HFC para o ensino de conteúdos de Física Quântica, bem como refletir sobre as eventuais dificuldades enfrentadas ao longo do processo que resultou no desenvolvimento integral da proposta didática. Pretendemos repetir este processo para todas as 12 aulas. Este processo é ilustrado abaixo:



Deste modo, esperamos ao final deste processo constituir um conjunto de reflexões que permitam responder, em parte, ao problema de nossa pesquisa. Ao procedermos com esta análise, pretendemos extrair o máximo de informações a partir dos dados descritivos, de modo a garantir que o resultado seja o mais fidedigno possível.

Por sua vez o procedimento para a análise dos dados dos questionários envolve a categorização das respostas dadas. Para tal, consideraremos a estrutura de eixos apresentada no QUADRO 8, de modo que faremos a análise por eixo, ponto a ponto. Procederemos com a categorização a partir das respostas apresentadas, estabelecendo percentuais em função do grupo⁴⁴ de questionários

⁴⁴ Em nossa análise optamos por não considerar todos os questionários respondidos, restringindo o universo de questionários para um grupo de 30 estudantes. No próximo capítulo iremos explicitar o critério adotado para a constituição deste grupo.

analisado. Para cada ponto faremos primeiramente a categorização para os dados constituídos no questionário inicial, seguido de uma discussão a partir dos percentuais levantados. Na sequência, faremos a categorização dos dados obtidos no questionário final para avaliar, em seguida, se o desenvolvimento da proposta didática contribuiu no sentido de perturbar as concepções iniciais apresentadas.

De modo a identificar as concepções presentes nas respostas das estudantes aos questionários, basearemos nossa análise no trabalho de Gil-Pérez⁴⁵ *et al.* (2001). Estes autores se propuseram a refletir sobre uma imagem aceitável em relação à atividade científica – que deve ser assimilada por professores e, conseqüentemente, por estudantes – por meio de uma aproximação entre as diversas perspectivas e teses epistemológicas. Sua metodologia envolveu dois passos: (i) a identificação de um conjunto de ideias que devem ser evitadas por representarem deformações em relação ao trabalho científico; (ii) o reconhecimento da existência de um conjunto de teses em comum entre os diversos estudiosos da epistemologia contemporânea. Esta aproximação - justificam os autores (2001, p.127) – é importante e suficiente para “orientar a atividade dos que têm a responsabilidade, tanto da alfabetização científica dos futuros cidadãos e cidadãs, como da formação inicial dos futuros cientistas”.

Gil-Pérez *et al.* (2001) enumeram sete concepções (visões)⁴⁶ deformadas que devem ser evitadas por professores e alunos em relação à ciência e ao trabalho científico. Apresentamos abaixo uma síntese destas visões com base no trabalho destes autores.

- i. **Visão empírico-indutivista e ateórica:** a observação e a experimentação são compreendidas como atividades neutras, uma vez que não são guiadas por ideias apriorísticas (as hipóteses são deixadas de lado);
- ii. **Visão rígida (algorítmica):** o método científico é visto como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente, refletindo assim uma visão exata e infalível da prática científica;
- iii. **Visão apromblemática e ahistórica:** caracterizada pela transmissão dos conhecimentos já elaborados, sem a apresentação dos problemas que lhe

⁴⁵ Gil-Pérez *et al.* (2001) investigaram, a partir de *workshops* e trabalhos coletivos com docentes, aspectos que caracterizassem uma visão não deformada do trabalho científico, refletindo assim sobre as implicações da compreensão desta visão, por parte dos professores, para o ensino de Ciências.

⁴⁶ Os autores salientam que estas visões deformadas não constituem um conjunto de concepções absolutamente autônomas, mas fazem parte de um esquema conceitual e integrado.

deram origem, de qual foi o caminho trilhado, não possibilitando a identificação das limitações do conhecimento científico atual nem as perspectivas que se desdobram (visão dogmática e fechada);

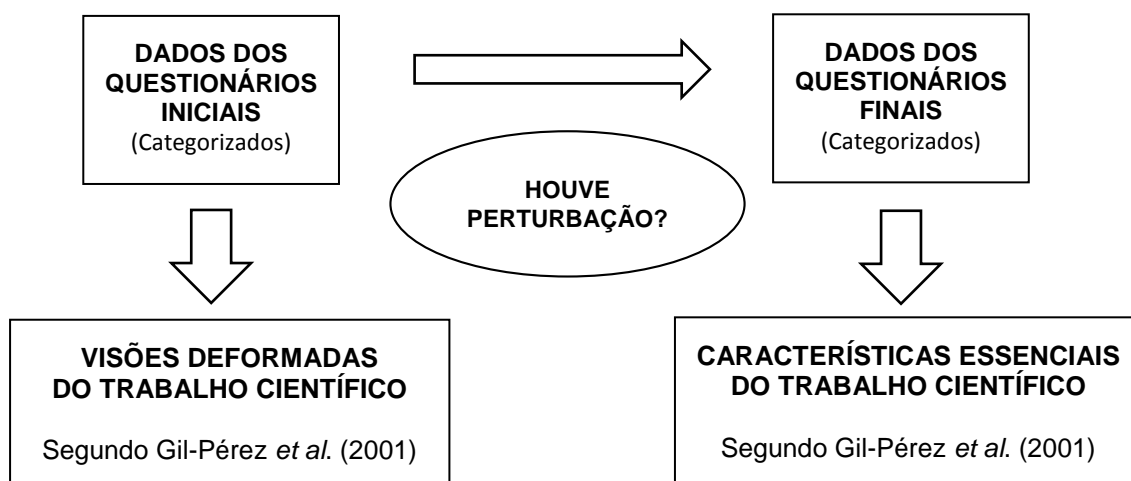
- iv. **Visão exclusivamente analítica:** preza por uma visão exclusivamente parcelar dos estudos científicos, refletindo o seu caráter limitado e simplificador, em detrimento do tratamento de problemas presentes em diferentes campos do conhecimento;
- v. **Visão acumulativa:** se propaga a visão de que existe um crescimento acumulativo linear em relação aos conhecimentos científicos, ignorando as crises e remodelações ocorridas ao longo de sua história;
- vi. **Visão individualista e elitista:** se propaga a visão de que a atividade científica é um domínio reservado apenas a minorias especialmente dotadas, reforçando a ideia de discriminação em função de natureza social e sexual;
- vii. **Visão socialmente neutra:** a atividade científica é vista como descontextualizada, ignorando as relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Ao reconhecerem a existência de um conjunto de teses em comum entre os estudiosos da epistemologia contemporânea, Gil-Pérez *et al.* (2001) enumeram em cinco as características essenciais do trabalho científico. Apresentamos a seguir uma síntese destas características:

- i. **O reconhecimento de um pluralismo metodológico**, isto é, da existência de uma variedade de métodos empregados pelas diversas ciências;
- ii. **A recusa à concepção empírico-indutivista** na qual o conhecimento científico é mero produto da inferência indutiva de dados empíricos;
- iii. **O destaque ao pensamento divergente**, no qual se reconhece o papel das hipóteses no raciocínio como tentativas de respostas a um determinado problema (submetidas a rigorosos testes) sem estabelecê-las como verdades absolutas;
- iv. **A procura de coerência global**, na qual a dúvida sistemática dos resultados obtidos (e também de todo o processo seguido para sua obtenção) conduz a revisões contínuas que, por sua vez, motivam novas tentativas de obtenção de resultados por outros caminhos, evidenciando coerência com os resultados obtidos noutras situações;

- v. **A compreensão do caráter social do desenvolvimento científico** através da qual se derruba a visão em que cientistas estão desprovidos de um contexto social, político e econômico.

Com este aporte teórico, pretendemos investigar a partir dos dados dos questionários as concepções prévias das estudantes, identificando as possíveis visões deformadas em relação à atividade científica, de modo a refletir sobre suas eventuais causas. Pretendemos também evidenciar em que medida o desenvolvimento da proposta didática perturbou estas concepções. Para tal, buscaremos identificar elementos nos dados do questionário final que venham ao encontro das teses em comum da epistemologia contemporânea, caracterizados por Gil-Pérez *et al.* (2001). Este processo como um todo é representado abaixo:



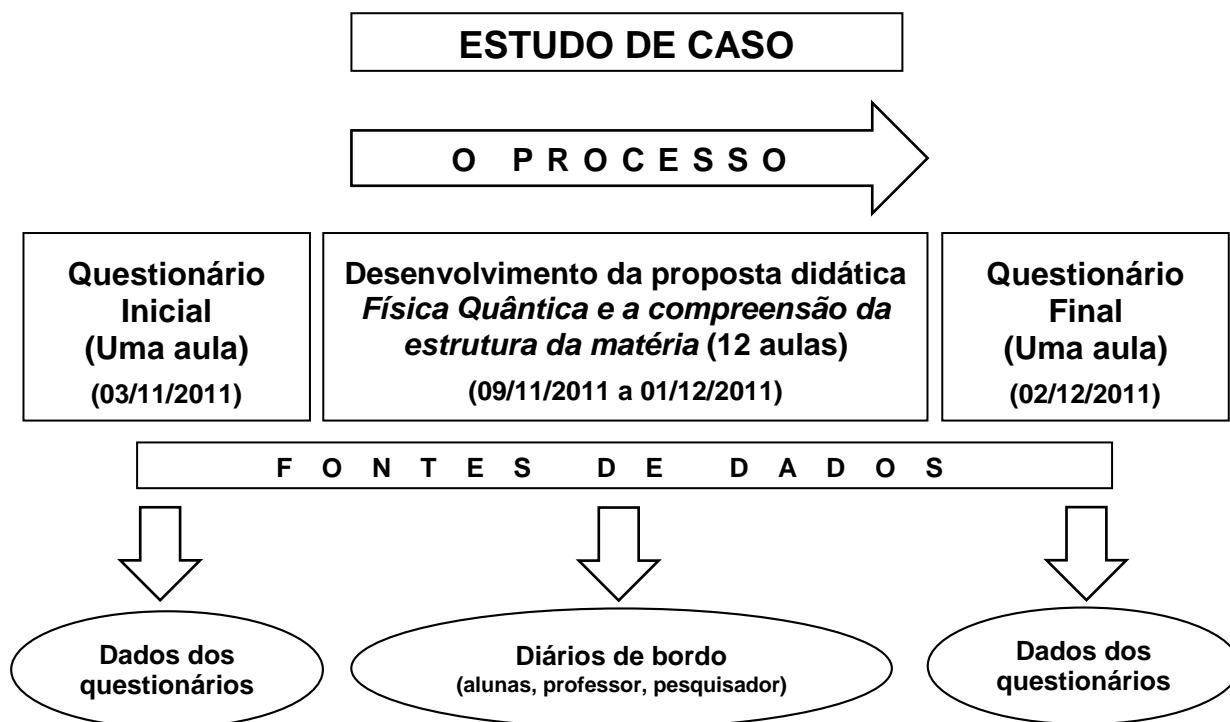
Objetivamos fazer esta análise para cada ponto dos quatro eixos que constituíram o questionário, enquanto instrumento para constituição de dados. Assim esperamos obter um panorama amplo que nos possibilite inferir se a abordagem HFC contribuiu para o ensino de tópicos de Física Quântica e, ao mesmo tempo, para a percepção de características relacionadas à natureza da ciência e ao trabalho científico.

No próximo capítulo faremos a análise e discussão dos dados obtidos.

CAPÍTULO 4 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Neste capítulo analisaremos o conjunto de dados obtidos a partir de nosso estudo de caso. Num primeiro momento, faremos a descrição do desenvolvimento das atividades da proposta didática *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria* por meio dos relatos dos sujeitos envolvidos (professor e estudantes) e, a partir de tais relatos, teceremos algumas considerações em torno do processo. Queremos assim evidenciar as possíveis contribuições da abordagem HFC ao ensino de Física Quântica, bem como refletir sobre as principais dificuldades enfrentadas ao longo do processo como um todo. Num segundo momento analisaremos as concepções das estudantes antes e após o desenvolvimento da proposta didática de modo a inferir em que medida a abordagem HFC contribuiu para o ensino de conteúdos relacionados à Física Quântica.

No capítulo anterior fizemos a apresentação da metodologia de nossa pesquisa, a qual pode ser ilustrada abaixo:



Conforme dissemos anteriormente, este trabalho foi desenvolvido numa turma de 4º ano do curso de Formação de Docentes em um colégio da região metropolitana de Curitiba. As atividades realizadas com esta turma totalizaram 14

aulas, sendo que a primeira e a última aula foram reservadas para aplicação dos questionários (inicial e final). Utilizamos as demais aulas para o desenvolvimento da proposta didática *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria*. Na sequência passaremos a analisar o processo que culminou no seu desenvolvimento.

4.1 O DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DIDÁTICA *FÍSICA QUÂNTICA E A COMPREENSÃO DA ESTRUTURA DA MATÉRIA* POR MEIO DE UMA ABORDAGEM HFC

O objetivo principal desta seção consiste em apresentar uma reconstrução de todo o processo realizado na escola refere às atividades e aos encaminhamentos realizados nas 12 aulas que compuseram o desenvolvimento da proposta didática *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria*. Como dissemos anteriormente, o objetivo de nossa proposta didática esteve em desenvolver conteúdos de Física Quântica por meio de uma abordagem HFC.

Para uma melhor organização desta seção, procuramos apresentar a reconstrução de cada aula de forma separada, isto é, dividimos esta seção em 13 subseções. Cada uma das 12 primeiras subseções corresponde a uma aula, ao passo que na última subseção realizamos considerações sobre todo o processo.

Como instrumentos de dados para auxiliar no processo de reconstrução utilizamos os diários de bordo do professor, do pesquisador e das estudantes, objetivando possibilitar o resgate da maior quantidade de elementos que permearam as 12 aulas desenvolvidas ao longo do mês de novembro e início de dezembro de 2011.

4.1.1 Aula 01 – 09/11/2011

Intitulada *O modelo como representação do real*, a primeira aula da proposta didática teve por objetivo principal trazer à tona a discussão em torno das principais características dos modelos científicos. Para tal, esta aula foi planejada para ser executada em duas partes conforme explicitado na proposta didática: dinâmica em grupo e debate. A aula transcorreu sem nenhuma interrupção externa e nela

registramos o comparecimento de 40 alunas (91% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.1.1 Relato do professor da turma⁴⁷

No início da aula motivamos a turma em torno da atividade que seria realizada. Inicialmente fizemos uma reflexão em torno do conceito de *modelo*, a partir do título da aula. Na sequência explicamos como se daria a dinâmica indicada na proposta didática. A turma se dividiu em quatro grupos e cada grupo recebeu uma caixa com um objeto desconhecido. Após analisar a caixa, cada grupo recebeu a revelação sobre o seu conteúdo. A dinâmica se iniciou com o primeiro rodízio das caixas e a turma realizou a atividade com muita seriedade. A cada 7 minutos havia um novo rodízio entre os grupos. Todas as estudantes contribuíram na construção dos modelos representativos.

A aula teve duração de 55 minutos e ao final foram revelados os conteúdos das caixas. As alunas se surpreenderam com os conteúdos de cada caixa. Fizemos uma breve reflexão em torno do comparativo entre os modelos esboçados e os conteúdos das caixas, de modo a evidenciar a dificuldade em se estabelecer um modelo. Foi solicitada a entrega dos modelos produzidos ao final da aula.

Em suma, percebemos que a aula se desenvolveu de forma tranquila e foi bem participativa. Entretanto, reconhecemos que um fator foi determinante ao longo do processo. Pelo fato da turma ser numerosa, foram formados quatro grandes grupos (cerca de 10 estudantes em cada um). Isso comprometeu em parte o processo de análise das caixas, pois o tempo médio girou em torno de 7 minutos e foi necessário intervir em alguns grupos de modo que todas pudessem ter acesso ao menos a duas caixas para análise.

4.1.1.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo das quatro estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D01, D02, D03 e

⁴⁷ Esta subseção é baseada nos registros do diário de bordo do professor.

D04). Em relação ao início da aula, transcrevemos dos diários⁴⁸ de bordo das estudantes⁴⁹:

A aula teve início com a retomada da explicação do processo sob o qual serão realizadas as aulas de Física até o encerramento do ano letivo de 2011, sendo esta uma proposta diferenciada, que contará com a participação efetiva de todos os alunos para um bom encaminhamento e rendimento das mesmas. (D02)

Primeiramente o professor perguntou o que os alunos caracterizavam como modelo, e se esse descrevia fielmente a realidade. Após alguns comentários e opiniões deu-se início a uma dinâmica. (D04)

Em relação à execução da dinâmica, as estudantes registraram que:

Durante a execução da experiência a turma se mostrou bastante eufórica e ansiosa para representar o que havia no interior das caixas. Após ter sido revelado, houve muita decepção na sala, pois mesmo algumas pessoas se aproximando do modelo, muitas não chegaram nem perto. (D04)

Todos os alunos se esforçaram e procuraram descrever tudo o que se passava por suas cabeças, mas o sentido da imaginação foi mais forte, e a decepção no final foi grande. (D01).

As impressões geradas nas estudantes a partir desta aula são evidenciadas nos discursos das estudantes:

Através desta atividade, os alunos puderam ter a noção de como um modelo muitas vezes não representa plenamente a realidade, pois ao descrever o que acreditavam ser o objeto (o modelo deste), foram poucos os que se aproximaram do que realmente eram estes objetos lacrados. (D02)

Esta aula foi muito construtiva no sentido de se questionar o que normalmente é aceito em sala de aula. Não se pretende com isso dizer que a ciência foge à realidade, mas que é preciso refletir. Em primeiro lugar, a ciência é construída a partir disso, de perguntas mal respondidas. (D03).

⁴⁸ Ao final do desenvolvimento da proposta didática obtivemos 40 diários de bordo das estudantes para as 12 aulas, o que nos dá uma média de aproximadamente 3 diários de bordo por aula. De modo a organizá-los e preservar a identidade de suas responsáveis, atribuímos a cada diário um código (D01 a D40). A sequência numérica da nomenclatura dos diários segue a ordem estipulada pelo cronograma traçado ante do início das atividades e não é baseada na numeração do registro de classe da turma. Conforme explicitado no capítulo anterior, a atribuição da tarefa de produção do diário de bordo foi discutida com as alunas e formalizada em cronograma antes do início das atividades. Cada estudante produziu no máximo um diário ao longo do desenvolvimento da proposta didática.

⁴⁹ Os trechos dos diários transcritos foram destacados em itálico e são identificados ao final. No (ANEXO 11) encontram-se os diários em sua íntegra.

4.1.1.3 Reflexões do pesquisador⁵⁰

O desenvolvimento das atividades desta aula ocorreu dentro do planejado. A dinâmica proposta transcorreu de forma tranquila, com intensa participação das estudantes, gerando uma grande expectativa para as aulas futuras.

Convém ressaltar que a grande quantidade de estudantes matriculadas na turma representou um entrave na condução da dinâmica, na medida em que o tempo disponível para a participação de todas as estudantes no processo se tornou menor e a coordenação da atividade passou a exigir uma atenção maior de nossa parte. Procuramos garantir que todas as alunas, em cada grupo, pudessem interagir com as caixas. Entretanto, o tempo destinado para a análise de cada grupo se tornou escasso, motivo pelo qual algumas estudantes manifestaram o seu descontentamento. Uma solução para este problema seria inserir uma quinta caixa e promover algumas alterações na atividade de modo que cada grupo dispusesse de mais tempo para a análise. O ideal mesmo seria trabalhar com turmas menores, porém dado o fato de isso não ser sempre possível, acreditamos que a saída viável ao problema consiste na adaptação da atividade em função da realidade local.

Embora seja algo que exige maior trabalho em sua preparação e execução, uma aula que envolve uma atividade nos moldes que propusemos tende a ser bem vista pelas estudantes. Ao analisarmos os registros das estudantes, percebemos que todas são unânimes em reconhecer os benefícios da dinâmica na abordagem do conteúdo proposto. Tal fato se deve à premissa de que a atividade prática possibilita uma maior participação e interação dos sujeitos envolvidos em sala de aula. Em nossa visão cremos que o recurso a esse tipo de atividade deve ser intercalado nas aulas de Ciências, de modo a torna-las mais interessantes para os estudantes, de modo geral.

Os objetivos de aprendizagem desta aula envolveram a compreensão do conceito de modelo científico, a caracterização das principais etapas presentes no processo de sua construção e a percepção da existência de possíveis limitações presentes em seu entorno. Para atingirmos estes objetivos procuramos envolver as estudantes na atividade prática proposta, de modo a explorar os aspectos internos da atividade científica. Neste sentido, a abordagem HFC se tornou o fio condutor

⁵⁰ Esta subseção é baseada nos registros do diário de bordo do pesquisador.

desta aula, uma vez que o foco central esteve em função das concepções sobre a atividade científica, em particular sobre o papel dos modelos na ciência.

Considerando a existência das diversas linhas filosóficas em torno da natureza da ciência e do trabalho científico, procuramos encaminhar a atividade desta aula (e a das demais), com base nas orientações de Carvalho e Sasseron (2010). Para estas autoras, é indispensável que as atividades por meio de uma abordagem HFC enfoquem:

- A ciência como uma construção histórica, feita por humanos a partir de proposições que reflitam a sua interpretação, tendo como ponto de partida o seu contexto sócio-histórico-cultural;
- O conhecimento científico como aberto e passível de ser modificado e substituído;
- A presença de paradigmas norteadores no processo de elaboração do conhecimento científico;
- A não pontualidade na construção do conhecimento científico, o que acarreta na existência de interações e relações entre as teorias.

Neste sentido pensamos ter atingido nosso objetivo através condução desta aula, na medida em que por meio da atividade proposta, as estudantes puderam refletir sobre aspectos internos da ciência. Por meio da dinâmica adotada, as estudantes tiveram a oportunidade de assimilar alguns aspectos da atividade científica e, assim, constatar que a ciência está em processo permanente de construção. cremos que o encaminhamento dado a esta aula tornou o seu objeto de estudo mais acessível, uma vez que a atividade prática se revelou uma via facilitadora, despertando o interesse das alunas. Por meio dessa atividade pudemos trabalhar com as concepções das estudantes, ao mesmo tempo em que estas puderam experienciar, ainda que em pequena parte, as dificuldades inerentes ao trabalho científico. Tomamos o devido cuidado, ao revelar os conteúdos das caixas, de explicar que o objetivo naquele momento era de mostrar o quão próximo e o quão distante um modelo científico pode estar daquilo que se propõe a representar.

4.1.2 Aula 02 – 10/11/2011

A segunda aula da proposta didática, intitulada *O átomo indivisível: dos gregos a Dalton*, teve como objetivo principal apresentar um apanhado de cunho histórico e

filosófico em torno da compreensão da estrutura da matéria, desde as suas origens na Grécia Clássica (séc. V a.C.) até o atomismo científico de Dalton, no início do século XIX. Essencialmente esta aula foi programada para se trabalhar com um texto, de acordo com o indicado na proposta didática. Nesta aula registramos o comparecimento de 41 alunas (93% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.2.1 Relato do professor da turma

A aula, programada para durar 50 minutos, iniciou com um atraso de cerca de 5 minutos. A saída tardia de uma professora, que havia realizado avaliação na aula anterior e se estendeu além de seu horário, foi o fator responsável para o atraso registrado. Com a turma em ordem, pedimos às alunas que entregassem a atividade solicitada na aula anterior, bem como as sistematizações referentes àquela aula.

Inicialmente fizemos uma curta explanação sobre os modelos científicos, resgatando a dinâmica da aula anterior. Procuramos trazer à tona exemplos de modelos científicos tais como sobre o DNA, sobre algumas estruturas moleculares e sobre o elétron. Na sequência encaminhamos a atividade de leitura do texto indicado na proposta didática, a qual durou cerca de 15 minutos. A princípio houve má vontade de parte da turma, expressa inclusive por meio de comentários satíricos em torno do texto (algumas alunas disseram que o texto era adequado para aulas de Filosofia e não de Física). No entanto, a leitura transcorreu sem problemas.

Faltando cerca de 10 minutos para o fim da aula realizamos uma explanação sobre os tópicos apontados no texto. Algumas alunas dormiram durante a nossa explanação enquanto um pequeno grupo começou a tumultuar o ambiente. Neste momento agimos de forma enérgica, retomando o eixo condutor da aula. Foi solicitado às sistematizadoras desta aula que levassem em conta tais detalhes na produção dos seus diários de bordo. Por conta do horário não foi possível cumprir com a programação integral da aula (faltou tempo hábil para que as alunas pudessem responder às questões propostas). Solicitamos às alunas que respondessem à sétima questão proposta no texto, em casa, para ser entregue no início da próxima aula.

4.1.2.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de quatro estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D05, D06, D07 e D08). Em relação ao início da aula, transcrevemos do diário de bordo D06:

O início desta aula foi um pouco tumultuado, pois a professora da aula anterior acabou usando alguns minutos da mesma, logo que terminou começou a aula de física. O professor deu início, abordando a dinâmica feita na aula anterior e pediu que os alunos entregassem uma atividade, que fora realizada na aula passada com perguntas para casa. Após isso, o professor começou a falar, sobre Modelo, e pelo que eu entendi, isso seria uma representação do real, seria algo que sabemos que existe e para se ter uma noção cria-se um “modelo” [...] Mas nem sempre é fácil fazer um modelo de algo, não é simples. (D06)

Em relação à atividade de leitura, a estudante responsável pelo diário D07, observou que:

Após a explicação do que era um modelo, foi passado um texto para os alunos fazerem uma leitura silenciosa. Nesse momento da aula era notório o desinteresse de várias alunas, pois no momento que era para ser realizada a leitura, algumas alunas dormiram. O texto passado se tratava de uma narrativa informativa sobre como chegamos a um determinado modelo atômico. (D07)

A receptividade ao uso do texto não foi a esperada. Houve uma decepção por parte das alunas, talvez motivada pelo fato de que na aula anterior foi realizada uma dinâmica de grupo. Essa tendência foi cristalizada no diário D05:

Na minha opinião a metodologia mais dinâmica do dia 9/11/2011 foi melhor e mais fácil de ser compreendida, por ter como base a prática e só um pouco de teoria. (D05)

As sistematizadoras desta aula evitaram tecer críticas maiores em torno da aula. Reconheceram que os problemas ocorridos no dia atrapalharam o andamento da aula e que, apesar da rejeição inicial ao uso do texto, a aula teve o seu diferencial em relação às aulas da disciplina realizadas anteriormente. Citamos um fragmento do diário D08:

Acredita-se que foi uma aula agradável, diferente das outras dadas pelo professor, inovando assim para que a aprendizagem ocorra como planejado. (D08)

A estudante responsável pelo diário D06 conclui que:

A aula foi produtiva, tendo em alguns momentos muita conversa e até mesmo pessoas dormindo, mostrando o desinteresse e desrespeito com o professor e os colegas. (D06)

4.1.2.3 Reflexões do pesquisador

Conforme indicado na proposta didática, elencamos como objetivo de aprendizagem para esta aula a compreensão das principais explicações referentes à estrutura da matéria, desde a Antiguidade até Dalton. Para atingirmos este objetivo, selecionamos um texto secundário, em linguagem condizente ao Ensino Médio, o qual tinha por objetivo fazer um resgate histórico das principais concepções sobre a compreensão da estrutura da matéria. Para tal, destinamos em nosso planejamento uma parcela do tempo desta aula para a leitura individual do texto para, na sequência, passarmos à discussão de seus principais elementos. Entretanto, não contávamos com a rejeição inicial à realização da atividade. Cabe neste momento refletirmos sobre suas possíveis causas.

Em relação ao desenvolvimento desta segunda aula é importante destacar que o seu início foi marcado por um atraso não programado, devido a uma avaliação realizada na aula anterior e que extrapolou o tempo limite, consumindo parte do horário de nossa aula. Em virtude disso, nossa aula não se iniciou em um ambiente calmo e, apesar de este fato estar sujeito a ocorrer em qualquer realidade escolar, os impactos gerados geralmente são nocivos para a aula que se segue, por gerarem uma situação de estafa nos estudantes. Em nosso caso registramos como prejuízo maior além da perda de tempo de aula, a indisposição da maior parte do grupo, o que comprometeu o andamento inicial dos trabalhos.

Apesar de boa parte da turma demonstrar insatisfação com a proposta de condução desta aula, o grupo como um todo acatou nossas orientações. A rejeição inicial à leitura do texto, evidenciada em alguns comentários depreciativos, a nosso ver esteve relacionada com alguns fatores, dentre os quais destacamos:

- ***Ao início conturbado da aula, marcado sobretudo pelo atraso devido à avaliação extensiva realizada na aula anterior.*** Neste sentido, reconhecemos que fomos recebidos pela turma sob uma condição de estafa que, de certo modo, contribuiu para aumentar a resistência à atividade.
- ***À resistência à leitura de textos nas aulas de Ciências.*** Geralmente explorado em outras disciplinas escolares, sobretudo nas disciplinas relacionadas às Ciências Humanas, o recurso ao texto nas aulas de Física e Química em nossa realidade escolar não é prática usual, o que motivou certa desconfiança do grupo. Algumas alunas que estavam cursando preparatórios

para vestibulares receberam esta metodologia com certo desprezo e desconfiança.

- ***À quantidade de informações presentes no texto de apoio.***

Reconhecemos também como possível fator de insatisfação do grupo o tamanho do texto selecionado para leitura, uma vez que esta era a primeira vez em que trabalhamos com esse tipo de recurso didático nas aulas de Física ao longo do ano. Entretanto, como havíamos programado apenas uma aula para tratar deste assunto, optamos por trabalhar com o texto de apoio sugerido, por considerarmos se tratar de uma fonte secundária de qualidade, escrita em linguagem apropriada para estudantes de nível médio.

Novamente convém salientar que a quantidade de estudantes presentes nesta aula (41) contribuiu para desestabilizar o andamento do processo. Foi necessária a nossa intervenção para reestabelecer a ordem e o ambiente adequado para uma atividade de leitura com um mínimo de qualidade. O trabalho com textos em sala de aula exige, dentre outras condições, a menor quantidade de ruídos possível. Minimizar este fator nocivo na medida em que o trabalho se desenvolve com turmas maiores se mostra uma tarefa mais árdua.

Por fim, convém destacar o caráter modesto dos diários de bordo das estudantes responsáveis por sistematizar esta aula. Se tomássemos apenas estes registros como referência para análise não teríamos condições de refletir sobre os problemas enfrentados ao longo do desenvolvimento desta aula. As suas autoras evitaram tecer críticas maiores em relação ao processo como um todo. Reconheceram que o atraso e a avaliação realizada na aula anterior contribuíram para desestabilizar o andamento inicial da aula, porém não se detiveram na análise da metodologia adotada. Entendemos que isso ocorreu na medida em que estas alunas optaram por não querer nos desagradar ou eventualmente nos magoar, apesar de termos sido enfáticos em solicitar que as alunas produzissem narrativas críticas nas sistematizações antes do início do desenvolvimento da proposta didática.

De forma alternativa ao encaminhamento dado na aula anterior, na qual nos valem de uma dinâmica de grupo para desenvolver o nosso trabalho por meio de uma abordagem HFC, nesta aula elegemos o texto de apoio como recurso fundamental. Tendo em vista os obstáculos apontados durante o desenvolvimento das atividades desta aula, nos cabe aqui uma reflexão em torno das dificuldades

para a utilização da abordagem HFC. Neste sentido trazemos a reflexão feita por Martins (2007) ao contrapor a valorização dada a esta abordagem e a sua real utilização nas salas de aula. A partir dos dados de sua pesquisa este autor reflete:

Se a HFC é quase uma unanimidade, porque não a vemos contemplada nas salas de aula do Ensino Médio e em livros didáticos? A resposta é, certamente, simples: não é fácil fazer. Nossos dados reforçam a ideia de que há um abismo entre o valor atribuído à HFC e a sua utilização, com qualidade, como conteúdo e estratégia didática nas salas de aula do nível médio (MARTINS, 2007, p.127).

As dificuldades vivenciadas ao longo desta aula nos impeliram a repensar de que modo podemos recorrer à abordagem HFC e trabalhar com os eventuais fracassos ao longo do processo. Alguns possíveis encaminhamentos para as próximas aulas podem ser dados na condução das atividades, dentre os quais a diversificação dos recursos que utilizem a informação histórica e no constante diálogo com a turma de modo a minimizar a resistência em relação às novas metodologias de ensino.

4.1.3 Aula 03 – 16/11/2011

Intitulada *O átomo divisível: o modelo de Thomson* a terceira aula teve por objetivo apresentar o modelo atômico de J.J. Thomson, evidenciando suas relações com a Física Clássica. Para tal, a proposta inicial de trabalho descrita na proposta didática indicava um texto a ser trabalhado em sala e o uso de recurso audiovisual. Nesta aula registramos o comparecimento de 34 alunas (77% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.2.1 Relato do professor da turma

Esta aula iniciou com um atraso de 15 minutos em virtude de uma interrupção da equipe pedagógica ao final da aula anterior. Infelizmente o bom senso em relação ao uso do espaço da aula não prevaleceu neste momento, o que nos causou um desconforto muito grande durante este período. Iniciada a aula, a turma foi solícita conosco no sentido de cooperar ao máximo durante os 35 minutos restantes da aula.

Fizemos uma rápida retomada dos temas trabalhados nas aulas anteriores, sobretudo resgatando as reflexões realizadas em torno dos modelos científicos. A partir deste resgate partimos para a reconstrução das ideias abordadas no texto lido na aula anterior. Tal texto abordava a evolução da compreensão da estrutura da matéria desde os antigos gregos, culminando com as leis da Química Moderna (leis de Lavoisier e Proust). A TV Multimídia⁵¹ - recurso presente em cada sala de aula do colégio (e nos demais colégios da rede estadual de ensino paranaense) - facilitou bastante o nosso trabalho, uma vez que preparamos *slides* a serem exibidos nela.

A partir do átomo de Dalton fizemos algumas considerações em torno do surgimento do modelo atômico de Thomson. Na sequência, com o auxílio da TV Multimídia reproduzimos um trecho de documentário⁵² produzido pela BBC, o qual abordava o contexto em que se deu a descoberta do elétron, bem como alguns aspectos do modelo atômico de Thomson.

A partir dos *slides* e do vídeo pudemos trabalhar os aspectos qualitativos do átomo de Thomson. Com base no material de apoio indicado na proposta didática, conduzimos a discussão sobre as implicações teóricas deste modelo atômico. A turma participou, interagindo conosco ao longo desta parte final da aula. Uma questão debatida com as estudantes estava relacionada ao número de elétrons previstos por Thomson no átomo de hidrogênio. O texto indicado na proposta didática foi distribuído às alunas ao final da aula. Em virtude do tempo esgotado solicitamos a sua leitura em casa.

Apesar dos problemas externos, consideramos que a aula se desenvolveu em um clima mais amistoso do que a aula anterior. O uso da TV Multimídia foi positivo na medida em que dinamizou e sistematizou a apresentação dos tópicos principais desta aula. A participação das estudantes foi muito boa. Notamos também que nesta aula houve a presença de um menor número de alunas (77% da turma).

⁵¹ Conhecida também por *TV Pendrive*, este dispositivo permite a reprodução de arquivos multimídia (vídeos e imagens) por meio de conexão USB. Maiores informações a respeito podem ser obtidas em <http://www.gestaoescolar.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/pdf/manual_tvpendrive.pdf>. Acesso em: 08/12/2012.

⁵² Este vídeo encontra-se disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=i9xMrNDHWts>>. Acesso em: 10/11/2012.

4.1.3.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo das três estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D09, D10, D11). De acordo com todos os registros, o início da aula foi marcado pelo atraso. Citamos a menção de uma delas:

A aula teve início às 14h05min, com 15 minutos de atraso devido a interrupção da direção. (D10)

A sequência da aula foi marcada pela retomada dos conceitos das aulas anteriores. A aluna responsável pelo diário D11 destaca uma citação⁵³ de Rubem Alves, inserida pelo professor em um dos slides:

A aula teve início com uma retomada dos conceitos de modelos, citando a modelagem. [Foi usado] Um texto de Rubem Alves sobre realidade mostrando que os palpites, as diferentes opiniões, é o que faz com que a Física e as outras áreas também⁵⁴ [...] E isso surge com uma boa argumentação, novos modelos e formas de compreensão do que não se vê. (D11)

Em relação ao começo desta aula, o diário D10 menciona que:

O professor perguntou à turma porque surgiu o átomo e qual a sua importância. A turma ficou um pouco confusa pois ninguém sabia explicar, mas para todos entenderem melhor essa questão foi passado alguns slides para a turma. O professor voltou à aula passada, na atividade das caixinhas para poder nos explicar que o modelo é algo que não podemos ver e sim se aproximar do real. Até então eram poucos que estavam entendendo a aula, pois haviam duas alunas dormindo e também muitos alunos dispersos. (D10)

Na sequência, as alunas registraram a retomada da evolução da compreensão da estrutura da matéria, a partir do texto da aula anterior. Um ponto discutido em sala e registrado nos diários de bordo consistia na distinção⁵⁵ entre as pretensões da Química e da Física no estudo da estrutura da matéria. Conforme aponta o diário D11:

Foi-nos mostrado que a diferença entre Química e Física é basicamente o fato da Química se preocupar com a combinação de elementos e a Física se ocupa das propriedades. (D11)

Em relação à sequência da aula na qual foi abordado o modelo de Thomson (seu surgimento e suas características), as estudantes observam que:

⁵³ Extraída do livro *Filosofia da Ciência: introdução ao jogo e suas regras* (página 65). A referência completa desta obra se encontra ao final do trabalho.

⁵⁴ A estudante interrompeu o seu raciocínio neste trecho.

⁵⁵ Embora representada de forma simplificada pelas estudantes, fizemos tal distinção para que o grupo compreendesse o *porquê* do estudo dos modelos atômicos na disciplina escolar Física, uma vez que tal assunto já fora trabalhado em anos anteriores na disciplina escolar Química.

Dalton dizia que o menor átomo era o de hidrogênio. Só que em 1896, Thomson veio mostrar com seus estudos que o átomo era divisível e constituído por partículas negativas dando o nome de elétrons. (D09)

Em 1896, Thomson construiu um dispositivo parecido com a lâmpada fluorescente para explicar que o menor átomo não é o de hidrogênio, pois o componente que existia na lâmpada era 1860 vezes menor que o átomo de hidrogênio. A partir daí começa a explicação física para o átomo pois através da descoberta de Thomson o átomo passa a ser divisível com partículas de carga negativa, chamadas corpúsculos ou melhor elétrons. Em seguida foi passado um vídeo para entendermos melhor a história de como surgiu o elétron. (D10)

Com os encaminhamentos finais a aula se encerrou no horário programado. As três alunas avaliaram a aula positivamente, apontaram o fato de o ambiente estar tranquilo e que, apesar do atraso em seu início, o tempo restante foi muito bem aproveitado.

4.1.3.3 Reflexões do pesquisador

De acordo com a proposta didática, os objetivos de aprendizagem desta aula foram desenvolvidos em torno da compreensão e caracterização do modelo atômico de Thomson. Espera-se que, a partir desta aula, as estudantes sejam capazes de estabelecer as relações entre este modelo atômico com o Eletromagnetismo Clássico e entender a sua importância no contexto de evolução da compreensão da estrutura da matéria.

O êxito de tais objetivos dependeu, em parte, do trabalho desenvolvido nas duas aulas anteriores. Para isso, consideramos necessário retomar no início desta aula os principais pontos abordados nas aulas anteriores, de modo a inserir o tema a ser abordado como parte de uma construção maior que dá nome a proposta didática. Em relação ao desenvolvimento desta aula faremos algumas considerações a respeito dos principais aspectos observados.

Um primeiro aspecto remete ao fato de como a escola pode interferir no encaminhamento dos trabalhos do professor em sala de aula. Consideramos preocupante o prejuízo incorrido ao nosso planejamento, dado o fato que, até o momento, 2 das 3 aulas ministradas da proposta didática foram afetadas por este problema. Em particular, nesta aula tivemos um prejuízo de 15 minutos no horário, o que nos obrigou a repensar os encaminhamentos durante o desenvolvimento da aula. Logo após o seu encerramento entramos em contato com a direção e equipe

pedagógica do colégio, expondo a nossa preocupação com a qualidade do processo e pedindo que as ocorrências futuras de tais situações sejam minimizadas dentro do possível. Sugerimos à equipe pedagógica que procurasse utilizar os horários vagos de aula para as suas demandas.

Em contrapartida, apesar de todo estresse gerado pelo atraso no início da aula, gostaríamos de ressaltar o ambiente propício em que se desenvolveu a aula. Apesar do prejuízo incorrido à duração da aula, em sua maioria as alunas presentes procuraram participar da discussão e acompanharam o desenvolvimento da aula de maneira satisfatória. Não houve a necessidade de se interromper a aula para solicitar cooperação e colaboração às estudantes. As alunas participaram bem da discussão acerca das limitações do modelo de Thomson. Consideramos como possíveis causas para o bom andamento desta aula:

- **A presença de um número menor de estudantes.** Neste dia registramos a presença de 34 estudantes. O trabalho desenvolvido nesta aula não foi marcado por conflitos internos entre professor e alunas.
- **O uso da TV Multimídia.** O recurso à TV Multimídia - enquanto tecnologia de informação e comunicação (TIC) disponível no colégio - se mostrou eficiente na medida em que pudemos trabalhar com a informação histórica e científica de forma alternativa ao texto ou à aula puramente expositiva. O uso desta TIC possibilitou a reprodução do trecho de vídeo indicado na proposta didática.
- **Um maior interesse e participação por parte do grupo presente nesta aula.** Possivelmente tal fato reforça a nossa análise em relação ao desenvolvimento da aula anterior, em que constatamos que a avaliação exaustiva (anterior a nossa aula e que ocupou cerca de 5 minutos de nosso tempo) gerou uma situação de estafa nas alunas, contribuindo para um desinteresse em relação à atividade de leitura do texto proposto.

No que se refere ao trabalho com o texto indicado na proposta didática, os 15 minutos iniciais de aula perdidos nos levaram a propor um encaminhamento diferente do planejado. Diante da situação configurada no momento e da impossibilidade de se ampliar a proposta didática em mais aulas, solicitamos às alunas a sua leitura em casa, apesar das ideias centrais terem sido abordadas ao longo da aula.

Em relação aos diários de bordo das estudantes responsáveis por esta aula, se faz necessário esclarecer que os mesmos apresentaram saltos, isto é, não fizeram um relato da aula como um todo. Um dos diários, por exemplo, faz uma rica narrativa

em torno dos 15 minutos iniciais da aula e omite a próxima parte. Notamos também algumas inconsistências apresentadas pelas estudantes que os redigiram em relação a conceitos e fatos históricos, o que nos leva a refletir sobre questões relacionadas ao aprendizado. Entretanto, por serem casos isolados (parte de três diários), não refletem necessariamente a realidade da turma como um todo. Por estarmos refletindo sobre o desenvolvimento da proposta didática em sua fase inicial, não vamos nos ater a esta discussão neste momento, deixando-a para a última parte desta seção.

Por fim destacamos a importância de se abordar o modelo atômico de Thomson por meio da abordagem HFC na disciplina de Física. Em primeiro lugar, por ser possível estabelecer relações entre os conhecimentos já assimilados pelas estudantes (sobretudo os que derivam do Eletromagnetismo), uma vez que este modelo atômico tem como arcabouço as leis da Física Clássica. Em segundo lugar, por derrubar certos mitos tidos como verdades por muitos estudantes e professores (em nosso caso por esclarecer a analogia do *pudding de passas* às estudantes). A respeito deste aspecto, Medeiros afirma que:

Parece salutar que tais estudos de caso histórico devam concentrar as suas atenções iniciais na importante tarefa de revelar velhos mitos presentes no ensino tradicional da Física, mitos esses que, de tão repetidos, já são assumidos equivocadamente por muitos como verdades bem estabelecidas (MEDEIROS, 2007, p.277).

Por fim, ao se abordar o modelo atômico de Thomson por meio de uma abordagem HFC, é possível explorar os aspectos inerentes à natureza da ciência e do trabalho científico. Também é possível abordar a provisoriabilidade dos modelos atômicos, uma vez que o modelo atômico de Dalton se mostrou insuficiente ao não contemplar o elétron em sua descrição.

4.1.4 Aula 04 – 17/11/2011

Intitulada *O átomo divisível: o modelo de Rutherford*, a quarta aula da proposta didática teve por objetivo apresentar o modelo atômico de Ernest Rutherford, evidenciando suas relações com a Física Clássica. Partindo do modelo de Thomson e de sua aparente estabilidade, procuramos discutir os impactos dos resultados dos experimentos realizados pela equipe coordenada por Rutherford à concepção de

átomo, dentre eles a existência de um núcleo central com carga positiva. Para tal, a proposta didática faz a sugestão de encaminhamentos metodológicos e a indicação de um texto de apoio. Nesta aula registramos o comparecimento de 30 alunas (68% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.4.1 Relato do professor da turma

Ao contrário das duas aulas anteriores, esta aula iniciou no horário programado. As atividades desenvolvidas ocorreram em um ambiente tranquilo. Inicialmente resgatamos os modelos atômicos trabalhados nas aulas anteriores: o modelo de Dalton e o modelo de Thomson. Em especial, discutimos as características físicas deste último modelo.

Com o uso da TV Multimídia e por meio de *slides* abordamos as limitações do modelo de Thomson, as contribuições dos estudos sobre Radioatividade e o surgimento do modelo atômico de Rutherford. A partir desta abordagem discutimos fisicamente a validade do modelo proposto por Rutherford. Em paralelo a isso, intercalamos via TV Multimídia duas animações curtas. A primeira tinha como finalidade resgatar conhecimentos de Radioatividade das estudantes, vistos na disciplina de Química (radiações α , β e γ). A segunda animação, por sua vez, ilustrou o experimento que levou à formulação do modelo de Rutherford.

Em especial, esta aula foi marcada pela grande participação, sobretudo com as contribuições de algumas alunas a respeito das limitações do conhecimento científico. Uma das alunas nos indagou em relação à provisoriedade do conhecimento científico. Seu comentário, acompanhado de certo espanto, sinalizou a assimilação da ideia de que o conhecimento científico, sobretudo aquele transmitido sob a forma de um saber escolar, é provisório e passível de reformulação.

Ao final da apresentação da estrutura do modelo atômico de Rutherford procuramos evidenciar a sua principal fragilidade em relação às leis da Física Clássica: o problema conhecido como *espiral da morte* do elétron, o que fustigou mais a turma a respeito da provisoriedade das teorias científicas. Houve um caso pontual de aluna cochilando durante a aula. Como encaminhamento final, distribuimos cópias do texto indicado na proposta didática e solicitamos a sua leitura bem como a resolução das questões propostas para ser entregue na próxima aula.

4.1.4.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula tomamos como referência os diários de bordo das três estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D12, D13 e D14). De acordo com o diário de bordo D13:

A julgar pelo horário de início da aula, sucedeu com pontualidade, conforme cronograma. Com relação ao comportamento e interesse dos alunos na aula observou-se certa calma e aparente interatividade, pressupondo certa curiosidade sobre o assunto. (D13)

De acordo com o mesmo diário, o início desta aula foi marcado pela retomada dos conteúdos das aulas anteriores, conforme a narrativa abaixo:

A aula foi iniciada retomando conceitos abordados na aula anterior, cuja temática consistiu na análise do modelo atômico proposto por Thomson, destacando a descoberta do denominado “corpúsculo negativo”, convenientemente distribuído no átomo e a sua negligência com relação à existência do próton. Foi mencionada também a teoria atômica de Dalton, contrapondo-a ao modelo proposto por Thomson, priorizando a evolução das descobertas com relação à configuração do átomo. (D13)

A aula prosseguiu com a abordagem do modelo atômico de Rutherford. Novamente nos valemos dos registros do diário D13, o qual reproduzimos abaixo:

A partir de então introduziu-se a discussão a respeito do modelo atômico proposto por Rutherford, sendo este o tema central da aula. Segundo explicações o modelo foi formulado com base em um experimento realizado pelo físico Ernest Rutherford, denominado “modelo planetário”. Conforme sua teoria, o átomo teria um núcleo positivo, e ao seu redor, em órbitas estariam os elétrons (partículas de carga negativa) [...] No entanto, essa afirmação só foi absorvida após uma breve explicação sobre radioatividade [...] (D13)

Em relação ao desenvolvimento da aula, os diários destacam, entre outros aspectos, o debate em torno do caráter provisório dos modelos atômicos. Citamos dois diários como exemplo:

Além de alguns alunos dispersos e até dormindo, os que estavam prestando atenção interagem e perguntavam. Em um momento há um questionamento em sala sobre a substituição dos modelos atômicos, pois hoje aprendemos uma teoria que é aceitável, mas amanhã essa teoria pode ser substituída por um novo modelo. (D14)

A aula despertou o interesse e a curiosidade de muitos alunos, pois levou-os a refletir se mais tarde virá alguém a descobrir mais sobre o átomo e todo o conhecimento aprendido até o momento será “perdido” em vão. (D12)

4.1.4.3 Reflexões do pesquisador

Esperamos que a partir desta aula as estudantes compreendessem o processo de construção do modelo atômico de Rutherford, suas características, bem como evidenciassem as relações deste modelo com a Física Clássica.

O desenvolvimento das atividades programadas neste dia ocorreu em um ambiente agradável. Não registramos interrupções e os horários de início e de término da aula foram respeitados. A turma se mostrou interessada e participativa em relação aos encaminhamentos adotados ao longo da aula. Em linhas gerais, procuramos inserir o modelo atômico de Rutherford dentro do contexto histórico de evolução da compreensão da estrutura da matéria. Para tal, recorreremos ao uso da TV Multimídia, intercalando-a com o quadro de giz. Sobre esta aula se faz necessário salientar dois pontos.

Em primeiro lugar, destacamos a importância do uso de recursos audiovisuais, sobretudo para a apresentação da informação histórica (imagens de cientistas, de experimentos, etc.). Consideramos que o uso de material previamente selecionado contribuiu de forma positiva nesta aula. As animações desempenharam papel importante, na medida em que possibilitaram dinamizar alguns aspectos que dificilmente seriam assimilados pelas estudantes apenas pela exposição do professor ou leitura de texto. O recurso à TV Multimídia favoreceu o nosso trabalho nesta aula tendo em vista que pudemos exibir para as alunas:

- Uma animação curta sobre Radioatividade;
- *Slides* com imagens ilustrativas (fotos, esquemas, etc.);
- Uma animação ilustrativa sobre o experimento que levou ao surgimento do modelo atômico de Rutherford.

Em segundo lugar destacamos a importância da nossa mediação na condução da aula, na medida em que procuramos resgatar as limitações de modelos vistos anteriormente antes de introduzir o novo modelo atômico. O debate suscitado na metade da aula trouxe à tona um aspecto fundamental de Filosofia da Ciência: o da provisoriabilidade de teorias científicas.

A aula se desenvolveu de acordo com as orientações expostas na proposta didática. O texto de apoio foi distribuído ao final da aula e as atividades relativas foram encaminhadas para serem entregues no começo da próxima aula. Consideramos que nesta aula a abordagem HFC permitiu uma participação maior da

turma na construção do conhecimento físico, na medida em que, ao trabalharmos com o modelo atômico de Rutherford por meio de uma abordagem HFC, pudemos destacar o caráter coletivo da construção do conhecimento científico. Esta abordagem permitiu também apontar aspectos relativos à provisoriedade das teorias científicas, bem como evidenciar a presença de um paradigma dominante (Física Clássica) na busca pela compreensão da estrutura da matéria.

Os registros de bordo das estudantes sobre esta aula apontaram que os encaminhamentos dados em nosso trabalho estão perturbando as concepções de parte das estudantes. Neste sentido, queremos enfatizar que seguimos as orientações de Solbes e Sinarcas (2001) referentes à finalidade das atividades que venham a ser desenvolvidas com estudantes. Para estes autores, as atividades que envolvem uma abordagem HFC permitem mudanças de postura nos estudantes, sobretudo quando valorizam os aspectos internos e externos da ciência.

Embora não tenhamos trabalhado nesta aula com leitura de textos em sala (indicamos uma leitura para ser feita em casa), procuramos organizar nosso trabalho de modo a colocar a HFC como eixo condutor da aula com um todo. Procuramos ir ao encontro de Batista quando esta autora afirma que a abordagem HFC funciona “como um fio condutor dos raciocínios, como um elemento na estrutura didática que favorece a cognoscibilidade dos conteúdos, que justifica racionalmente a coordenação didática desses” (BATISTA, 2004, p.474).

4.1.5 Aula 05 – 18/11/2011

A quinta aula da proposta didática - intitulada *Continuidade-descontinuidade: o conceito de quantum* - procurou abordar o conceito central da teoria quântica: o *quantum*. Por meio desta aula era esperado que as estudantes passassem a se familiarizar com a distinção entre grandezas físicas contínuas e descontínuas e que evidenciassem o *quantum* como uma quantidade de energia descontínua. O trabalho desta aula foi orientado por um texto de apoio, indicado na proposta didática. Nesta aula registramos o comparecimento de 38 alunas (86% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.5.1 Relato do professor da turma

A aula se desenvolveu em um ambiente tranquilo. Inicialmente indagamos as alunas sobre o que elas entendiam pelo termo *quântico*. Muitas afirmaram que a palavra derivava de coisas tais como água, vida, espírito, etc. Na sequência motivamos o estudo de seu significado e distribuimos cópias do texto indicado na proposta didática para leitura em duplas e resolução das questões propostas.

Percebemos que, em geral, as duplas se esforçaram em ler e responder às questões propostas. Notamos que algumas alunas sentiram dificuldades em compreender o que era solicitado em algumas questões propostas, fato este relacionado a nosso ver com a dificuldade de interpretação de textos.

Depois de decorridos 25 minutos do início da atividade, discutimos coletivamente as questões do texto e formalizamos o conceito físico de *quantum*, evidenciando a distinção entre grandezas físicas contínuas e descontínuas. Em geral as estudantes reagiram bem ao trabalho com o texto de apoio nesta aula.

4.1.5.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de quatro estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D15, D16, D17 e D18). Em relação ao início da aula, observamos nos diários que:

A aula iniciou-se às 13 horas e 54 minutos. O professor iniciou a aula questionando sobre o que seria a Física Quântica, alguns alunos supuseram coisas a qual poderiam ser. (D16)

Nenhum dos alunos soube responder corretamente à pergunta. Então o professor pediu para que a turma se dividisse em duplas ou trios, entregou um fragmento [de texto], o tema era continuidade e descontinuidade, no qual teríamos que ler e responder a quatro questões. (D17)

A respeito da atividade de leitura desenvolvida ao longo da aula e da resolução das questões propostas, os diários trazem os registros de que:

Toda a turma foi bem participativa, todos trabalharam em busca das respostas. (D15)

A turma estava bastante atenta e produtiva apesar de ter achado o texto um pouco complicado. (D17)

Depois de encerrado o tempo programado para leitura e resolução das questões propostas, foi realizada a discussão das ideias centrais do texto, conforme apontam os diários:

Após o professor explicou o significado de algumas palavras, dando vários exemplos, que até então estava difícil de compreender, mas no meu ver parece que a maioria dos alunos obtiveram um bom entendimento. (D18)

Antes que o professor corrigisse as questões com a turma, ele explicou a diferença sobre a grandeza física contínua e a grandeza descontínua. Ao explicar a diferença entre as grandezas ele corrigiu uma das questões. Para finalizar a aula o professor nos explicou que nós já aplicávamos o quantum, porém não sabíamos. (D16)

Ao final da aula, foi solicitada a entrega das respostas produzidas pelos grupos. Todos os diários registraram que o trabalho com o texto nesta aula foi produtivo e ressaltaram a participação das alunas.

4.1.5.3 Reflexões do pesquisador

Em relação a esta aula destacamos a sua importância dentro da proposta didática, na medida em que nesta é realizada a apresentação do conceito de *quantum* como uma quantidade discreta de energia. Esperamos que as estudantes sejam capazes de distinguir grandezas contínuas de descontínuas e que compreendam o conceito de *quantum* como uma quantidade descontínua de energia.

Para tal, o texto de Einstein e Infeld - *continuidade-descontinuidade* - se mostrou um forte aliado neste processo. O encaminhamento dado a essa aula envolveu, basicamente, a leitura e discussão deste texto. A maior parte das estudantes considerou sua leitura acessível e notamos apenas algumas dificuldades no momento em que as estudantes respondiam às questões as quais procuramos auxiliar sempre que necessário.

Ao contrário da primeira aula, em que o trabalho com a leitura de texto não foi bem recebido, a atividade desenvolvida nesta aula ocorreu sem problemas. Ao encaminharmos o trabalho com o texto clássico a ser feito em duplas, percebemos que esta escolha se mostrou uma alternativa melhor àquela desenvolvida na primeira aula na qual a leitura do texto foi feita de forma individual. Cada dupla de estudantes recebeu uma cópia do texto para leitura e resolução das questões. Esta escolha agradou a turma como um todo.

Durante o debate das questões notamos a disposição das estudantes em participar, expondo suas respostas e comentando alguns pontos do texto. A

discussão das questões com as alunas permitiu que trabalhássemos as ideias centrais do texto, como a distinção entre grandezas contínuas e descontínuas e o conceito de *quantum*. Em relação às respostas das estudantes, notamos que algumas estudantes se equivocaram, associando o conceito de *quantum* à definição de grandeza descontínua. Tal constatação seria levada em conta na próxima aula.

A respeito de apresentar o conceito de *quantum* por meio de uma abordagem HFC, ao invés de nos preocuparmos com aspectos puramente cronológicos, possibilitamos às estudantes, em primeiro lugar, o acesso a um texto clássico de um dos protagonistas de seu surgimento: Albert Einstein. A seleção do fragmento levou em consideração, dentre outros aspectos, a linguagem apresentada pelo autor. De modo a guiar o processo de interpretação do texto, estruturamos um roteiro de questões o qual tomamos como referência na condução do debate realizado na segunda parte da aula. Em relação às questões presentes na proposta didática, seguimos as orientações de Carvalho e Sasseron para as quais (2010, p.112) as questões “não devem ser diretivas, mas relativamente abertas, para permitirem uma leitura e uma intervenção criativa dos alunos”. Consideramos fundamental neste momento para as estudantes a compressão do conceito *quantum* e o recurso ao texto de Einstein e Infeld se mostrou um aliado importante neste processo.

Por fim é importante ressaltar em nossa reflexão que os horários de início e término desta aula foram respeitados e que não registramos nenhum incidente externo que perturbasse o andamento das atividades. A presença da maior parte das alunas também não representou um empecilho ao andamento das atividades, uma vez que o encaminhamento metodológico favoreceu a interação entre as alunas.

4.1.6 Aula 06 – 21/11/2011

A sexta aula foi destinada para a abordagem de alguns aspectos da teoria quântica. Nesta aula procuramos discutir os seus principais aspectos, tomando como referência o trabalho de Einstein acerca do efeito fotoelétrico. Procuramos seguir as orientações descritas na proposta didática. Registramos neste dia a presença de 33 estudantes (75% da turma).

4.1.6.1 Relato do professor da turma

Nesta aula buscamos reforçar a compreensão das estudantes sobre o conceito de *quantum*, abordado ao final da aula anterior. A aula foi expositiva e nela utilizamos a TV Multimídia, de modo a reproduzir um trecho de vídeo e alguns *slides* previamente organizados.

Inicialmente resgatamos os conceitos abordados na aula anterior retomando a distinção entre grandezas físicas contínuas e descontínuas, bem como o conceito de *quantum*. Na sequência, reproduzimos via TV Multimídia um trecho do vídeo *A saga⁵⁶ do prêmio Nobel - a teoria quântica*, com duração aproximada de 7 minutos. Consideramos pertinente passar este vídeo, uma vez que o mesmo apresenta elementos de cunho histórico e filosófico referentes à transição do século XIX ao XX, passando pela formulação da hipótese dos *quanta* de Planck até o trabalho de Einstein acerca do efeito fotoelétrico. Embora de cunho didático, observamos que o vídeo não despertou o interesse de grande parte das alunas, o que nos causou certo desconforto.

Na sequência, por meio da apresentação de *slides*, comentamos os principais aspectos de cunho histórico-filosófico que foram mencionados no vídeo e que motivaram o surgimento da teoria quântica. Formalizamos o conceito de *quantum* de energia e a equação de Planck, bem como o efeito fotoelétrico, evidenciando as limitações apresentadas pela Física Clássica. Em seguida, procedemos à resolução de um problema na qual era necessário o uso da equação de Planck. Através desta questão discutimos os estados discretos de energia. Ao final da aula propusemos um problema similar a ser feito em casa.

Ao contrário da aula anterior, notamos certa apatia em relação aos conteúdos apresentados, o que nos deixou desmotivados tendo em vista todo um cuidado na seleção dos recursos audiovisuais. Convém ressaltar que não houve casos de indisciplina ou a ocorrência de outros fatores perturbadores ao longo desta aula.

⁵⁶ Maiores informações acerca deste material audiovisual podem ser obtidas no endereço eletrônico <http://tvescola.mec.gov.br/index.php?option=com_zoo&view=item&item_id=8434>. Acesso em: 11/11/2012.

4.1.6.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de três estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D19, D20 e D21). Em relação ao início da aula, um registro aponta que:

A aula começou um pouco tumultuada, demorou para a turma se acalmar, somente quando o professor iniciou a retomada da aula anterior que a turma se aquietou. (D20)

Após a retomada dos conceitos da aula anterior foi passado o vídeo na TV Multimídia, conforme apontam os diários:

Em seguida [o professor] apresentou um vídeo, onde explicava sobre a teoria contínua, trilha quântica e descobertas. Um ponto importante que o vídeo mostrou foi o experimento de Einstein, o chamado “efeito fóton elétrico”. (D19)

Em seguida [o professor] passou um vídeo de aproximadamente 8 minutos sobre a teoria quântica, luz, quantum e átomo. (D20)

A aluna responsável pelo diário D21 mencionou as seguintes impressões acerca do vídeo:

O vídeo relatava os experimentos de Albert Einstein e Planck a respeito do efeito fotoelétrico. Planck achava sua hipótese quanto aos elétrons um artifício. Mas, Einstein provou através de um experimento que ao jogar luz independente da quantia, saiam elétrons na mesma proporção. Foi então que surgiu o efeito fotoelétrico. (D21)

Em relação à receptividade do vídeo, a aluna responsável pelo diário D20 observou que:

No decorrer do vídeo a turma se aquietou tanto que até a aluna⁵⁷ X, a aluna Y, entre outros estavam tirando um cochilo (dormindo) e outras pessoas estavam praticamente “pescando” (dormindo sentados e de olhos abertos). (D20)

Na sequência da aula o professor explicou o vídeo, formalizou o conceito de *quantum* de energia e procedeu à resolução de um problema. De acordo com o diário D20, percebemos que:

Ao término do vídeo o professor começou sua explicação sobre quantum de energia, modelo matemático. E para finalizar realizamos dois exercícios. (D20)

As alunas responsáveis pelos registros dos diários avaliaram a aula positivamente conforme vemos:

⁵⁷ Por questões éticas omitimos os nomes das estudantes apresentados no diário D20.

Conclui-se portanto que foi uma aula proveitosa, com uma boa participação dos alunos que estavam presentes em sala. (D21)

No meu ponto de vista a aula foi muito importante, pois nos esclareceu a existência da luz e de vários acontecimentos importantes. (D19).

4.1.6.3 Reflexões do pesquisador

Para esta aula elencamos no planejamento da proposta didática dois objetivos de aprendizagem: a compreensão da natureza dual da luz e a interpretação física da equação de Planck. É importante mencionar que esta aula tinha por objetivo aprofundar a discussão realizada na aula anterior, introduzindo as alunas no universo da teoria quântica. Para tal, procuramos a partir do resgate dos conceitos abordados na aula anterior inserir as alunas no universo da teoria quântica, tomando como referência o efeito fotoelétrico, conforme a recomendação⁵⁸ feita por Solbes e Sinarcas (2009).

Em nossa exposição procuramos evidenciar as limitações da Física Clássica. Para tal, recorreremos à TV Multimídia para a exibição de um trecho de vídeo e de alguns *slides*. Tendo em mente a escassez do tempo - apenas uma aula para a abordagem do tema - nos atemos aos aspectos fundamentais da teoria quântica e da natureza dual da luz.

A presença de 33 estudantes nesta aula não nos trouxe problemas de ordem disciplinar. Entretanto observamos certo desinteresse em parte das estudantes quando reproduzimos o trecho de vídeo na TV Multimídia. A finalidade deste vídeo era justamente apresentar alguns elementos relativos à história do surgimento da teoria quântica, contemplando a hipótese de Planck e a confirmação desta hipótese por Einstein. Consideramos o vídeo apropriado para ser inserido em uma aula de nível médio. O desinteresse registrado possivelmente estaria relacionado às condições registradas na escola no dia (sala de aula abafada por conta da alta temperatura, por exemplo).

A formalização dos conceitos abordados no vídeo ocorreu conforme o previsto. Com o auxílio de *slides* foram abordados os principais conceitos propostos, dentre

⁵⁸ Conforme vimos no capítulo 2, estes autores sugerem que para inserir os estudantes no universo da Física Quântica, o professor deve tomar como ponto de partida o efeito fotoelétrico, mostrando que este não pode ser explicado a partir do Eletromagnetismo Clássico, evidenciando assim que se fazem necessárias novas hipóteses sobre a natureza da luz.

eles a hipótese de Planck e o efeito fotoelétrico, evidenciando assim a natureza dual da luz. Ao final optamos por resolver com a turma um exercício na forma de problema. Neste momento percebemos que as alunas que não tinham prestado atenção ao longo da aula se preocuparam em acompanhar a resolução do exemplo proposto.

Concluimos nossa análise afirmando que nem sempre o trabalho em sala de aula com a informação histórica consiste em uma tarefa simples. Algumas alunas, talvez pelo fato de estarem cursando preparatórios para vestibular, criaram certos bloqueios *a priori* aos encaminhamentos alternativos dados ao longo da proposta didática. Nesta aula esta situação nos incomodou na medida em que durante a exibição do vídeo, algumas alunas demonstraram o seu descaso se debruçando sobre as carteiras. Entretanto, enquanto procedíamos com a resolução de um problema estas mesmas estudantes estiveram atentas ao encaminhamento dado, de modo a não perder as etapas fundamentais de sua resolução. Para estas estudantes a manipulação algébrica de grandezas físicas era o objeto de preocupação maior.

A superação de certas visões e tradições estabelecidas no interior da escola não é tarefa simples, entretanto entendemos que, se quisermos alçar um ensino melhor, devemos encarar este desafio. Interpretamos parte das adversidades enfrentadas nesta aula como resultantes das condições físicas impostas ao trabalho docente (sala abafada, temperatura elevada, estafa de fim de ano) e não como uma resistência exclusiva à abordagem alternativa do conteúdo proposto. Neste sentido, saímos em defesa da abordagem dos temas desta aula por meio da HFC, pois, segundo Batista (2007, p.260), “conhecer a evolução das ideias, dos problemas e de suas soluções na ciência é conhecer um processo de construção interdisciplinar de explicações”. Nesta aula em particular, encaramos a abordagem HFC como um convite às estudantes para um melhor aprendizado da lei de Planck - comumente apresentada apenas na forma de uma expressão matemática - não limitando sua aprendizagem apenas na simples manipulação de grandezas.

4.1.7 Aula 07 – 23/11/2011

A sétima aula da proposta didática, intitulada *O salto quântico: introdução ao modelo atômico de Bohr* teve por objetivo evidenciar as limitações do modelo atômico de Rutherford, bem como apresentar a solução proposta por Niels Bohr.

Para tal, esta aula foi orientada pelo trabalho com o texto indicado na proposta didática. Neste dia registramos a presença de 30 estudantes (68% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.7.1 Relato do professor da turma

Esta aula ocorreu no dia em que houve o pleito⁵⁹ para a escolha da nova direção do colégio. Notamos que por conta disto muitas alunas faltaram. Em um dado momento a aula foi interrompida pela pedagoga da escola que, por sua vez, repassou alguns recados às estudantes durante 5 minutos aproximadamente.

De início, motivamos as estudantes em relação aos encaminhamentos desta aula. Preparamos cópias do texto indicado na proposta didática (texto introdutório do artigo de Bohr *Sobre a constituição de átomos e moléculas*). As estudantes se organizaram em duplas e procederam à leitura do texto, bem como à resolução das questões propostas.

Com algumas exceções, a maior parte das estudantes presentes leu o texto e se empenhou em responder às questões propostas. Fomos obrigados a advertir algumas estudantes de modo a garantir um ambiente favorável ao desenvolvimento da atividade.

Faltando cerca de 10 minutos para o final da aula recolhemos as respostas dos grupos e discutimos as ideias centrais do texto através das questões propostas. Notamos que o debate foi muito produtivo na medida em que os grupos procuraram participar, apresentando suas respostas para as questões.

4.1.7.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de três estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D22, D23 e D24). Em relação ao encaminhamento da aula, o diário D23 registrou que:

A aula ocorreu da seguinte maneira: o professor organizou a turma em duplas, e distribuiu um texto com quatro questões no final para serem respondidas e entregues. Logo após fizemos discussões sobre o mesmo, sendo feito um resgate à introdução de Niels Bohr. Falamos sobre os três modelos

⁵⁹ Prevista pela Resolução 4122/2011 (GS/SEED), a consulta à comunidade escolar para designação de diretores e diretores auxiliares ocorreu em todos os estabelecimentos de ensino da rede estadual do Paraná, no dia 23/11/2011. Por ser um dia letivo, as aulas ocorreram normalmente neste dia.

atômicos, onde o modelo indivisível foi elaborado por Dalton, o divisível e conhecido como pudim de passas, por Thomson e o divisível e conhecido como planetário por Rutherford. (D23)

A respeito do texto trabalhado, a aluna responsável pelo diário D24 registrou que:

O texto tinha como base o modelo atômico. Bohr cita o modelo de J.J. Thomson que é formado por uma esfera de eletrização positiva uniforme, dentro da qual os elétrons se movem em órbitas circulares. E o modelo de Rutherford, no qual o átomo é constituído por um núcleo carregado positivamente, rodeado por um sistema de elétrons ligados pelas forças atrativas do núcleo. No fim do texto, Bohr cita uma limitação ao modelo de Rutherford e assim ele já propõe uma solução para corrigir este modelo. Esta solução seria introduzir nas leis do movimento dos elétrons a constante de Planck, ou, como é designada, o quantum elementar da ação. (D24)

O diário D22 não trouxe elementos significativos que permitissem uma reconstrução dos aspectos da aula. Por sua vez, as avaliações registradas nos diários D23 e D24 sobre a aula são transcritas abaixo:

A aula foi de bom proveito, pois fixou ainda mais a questão dos modelos atômicos e mostrou que o modelo a qual “seguimos” tem um problema e que só pode ser resolvido através da teoria quântica. A turma se comportou bem, e todos os alunos presentes realizaram a atividade proposta. (D24)

Com essa aula, descobrimos um pouco mais sobre a elaboração dos três modelos atômicos e também a certeza de que o modelo estável é o de Thomson e o que se aproxima mais do real é o de Rutherford. (D23)

4.1.7.3 Reflexões do pesquisador

Dentro do desenvolvimento da proposta didática, esta aula se destaca na medida em que nela introduzimos a compreensão da estrutura da matéria baseada na teoria quântica. Elencamos como objetivos de aprendizagem para esta aula: a capacidade de comparação dos modelos atômicos de Thomson e de Rutherford, a fim de evidenciar as limitações de cada um; a percepção das dificuldades apresentadas pela Física Clássica na sustentação de um modelo científico para a descrição do átomo; e a identificação, por meio do texto de apoio, da proposta feita por Bohr para a correção da instabilidade do átomo no início da década de 1910.

Esta é a primeira de três aulas que nos propusemos a abordar o modelo atômico de Bohr. Nossa opção metodológica para esta aula esteve centrada no trabalho com um fragmento de texto (o texto introdutório de um artigo de Bohr, publicado em 1913). Através deste texto, Bohr faz um apanhado geral da

compreensão da estrutura da matéria a partir dos modelos de Thomson e Rutherford e evidencia limitações na explicação clássica. Ao término do texto o autor nos dá indícios de como resolver tais limitações.

Consideramos que o texto em si encontra-se estruturado em linguagem acessível para estudantes de nível médio. As questões indicadas ao final do texto buscaram resgatar a discussão que foi realizada nas aulas anteriores e fustigar as estudantes em relação à nova proposta de descrição da estrutura da matéria. O trabalho realizado em sala, basicamente, consistiu na leitura e interpretação do texto, na resolução das questões propostas e no debate em torno das mesmas.

O desenvolvimento desta aula ocorreu dentro do planejado. Ao contrário da aula anterior, as estudantes responderam bem à nossa proposta de trabalho. Um aspecto nos chamou a atenção nesta aula: a frequência registrada neste dia foi a menor até o momento. Tal fato se deveu à realização do pleito para a escolha da nova direção do colégio ter sido realizada neste dia. Embora havia sido repassada anteriormente a informação de que as atividades do colégio seriam mantidas neste dia, boa parte das estudantes não compareceu à escola neste dia.

A participação das estudantes na discussão das ideias centrais do texto é um ponto que merece ser mencionado. Procuramos articular esta discussão, tomando como referência as questões propostas ao final do texto. Ficamos satisfeitos ao perceber o senso crítico de algumas estudantes na análise das questões propostas no texto, sobretudo no debate em torno das diferenças entre os modelos de Thomson e Rutherford (abordagem científica e filosófica).

Em relação ao desenvolvimento desta aula - dado a partir de uma abordagem HFC - partilhamos da visão de Gagliardi e Giordan. Para estes autores (1986) a História da Ciência não deve ser apresentada aos estudantes como uma série de descobertas simbólicas feitas por grandes sábios. Consideramos fundamental que os estudantes em geral compreendam as dificuldades, os obstáculos a serem atravessados, sem desconsiderar o contexto por detrás desse processo. Neste sentido entendemos esta aula cumpriu com a sua finalidade ao ser realizada, pois mediante o trabalho com o texto as alunas puderam discutir aspectos científicos e filosóficos em torno dos modelos atômicos abordados até o presente momento, sem se ater a detalhes de ordem cronológica ou biográfica.

4.1.8 Aula 08 – 24/11/2011

A oitava aula - intitulada *O modelo atômico de Bohr: características gerais* - buscou apresentar os princípios físicos que regem o modelo atômico proposto por Bohr. Partindo das orientações da proposta didática, procuramos apresentar às estudantes as características físicas deste modelo. Nesta aula registramos a presença de 35 estudantes (79% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.8.1 Relato do professor da turma

Esta aula foi em grande parte expositiva e nela apresentamos formalmente as principais características do modelo atômico de Bohr. Como recursos didáticos para esta aula, preparamos alguns *slides* a serem reproduzidos na TV Multimídia e providenciamos fotocópias do texto indicado na proposta didática, distribuindo-as para cada estudante.

Inicialmente resgatamos a evolução na compreensão dos modelos atômicos, tendo como base o texto trabalhado na aula anterior. Enfatizamos, nesta primeira parte da aula, os limites apresentados pelo modelo atômico de Rutherford.

Na sequência introduzimos os postulados de Bohr (energia fixa bem definida, estado estacionário, estados permitidos e absorção/emissão de luz) e deduzimos, com base nos conhecimentos de Física das estudantes, a expressão para a obtenção do raio atômico do átomo de Bohr. Em geral percebemos a dificuldade das estudantes em acompanhar as etapas matemáticas. Ao final desta aula informamos a turma que cada estudante deverá produzir um relatório sobre as três aulas em que o modelo atômico de Bohr seria trabalhado. Indicamos o dia 28/11/2011 como data para entrega desta atividade.

4.1.8.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de duas estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D25 e D26). De acordo com o diário D26:

A aula começou com o professor comentando das sistematizações já feitas [...] o professor comentou os assuntos da aula passada, que o modelo atômico de Rutherford era estável⁶⁰ e o do J.J. Thomson se aproximava mais do real, depois o professor falou do modelo que Bohr criou para corrigir Thomson e Rutherford. (D26)

Em relação à sequência da aula, a aluna responsável pelo diário D25 mencionou que:

[O professor] começou a explicar o modelo atômico de Bohr, após explicou os postulados que Bohr criou para definir o modelo, o elétron do átomo, energia fixa, estado estacionário, estado estacionário permitido, absorção e emissão de luz. (D25)

Como impressão das estudantes a respeito desta aula, nos basearemos no relato da aluna responsável pelo diário D26, segundo a qual:

Esta aulas são diferentes e mais proveitosas, se aprende melhor desse modo. Só o cálculo do raio do átomo de Bohr que ficou um pouco confuso mas até a próxima aula eu sei que me esforçarei e aprenderei. (D26)

4.1.8.3 Reflexões do pesquisador

Em linhas gerais, nesta aula buscamos apresentar as principais características do modelo atômico de Bohr, tendo como ponto de partida o resgate das discussões anteriores. Esperamos assim ter atingido os objetivos de aprendizagem elencados em nossa proposta didática: a compreensão das características do modelo atômico de Bohr; a compreensão do papel dos postulados na construção deste modelo e a percepção da ideia de ruptura em relação à Física Clássica, presente em parte neste modelo.

Esta aula foi em grande parte expositiva. Consideramos este momento crucial, na medida em que inserimos os elementos da teoria quântica na compreensão da estrutura da matéria. Buscamos deduzir com as estudantes as principais propriedades do modelo atômico de Bohr, como a expressão para a determinação do raio da órbita do elétron. Para tal, nos valem dos conhecimentos prévios das estudantes de Física Clássica (Mecânica e Eletromagnetismo). De modo a possibilitar uma abordagem HFC para esta aula, debatemos com as estudantes o papel dos postulados na construção do conhecimento científico. Em suma, nesta

⁶⁰ O entendimento da estudante neste caso foi incorreto.

aula procuramos enfatizar os aspectos lógico-dedutivos presentes nos resultados de Bohr, bem como o recurso aos postulados por parte deste cientista.

Em relação ao ambiente em que a aula se desenvolveu, este foi favorável na medida em que não registramos interrupções e problemas relativos ao horário. Entretanto, percebemos que algumas estudantes apresentavam sinais nítidos de cansaço o que provocou um pouco de dispersão, mas nada que comprometesse o ambiente como um todo.

Novamente recorreremos à TV Multimídia para a exibição de *slides* ilustrativos e para a retomada de alguns pontos abordados em aulas anteriores. Para as deduções e análise das propriedades do modelo atômico de Bohr, utilizamos o quadro de giz. Em relação ao desenvolvimento da aula notamos que algumas estudantes apresentaram dificuldades em compreender as manipulações algébricas realizadas (determinação da expressão algébrica do raio do átomo de Bohr). Consideramos que tais manipulações não deveriam ser motivo de dificuldade para estudantes que estão encerrando um curso de nível médio, uma vez que envolvem conhecimentos do Ensino Fundamental. Entretanto, por se tratar de um curso técnico de nível médio, com carga horária de matemática diferenciada, não vamos nos ater a este ponto, uma vez que o problema extrapola a temática desta pesquisa. Ao final da aula distribuímos para cada estudante uma cópia do texto de apoio indicado na proposta didática.

Em relação ao papel desta aula e a opção metodológica adotada, sobretudo nos encaminhamentos realizados, nos baseamos nas orientações de Carvalho e Sasseron (2010). Para estas autoras:

Apesar de atividades que versem sobre tópicos de História e Filosofia das Ciências serem essenciais ao se pretender enculturar cientificamente os estudantes, é necessário que estas estejam inseridas em sequências de ensino que permitam o trabalho em sala de aula levando em conta os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Defendemos, pois o uso de outras atividades de orientação construtivista, tais como demonstrações, laboratórios investigativos e resoluções de problemas abertos (CARVALHO; SASSERON, 2010, p.113).

Desse modo, queremos explicitar a nossa opção ao longo do desenvolvimento da proposta didática: aliar as diversas atividades possíveis de serem realizadas em aula. Elegemos para esta proposta didática a abordagem HFC como eixo condutor, presente em todas as aulas, aliando-a com outros encaminhamentos em menor

escala como as demonstrações e, eventualmente, a resolução de problemas. Assim cremos que os objetivos de aprendizagem desta aula (e das demais) puderam ser atingidos.

Por fim convém mencionar que em relação aos diários de bordo produzidos pelas estudantes sobre esta aula, estes ficaram limitados em apenas dois, pois uma estudante não entregou o seu. Destes, apenas um trouxe o registro de informações consistentes o que comprometeu em parte o processo de reconstrução da aula a partir da visão das estudantes.

4.1.9 Aula 09 – 25/11/2011

Através da nona aula da proposta didática nos propusemos a continuar com a análise do modelo atômico de Bohr. Nesta aula discutimos aspectos relacionados à sua validade. O ponto de referência foi o átomo de hidrogênio e na sequência procuramos mostrar que o modelo atômico proposto por Bohr não se aplica a átomos multieletrônicos apresentando, portanto, limitações. Para esta aula preparamos *slides* os quais foram reproduzidos via TV Multimídia e intercalamos o seu uso com o quadro de giz. Nesta aula registramos a presença de 40 estudantes (91% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.9.1 Relato do professor da turma

Inicialmente com o uso de *slides* resgatamos os principais resultados obtidos na aula anterior sobre o modelo atômico de Bohr. Apresentamos às estudantes algumas noções básicas de espectroscopia e, em seguida, discutimos algumas características do átomo de hidrogênio a partir do modelo de Bohr, calculando inclusive o raio da órbita fundamental do elétron e a energia associada a ele. Por fim mostramos às estudantes que os resultados experimentais da espectroscopia indicavam que o modelo atômico proposto por Bohr se adequava apenas a átomos monoelétrônicos.

Neste dia registramos um alto índice de frequência das estudantes. O motivo, segundo nos foi passado, seria a realização de avaliação trimestral de outra disciplina. Na primeira parte da aula solicitamos que duas alunas se retirassem da sala por estarem dormindo. Este fato nos incomodou em aulas anteriores e, nesta

aula, acabamos tomando esta atitude drástica por considerar um falta de respeito ao nosso trabalho e às demais estudantes. Apesar de seu início tumultuado, a aula se desenvolveu sem maiores problemas.

Em relação às dificuldades observadas na aula passada, nesta aula percebemos que as estudantes não se queixaram, sobretudo no momento em que analisamos em conjunto as propriedades do átomo de hidrogênio. O uso de *slides* foi benéfico ao trabalho por facilitar a compreensão de alguns aspectos da espectroscopia.

Em conversa com a turma ao final da aula, as estudantes solicitaram encerrar as atividades da disciplina no início de dezembro. Expusemos a elas que faltavam apenas três aulas da proposta didática e uma aula para a avaliação final (aplicação do questionário final).

4.1.9.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de três estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D27, D28 e D29). Em relação à aula, a aluna responsável pelo diário D28 registrou que:

A aula iniciou-se pontualmente, com a retomada da aula anterior e a explicação do raio de Bohr. Tal explicação consistiu na hipótese de que o modelo atômico de Bohr apresenta um núcleo, órbitas bem definidas, salto quântico e a ideia de quantização (o elétron não pode ficar em qualquer lugar). Porém, servindo apenas para átomos monoelétrônicos. [...] Após a discussão sobre o átomo de Bohr, realizou-se o cálculo da órbita fundamental do elétron e a energia associada a ele no átomo de hidrogênio, cujo resultado do raio foi igual a $0,526 \text{ \AA}$ e da energia foi de aproximadamente $-13,6 \text{ eV}$. (D28)

Por sua vez, a aluna responsável pelo diário D29 registrou que:

O conteúdo da aula deu a impressão de ser complexo, por obter muitas informações e fórmulas, mas que com o passar da aula, com as explicações do professor foram se tornando mais claras. A aula encerrou-se com a resolução de algumas contas, um pouco longas, mas com o conhecimento anterior aplicado torna-se mais fácil. (D29)

Em relação ao comportamento da turma, o diário D29 registrou que:

No decorrer da aula havia algumas alunas desinteressadas no conteúdo proposto, as quais começaram a dormir em sala fazendo com que fossem convidadas a se retirar da sala. (D29)

A respeito da turma e do conteúdo, a aluna responsável pelo diário D27 mencionou que:

A nossa turma está bastante cansada, tem até algumas [alunas] debruçadas nas carteiras, fizemos dois dias de estágio, no CMEI e na escola, mas o pior vai ser na semana que vem. [...] O professor explica, mas apenas alguns seguem seu raciocínio, eu e a maioria não entendemos nada, não sei para que precisaremos disto, mas serve para piorar minha dor de cabeça.(D27)

Entretanto, os registros dos diários D28 e D29 vão à direção oposta da aluna responsável pelo diário D27, na medida em que mencionam que:

A aula foi finalizada com o entendimento de que o modelo atômico de Bohr foi muito importante, abrindo caminho para a mecânica quântica. Portanto, pode-se concluir que essa aula foi diferente das demais, sendo colocada em prática, através do cálculo da expressão do raio e da energia do átomo, que apesar de ser uma matemática básica, assustou de certa forma a alguns alunos, justamente pelo tamanho da conta. Basta ressaltar que apesar do cansaço da turma e da saída de duas alunas, consequências estas dos estágios realizados nos CMEI's e escolas, a aula foi muito boa e de suma importância. (D28)

A aula foi produtiva pois aprimorou os conhecimentos que já se tinha sobre a Teoria Atômica e também como se abriu o caminho para o surgimento do modelo da Mecânica Quântica a partir da Teoria de Bohr. (D29)

4.1.9.3 Reflexões do pesquisador

Através desta aula encerramos o estudo sobre o modelo atômico de Bohr. A partir do resgate das principais propriedades abordadas na aula anterior, analisamos o átomo de hidrogênio a partir da teoria de Bohr e discutimos os limites de validade desta teoria, tendo como referência dados espectroscópicos na forma de imagens. Ao final da aula evidenciamos para as estudantes que uma nova interpretação para o átomo seria necessária.

A aula transcorreu conforme planejado a partir das orientações da proposta didática. Recorremos à TV Multimídia para a exibição de *slides* contendo os principais pontos vistos na aula anterior. Utilizamos o quadro de giz para a determinação e discussão das propriedades do átomo de hidrogênio à luz da teoria de Bohr. Recorremos à TV Multimídia para explorar as limitações do modelo de Bohr, a partir de resultados espectroscópicos.

Em relação aos problemas enfrentados nesta aula, os quais geraram a situação de estresse e que culminaram na retirada de duas alunas, apontamos como prováveis causas:

- **A presença da maior parte da turma.** Tal fato se deveu à realização de avaliação de outra disciplina neste dia. Nestas últimas semanas de aula algumas estudantes têm comparecido ao colégio apenas em dias de avaliação. Neste grupo estão incluídas as estudantes que foram convidadas a se retirar da sala.
- **A infraestrutura da sala de aula.** O espaço físico em que desenvolvemos a nossa proposta didática é pouco arejado e nele incide diretamente a luz solar no período em que ocorrem as aulas. Em dias mais quentes, sobretudo nas últimas semanas do ano, o espaço se torna abafado, comprometendo o rendimento escolar das estudantes. A ausência de ventiladores e de cortinas tende a agravar o problema.
- **A realização de avaliação na aula anterior à nossa.** Embora não tenha se prolongado e ocupado parte de nosso horário, acreditamos que a realização desta avaliação tenha contribuído também para a geração desse quadro.

Convém ressaltar que a maior parte da turma presente se esforçou em participar da aula, seja no acompanhamento da exposição, seja no questionamento das etapas algébricas para a obtenção das grandezas físicas referentes ao átomo de hidrogênio. Apesar de a aula ter sido em nível médio, constatamos que muitas alunas apresentaram dificuldades em acompanhar a aplicação das propriedades do modelo de Bohr no átomo de hidrogênio. Tais dificuldades foram de ordem matemática e basicamente estavam relacionadas a dificuldades com operações básicas, regras de sinais, etc.

Cabe uma consideração em torno dos diários de bordo. Embora as críticas das estudantes sejam fundamentais em nossa pesquisa, não concordamos com os argumentos expostos pela aluna que produziu o diário D27. Esta aluna é uma que apresentou altas taxas de faltas ao longo do ano letivo (durante o desenvolvimento da proposta didática registrou poucas faltas) e, talvez por sua idade ser bem superior a das demais estudantes (45 anos), outros fatores contribuíram para que esta apresentasse maior dificuldade do que as demais no cumprimento de suas funções enquanto estudante.

4.1.10 Aula 10 – 28/11/2011

A décima aula da proposta didática foi reservada para apresentarmos às estudantes os fundamentos da Mecânica Quântica. De acordo com as orientações da proposta didática, reproduzimos o vídeo *Tudo sobre incerteza*⁶¹, o qual se propôs a apresentar os principais conceitos da Mecânica Quântica por meio de uma abordagem histórico-filosófica. Nesta aula registramos a presença de 32 estudantes (73% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.10.1 Relato do professor da turma

Iniciamos a aula com uma breve exposição a fim de motivar a turma para o vídeo e pedimos às estudantes que se empenhassem em prestar atenção, bem como registrar em seus cadernos tudo aquilo que lhes chamasse a atenção. Em seguida procedemos à exibição do documentário *Tudo sobre incerteza*, o qual ocupou o restante da aula, incluindo 5 minutos além do horário programado⁶².

De modo geral, notamos nas estudantes boa disposição em assistir ao documentário. Percebemos que a maior parte da turma fez anotações em seus cadernos à medida que assistiam ao documentário. Ficamos satisfeitos em perceber que o recurso audiovisual cumpriu com sua função nesta aula. Ao final da exibição do documentário, pedimos para as estudantes que trouxessem na próxima aula suas anotações para discussão.

4.1.10.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de três estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D30, D31 e D32). De acordo com o registro do diário D32:

No decorrer da aula o professor passou um vídeo na TV Pen Drive, onde abordava o momento transitório entre o modelo atômico de Bohr e a Mecânica Quântica. (D32)

Transcrevemos as principais impressões registradas nos diários acerca do documentário abaixo:

⁶¹ Documentário de 50 minutos exibido pelo canal *Discovery Channel*. Maiores informações em <<http://www.discoverynaescola.com>>. Acesso em: 13/11/2011.

⁶² Para garantir a exibição integral do documentário, pedimos antecipadamente ao professor da aula seguinte que nos cedesse 5 minutos de sua aula.

No mundo dos átomos nada é o que parece, são elementos microscópicos. As regras dentro do átomo é a mecânica quântica. Todas as armas intelectuais não funcionam na mecânica quântica, nós não temos uma experiência do real. (D32)

O mundo atômico seria algo muito confuso onde o homem busca sempre novas respostas, e a Física Quântica nos daria um olhar diferenciado, não seria lógica como a segunda lei de Newton. (D31)

Einstein juntou a luz e a corrente elétrica, a luz parece ser tanto onda como partícula. Partícula tem posição, velocidade, massa, rotação e então não é mais probabilidade é uma realidade. (D32)

Em um experimento realizado tinha-se a seguinte dúvida: saber se o elétron seria uma partícula ou uma onda, haviam duas fendas onde era emitido partículas de luz primeiro apenas em uma fenda, depois na outra e por último nas duas juntas, quando isso ocorria, aquilo que era uma partícula se transformava em onda. (D31)

O fóton é uma quantidade de energia onde pode se ganhar ou perder. Por fim assistimos a experiência do gato na caixa, onde podemos perceber que existem várias probabilidades do que aconteceu com o gato, mas necessitamos olhar para dentro da caixa para vermos a verdadeira realidade. (D32)

Em um mundo em que a Natureza se mostra incerta despertou o interesse em buscar o início de tudo uma visão ampla. Existiriam dois mundos onde seriam distintas as realidades, um não saberia da existência do outro, devemos compreender a existência dos dois sem descartá-los. (D31)

Em relação ao desenvolvimento desta aula, a estudante responsável pelo diário D32 registrou que:

A aula foi bem tranquila, os alunos colaboraram com o silêncio e assim podendo ter um melhor aproveitamento dos temas abordados no vídeo. (D32)

4.1.10.3 Reflexões do pesquisador

Através desta aula introduzimos as estudantes no universo da Mecânica Quântica. Elegemos como objetivos de aprendizagem a capacidade de identificar os seus fundamentos, bem como de evidenciar aspectos inerentes ao trabalho científico na construção das teorias. Para tal, reservamos a aula toda para a exibição (via TV Multimídia) do documentário *Tudo sobre Incerteza*. O objetivo principal de sua exibição era de apresentar às estudantes aspectos e conceitos da Mecânica Quântica.

A aula transcorreu sem problemas em relação aos horários e interrupções. A turma correspondeu bem ao nosso pedido feito no início da aula e mostrou-se empenhada em assistir ao documentário e registrar suas impressões. Em linhas

gerais, o documentário abordou a dualidade da luz e da matéria, o princípio da incerteza, entre outros aspectos da Mecânica Quântica.

As estudantes responsáveis pelos diários desta aula transcreveram suas anotações a respeito do documentário, dentre as quais reproduzimos na seção anterior. Em algumas impressões notamos inconsistências que são compreensíveis na medida em que o documentário trouxe uma grande quantidade de informações. Dos três diários, dois deles apresentam registros de praticamente todo o documentário, o que nos leva a acreditar que o recurso audiovisual cumpriu com sua função em transmitir a informação histórica aliada com o conhecimento científico.

Ao optarmos por abordar a Mecânica Quântica por meio de uma perspectiva histórico-filosófica, pudemos explorar os seus fundamentos de forma qualitativa. O recurso audiovisual foi escolhido devido à riqueza de detalhes que este pôde trazer, quando comparado com um texto escrito. A seleção prévia deste material baseada, dentre outros fatores, em sua linguagem condizente ao nível de ensino nos possibilitou, no espaço de uma aula, abordar com as estudantes a complexidade do mundo microscópico a partir dos debates realizados na década de 1920. A discussão das impressões registradas pelas estudantes foi realizada na aula seguinte.

4.1.11 Aula 11 – 30/11/2011

A décima primeira aula, intitulada *A descrição da estrutura da matéria a partir da Mecânica Quântica*, teve por objetivo analisar as principais diferenças entre as concepções clássica e quântica acerca da descrição da Natureza. Para tal preparamos alguns *slides* para serem reproduzidos via TV Multimídia, bem como cópias do texto indicado na proposta didática. Nesta aula registramos a presença de 33 estudantes (75% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.11.1 Relato do professor da turma

Iniciamos esta aula abrindo espaço para que as estudantes pudessem expor os pontos que lhes mais chamaram a atenção, referentes ao documentário exibido na aula anterior. Na sequência fizemos a discussão do vídeo, expondo os conceitos abordados tais como a dualidade da matéria e o princípio da incerteza. Abordamos o

comportamento dual da luz e alguns aspectos qualitativos do modelo da Mecânica Quântica. Discutimos o princípio de complementariedade por meio de analogias. Para isso utilizamos as imagens indicadas na proposta didática, reproduzindo-as na TV Multimídia. Abordamos também o princípio da incerteza, enfatizando o significado do ato de medir em Física. Enfatizamos que, no nível subatômico, a Natureza impõe restrições àquilo que podemos conhecer.

Consideramos que a aula foi bem produtiva e participativa. As estudantes interagiram ao longo da aula toda realizando perguntas e contribuindo com comentários.

4.1.11.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de quatro estudantes que ficaram encarregadas de sua produção (D33, D34, D35 e D36). Em relação ao início da aula, os diários trazem os registros de que:

A aula começou às 14 horas, a turma estava agitada. O professor começou a explicação relembando a aula de segunda-feira baseada no filme, questionando sobre o filme com a turma das palavras chaves que são mecânica quântica, elétron, etc. (D36)

Após os comentários dos alunos o professor deu continuidade no assunto, dizendo sobre a mecânica clássica e mecânica quântica, explicando a relação de cada uma. (D34)

Foi discutido sobre a Mecânica Clássica, que refere-se ao mundo macroscópico e baixas velocidades. Também foi falado sobre a Mecânica Quântica que fala sobre o funcionamento do átomo. Os conceitos de dualidade, onda, partícula, princípio da incerteza e complementariedade se encaixam na parte de mecânica quântica. Não podemos deixar de ressaltar que “mecânica” quer dizer movimento. (D35)

Na segunda parte da aula, após organizar um quadro comparativo entre a Mecânica Clássica e a Mecânica Quântica, o professor passou as imagens na TV Multimídia, conforme apontam os diários:

Já na metade da aula o professor utilizou o recurso da TV Pendrive, a classe demonstrou interesse, foi mostrado duas imagens. A turma começou a participar mais da aula. (D36)

Foi mostrado duas imagens subliminares, na qual pode se observar que me, tudo é o que parece. O elétron ele pode ser uma partícula ou uma onda, isso vai variar devido a forma em que está sendo analisado. (D35)

Em relação ao princípio da incerteza, o exemplo mencionado chamou a atenção da aluna que fez o registro do diário D36, conforme vemos:

O professor voltou a fazer anotações do quadro, o que mais se destacou foi o princípio da incerteza (1927). A turma interagiu mais com o exemplo [...] Na sequência continuou as anotações. O professor citou uma frase no final da aula: “no mundo microscópico a Natureza limita o que podemos conhecer” (D36).

4.1.11.3 Reflexões do pesquisador

Esta aula representou um grande desafio, na medida em que formalizamos os principais conceitos apresentados no documentário visto na aula anterior. Com isso esperamos que as alunas sejam capazes de distinguir as concepções clássica e quântica no que se refere à descrição da estrutura da matéria, bem como que evidenciassem as limitações impostas pela Natureza à Física a partir da descrição feita pela Mecânica Quântica.

O debate foi um ponto forte desta aula. As alunas foram convidadas a iniciar a aula indicando os pontos que mais lhes chamaram a atenção em relação ao documentário. Assim foi possível organizar um conjunto de palavras-chave para então explanarmos sobre os fundamentos da Mecânica Quântica. A estratégia adotada para a explicação envolveu a construção de um quadro comparativo entre as características da Mecânica Clássica (aquela que as estudantes já conheciam) e as da Mecânica Quântica.

A partir do quadro organizado, passamos a discutir o significado de dualidade da matéria. Como recurso auxiliar, utilizamos as imagens citadas na proposta didática para reforçar a explicação de dualidade. Por meio das imagens de ilusão de ótica exploramos o conceito de dualidade e, também, alguns aspectos relacionados ao ato de conhecer. Na sequência abordamos o princípio da incerteza, evidenciando as limitações do ato de conhecer impostas no nível subatômico. Por fim, comentamos sobre o modelo atômico de orbitais de forma estritamente qualitativa, enfatizando os avanços e as novas questões que este trouxe para a compreensão da estrutura da matéria. Tomamos o devido cuidado em expor às estudantes que a discussão deste modelo não se resumiria a esta aula e que muitas indagações ainda persistem. O texto indicado na proposta didática foi distribuído para ser lido em casa, como atividade complementar.

Nesta aula notamos que houve um grande interesse e participação da turma em relação à discussão dos temas. O documentário visto na aula anterior instigou

muitas estudantes, sobretudo por trazer à tona aspectos relacionados às limitações da Física na compreensão da realidade. Algumas estudantes ficaram surpresas e até mesmo esboçaram uma decepção em perceber, por meio desta aula, as eventuais limitações que a atividade científica apresenta quando o objeto de estudo encontra-se em nível microscópico. O estudo da estrutura da matéria por meio da abordagem HFC permitiu, dentre outras questões, refletir sobre aspectos diretamente relacionados à natureza da ciência e ao trabalho do cientista.

Nas últimas duas aulas foi possível, por meio do recurso à História e Filosofia da Ciência, abordar os fundamentos da Mecânica Quântica, possibilitando às estudantes um panorama geral desta área do conhecimento. Procuramos evidenciar nestas aulas que a Física e as áreas correlatas se desenvolvem a partir de um contexto cultural, econômico e social. Embora seja um desafio para o ensino de Física em nível médio, a abordagem dos fundamentos de Mecânica Quântica é parte fundamental de nossa proposta didática, na medida em que permite a discussão de uma área da Física com características peculiares. Convém ressaltar que a abordagem HFC representou uma via de acesso fundamental a esta temática, na medida em que possibilitou o conhecimento sobre a evolução das ideias, dos problemas e de suas soluções na ciência e que culminaram em seu surgimento. O recurso ao documentário visto na aula anterior e debatido nesta possibilitou a reflexão em torno de aspectos internos e externos da atividade científica.

4.1.12 Aula 12 – 01/12/2011

A última aula da proposta didática, intitulada *Física e realidade*, teve por objetivo fazer uma retrospectiva em torno dos conteúdos abordados ao longo do desenvolvimento da proposta didática. Para tal as atividades previstas foram desenvolvidas a partir do texto *Física e Realidade* de Einstein e Infeld. Embora programado para ser lido em sala, tal texto acabou sendo utilizado como referencial teórico para aula e sua leitura foi encaminhada para ser feita em casa. Nesta aula registramos a presença de 34 estudantes (77% das estudantes matriculadas na turma).

4.1.12.1 Relato do professor da turma

Esta aula iniciou-se com atraso de 10 minutos, novamente motivado pela presença da equipe pedagógica. Num primeiro momento resgatamos os principais aspectos trabalhados ao longo da proposta didática. Partindo das concepções gregas a respeito da estrutura da matéria, procuramos fazer um retrospecto em torno dos principais modelos científicos trabalhados ao longo do desenvolvimento da proposta didática. Recapitulamos os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr e o modelo de orbitais. Mencionamos as descobertas posteriores em relação ao interior do átomo (descoberta do nêutron, as partículas elementares e o “modelo padrão”). Procuramos enfatizar o caráter dinâmico da ciência, bem como a existência de descontinuidades presentes em sua história. Ao final entregamos uma cópia do texto *Física e Realidade* para cada estudante e solicitamos como atividade a sua leitura e a resolução das atividades indicadas junto ao texto.

Achamos conveniente o encaminhamento dado para esta aula na medida em que pudemos organizar as discussões realizadas nas aulas anteriores e enfatizarmos que a busca da compreensão da estrutura da matéria não se encerrou com a exposição da aula anterior. As estudantes responderam bem à metodologia adotada nesta aula. A escolha de não trabalhar com a leitura do texto em sala foi justificada pela falta de tempo disponível. Mesmo assim procuramos discutir suas ideias durante a retomada dos pontos abordados. Consideramos que a aula foi bem produtiva e participativa.

Em relação ao ambiente escolar, além do seu início ter sido marcado pelo atraso, a aula foi interrompida duas vezes e havia barulho externo à sala o que nos incomodou um pouco na condução do trabalho.

4.1.12.2 Relatos das estudantes sobre a aula

Para a reconstrução desta aula, tomamos como referência os diários de bordo de quatro estudantes que ficaram encarregadas da sua produção (D37, D38, D39 e D40). Em relação à aula os diários trazem os registros de que:

A aula teve início às 14 horas com um atraso de 10 minutos, no início realizou-se uma recapitulação da aula anterior. (D38)

Para começar a aula o professor fez perguntas à turma sobre os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. E a cada explicação era colocado as teorias no quadro (D40).

Relembramos algumas coisas que foram citadas nas aulas anteriores sobre o descobrimento do átomo e sua evolução passando por Dalton, Thomson onde surgiu a parte física [...], Rutherford com a descoberta do próton e o modelo planetário. Com a teoria quântica de Bohr surge a criação do núcleo e a existência de camadas [...]. Com o modelo da mecânica quântica (modelo Bohr + dualidade + incerteza) foi reestruturado o mesmo e criou-se o modelo orbital onde a esfera toda é preenchida e para melhor entendimento foi citado o exemplo de uma hélice de um ventilador. (D37)

Em relação aos avanços da Física, foram citadas a descoberta do nêutron e a descoberta das partículas elementares. O diário D37 menciona que:

Em 1932 houve a descoberta do nêutron, aí surgiu a física de partículas envolvendo quarks, léptons, etc. Prótons, elétrons e nêutrons não são as menores partes do átomo. A força que menos conhecemos é a força gravitacional. Com a teoria do Big Bang onde diz que tudo surgiu de uma explosão de uma partícula mas da onde surgiu esta partícula? [...] [Em relação ao bóson de Higgs] Se essa teoria for provada toda essa explicação terá mais sentido e surgirão mais explicações para o surgimento das coisas. (D37)

Ao final da aula foi distribuído o texto conforme aponta o diário D40:

Para finalizar a aula o professor passou um texto “Física e realidade”, o qual é uma revisão para avaliação que terá na próxima aula e também com três perguntas para responder. (D40).

4.1.12.3 Reflexões do pesquisador

Para esta última aula, elegemos como objetivos de aprendizagem a capacidade de resgatar as etapas fundamentais na evolução da compreensão da estrutura da matéria, bem como a percepção dos impactos gerados a partir da teoria quântica à Física, em suas pretensões enquanto ciência. Por esta ser a última aula do desenvolvimento da proposta didática, procuramos fazer o fechamento de toda discussão realizada nas aulas anteriores.

Nesta aula retomamos os conteúdos abordados anteriormente e fizemos algumas considerações em torno dos avanços da Física ao longo do século passado e início deste século. Procuramos enfatizar que a busca pela compreensão da estrutura da matéria é uma questão que permanece em aberto em nossos dias; que a cada descoberta científica, novas questões emergem fazendo com que as teorias já constituídas possam ser reafirmadas, modificadas ou até mesmo substituídas. Na medida em que os modelos atômicos foram sendo resgatados, as estudantes

puderam evidenciar o aumento da complexidade na compreensão da estrutura da matéria.

Consideramos que a participação das estudantes nesta aula foi boa. Entretanto se faz necessário levar em consideração que fatores externos (alunos de outras turmas sem aula, início da aula com atraso, interrupções da aula) prejudicaram o nosso trabalho. Em virtude do início da aula ter sido atrasado em cerca de 10 minutos e por conta das interrupções sofridas ao longo da aula, acabamos não realizando a atividade com o texto de apoio em sala (a resolução e discussão das questões). A atividade foi encaminhada para ser feita em casa, embora as ideias centrais do texto fossem abordadas em sala.

Com esta aula encerramos o desenvolvimento da proposta didática. Na sequência, faremos considerações deste processo como um todo.

4.1.13 Considerações gerais sobre o processo

Ao longo desta seção procuramos resgatar o processo de desenvolvimento da proposta didática a partir dos relatos dos sujeitos envolvidos. Em primeiro lugar trouxemos a nossa visão de professor da turma, a qual representa uma primeira leitura em relação ao desenvolvimento de cada aula. Em seguida, apresentamos os relatos das estudantes a partir dos diários de bordo produzidos. Por meio destes pudemos extrair dados e impressões que refletiram a visão das estudantes sobre as etapas de desenvolvimento da proposta didática, bem como resgatar elementos que, em alguns casos, não percebemos durante a condução de cada aula. Por fim trouxemos a nossa visão de pesquisador, construída a partir de reflexões sobre as narrativas das alunas e descrição do professor.

A proposta didática *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria* foi concebida para ser desenvolvida ao longo de 12 aulas, em um período de 6 semanas. Entretanto é importante ressaltar que, por conta de problemas relativos ao calendário, tivemos que solicitar algumas aulas de outros professores, de modo a desenvolver nosso trabalho no período de um mês. Tais problemas estiveram relacionados a dois fatores: à existência de feriados no mês de novembro e à dificuldade no cumprimento integral do próprio calendário. Em relação ao segundo fator, salientamos que, se não houvesse tal dificuldade, o primeiro fator não seria motivo de preocupação, uma vez que a carga horária da proposta didática se

encaixava perfeitamente no calendário letivo. Se este fosse respeitado em relação ao seu cumprimento, não seria necessário condensar o desenvolvimento da proposta didática – inicialmente programada para 6 semanas – no período de um mês letivo.

No que se refere ao desenvolvimento da proposta didática, convém ressaltar alguns pontos. Em primeiro lugar, o elevado número de alunas matriculadas na turma comprometeu, em parte, o processo. Consideramos que o trabalho com grupos com mais de 35 é suscetível a sofrer prejuízos de ordem pedagógica. O trabalho com esta turma possibilitou uma reflexão sobre esta questão, uma vez que esta ainda é a realidade configurada em muitos estabelecimentos de ensino e dada em função de diversos fatores (ausência de espaço físico, minimização de custeio com pessoal, etc.). Em relação à turma que trabalhamos convém salientar que, apesar de seu tamanho, muitas estudantes registraram um grande número de faltas. Ao término do desenvolvimento da proposta didática constatamos que apenas 5 estudantes (de um total de 44) não apresentaram registros de faltas durante o período. É importante ressaltar que todas as aulas foram agendadas previamente com antecedência mínima de uma semana e que o registro de consideráveis taxas de faltas é característica peculiar de muitas estudantes desta turma, não se restringindo apenas à nossa disciplina.

Em segundo lugar, destacamos os problemas internos que enfrentamos no desenvolvimento da proposta didática. Tais problemas derivaram basicamente do não cumprimento dos horários de aula (início e término), bem como de interrupções e de ruídos externos. Em alguns momentos registramos prejuízos em nossas aulas de cerca de 10 a 15 minutos por conta destes problemas. Consideramos que situações pontuais são toleráveis, mas na medida em que tais interrupções, atrasos e perturbações se tornam frequentes, o andamento das atividades acaba sendo comprometido. É possível minimizar e, até mesmo, evitar a ocorrência destas situações.

Em terceiro lugar, a estrutura física em que desenvolvemos a proposta didática também influenciou no processo. Em alguns momentos registramos que as condições climáticas prejudicaram o rendimento das estudantes durante o desenvolvimento das atividades. A ausência de ventiladores e de cortinas, bem como a incidência da luz solar em parte do espaço físico (inclusive sobre as alunas), aliados à turma numerosa e aos problemas de ordem disciplinar do colégio (alunos

de outras turmas ociosos) prejudicou, em parte, o desenvolvimento de nossa proposta.

A respeito da proposta inicial, o desenvolvimento da proposta didática se distanciou em alguns encaminhamentos didático-metodológicos, tendo em vista o exposto anteriormente. Os prejuízos incorridos ao tempo de duração de algumas aulas nos obrigaram a reorganizar, em tempo real, as atividades propostas sem, contudo, nos forçar a ampliar a carga horária programada inicialmente. Por se tratar de um estudo de caso e levando em consideração o contexto de pesquisa, compreendemos a necessidade de readequarmos alguns conteúdos e atividades ao longo do processo.

No que se refere aos encaminhamentos dados durante o desenvolvimento da proposta didática, procuramos nos orientar ao máximo pela abordagem HFC. A discussão dos fundamentos da Física Quântica foi feita a partir da evolução da compreensão da estrutura da matéria. O pano de fundo de nossa proposta, como dito anteriormente, foi a História e a Filosofia da Ciência. Ressaltamos que, ao contrário de uma parcela considerável das coleções de livros didáticos de Física do PNLD 2012, não promovemos o ensino de uma *história da Física Quântica*, mas o ensino de seus fundamentos a partir da evolução da compreensão da estrutura da matéria. Ao construirmos uma proposta didática, procuramos romper com a perspectiva histórica presente em muitos livros, a qual segundo Saito,

privilegia os resultados e não o processo da construção do conhecimento, transmitindo a ideia de conhecimento acabado e verdadeiro. Além disso, muitas destas histórias reduzem-se a biografias ou a conteúdos científicos dispostos linearmente, dando ênfase ao caráter heurístico da ciência (SAITO, 2010, p.5).

Neste sentido procuramos desenvolver nosso trabalho, abordando o conhecimento científico como uma possibilidade e não como um dado. Enfatizamos que o mesmo é produto da atividade humana desenvolvida num contexto político, econômico, social e cultural. Em relação aos conteúdos em geral, procuramos desenvolvê-los de acordo as orientações presentes nos documentos oficiais. Ao abordar os fundamentos da Mecânica Quântica procuramos fazê-los de forma qualitativa, de modo a evidenciar as implicações filosóficas trazidas por esta área. Consideramos inapropriada para o Ensino Médio a sua abordagem por meio de estratégias que se prendam apenas na resolução de problemas, devido ao alto grau

de abstração que essa área exige. Em suma, nossa intenção ao desenvolver a proposta didática foi trazer elementos que possibilitassem às estudantes em fase final de sua escolarização média uma nova percepção em relação à Física e aos seus fundamentos.

Em relação aos recursos didáticos utilizados ao longo do processo, fizemos o uso do quadro de giz, da TV Multimídia e de materiais impressos. Exploramos as potencialidades da TV Multimídia exibindo vídeos, slides e animações que, em muitos casos, possibilitaram a transmissão da informação histórica com riqueza de detalhes. Consideramos que o trabalho com textos é fundamental quando fazemos o uso da abordagem HFC, entretanto este não deve ser tomado como a única metodologia. Deste modo procuramos, ao longo do desenvolvimento da proposta didática, apresentar a informação histórica por meio de diversos recursos, dentre os quais destacamos o texto impresso, as imagens selecionadas e os documentários exibidos. Nossa percepção foi de que, em geral, as estudantes aceitaram bem os procedimentos metodológicos propostos ao longo das aulas. Além dos encaminhamentos que possibilitaram a abordagem da informação histórica e que valorizaram os aspectos filosóficos dos temas estudados, recorremos também para encaminhamentos através dos quais foram realizadas as deduções de expressões físicas e, eventualmente, as suas aplicações através de situações-problema.

Por meio destas considerações gerais encerramos a primeira seção deste capítulo. A seguir, passaremos a analisar e confrontar os dados constituídos através dos questionários inicial e final.

4.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS CONCEPÇÕES DAS ESTUDANTES ANTES E APÓS O DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Nesta seção pretendemos analisar os dados constituídos através dos questionários aplicados às estudantes antes e após o desenvolvimento de nossa proposta didática. Desse modo, pretendemos analisar se o desenvolvimento da proposta *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria*, baseado numa abordagem HFC, perturbou as concepções das estudantes, de modo a inferir se esta abordagem contribuiu no ensino dos conteúdos relacionados à Física Quântica.

Enquanto instrumento para constituição de dados, o questionário foi estruturado em torno de quatro eixos. Tais eixos são:

- Origem e evolução dos modelos e teorias científicas;
- Evolução dos modelos atômicos;
- Concepções sobre a estrutura da matéria;
- Concepções acerca da Física enquanto ciência.

Conforme apresentado no capítulo anterior, o questionário foi aplicado⁶³ em dois momentos: antes do desenvolvimento da proposta didática (questionário inicial) e após o seu encerramento (questionário final).

A aplicação do questionário inicial realizada na aula do dia 03/11/2011 ocorreu sem problemas. Solicitamos às estudantes o silêncio e comprometimento durante a realização da tarefa. Foram observados casos pontuais de conversas paralelas, porém as alunas entenderam que o que estava sendo avaliado não se limitava apenas ao teor das respostas dadas, mas um todo, o qual incluía a postura durante a realização do questionário. Ao longo da aula fizemos algumas considerações sobre o objetivo da atividade e, em geral, houve comprometimento da turma em responder ao questionário. Notamos que 8 estudantes faltaram a esta aula, sendo que destas, 3 estudantes nos procuraram posteriormente para justificar a ausência e, assim, responder ao questionário em tempo hábil antes do início do desenvolvimento da proposta didática.

O desenvolvimento da proposta didática ocorreu no período compreendido entre 09/11/2011 e 01/12/2011. No dia seguinte ao seu encerramento aplicamos novamente o questionário às estudantes, desta vez caracterizando-o como uma avaliação formal escrita. Das 44 estudantes matriculadas, 41 compareceram ao colégio neste dia e responderam ao questionário final. Neste dia notamos entre as estudantes da turma um clima de tristeza, pois muitas afirmaram que após esta data não iriam mais comparecer às aulas (muitas disciplinas já haviam encerrado suas atividades). Neste dia constatamos também que o colégio estava com muitos alunos fora de suas salas o que, de certa forma, nos fez antecipar a aplicação do questionário em uma aula (inicialmente previsto para ser aplicado na quarta aula, o questionário foi antecipado para a terceira aula). Mesmo assim, o barulho externo à sala de aula prejudicou um pouco a realização da atividade. Todas as estudantes

⁶³ A transcrição das respostas (questionários inicial e final) do grupo de estudantes encontra-se disponível no (ANEXO 10).

presentes em sala responderam novamente às questões de acordo com as orientações passadas.

Embora 39 estudantes (de um universo de 44) responderam ao questionário inicial e 41 estudantes responderam ao questionário final, consideraremos em nossa análise de dados as respostas de apenas 30 estudantes. Este recorte se faz necessário na medida em que várias estudantes registraram muitas faltas⁶⁴ ao longo do desenvolvimento da proposta didática. Os questionários que analisamos, portanto, são das estudantes que apresentaram no máximo duas faltas. De modo a preservar a identidade de cada estudante, identificamos cada questionário por meio de um código (E01 a E30).

Na sequência passaremos a apresentar e discutir os dados referentes aos questionários inicial e final a partir de seus eixos constituintes, estabelecendo paralelos na medida em que isso for possível. A partir desta análise constataremos se a hipótese levantada em nossa pesquisa se confirma. Em outras palavras, objetivamos saber se a abordagem HFC contribuiu para o ensino de conteúdos de Física Quântica. Para tal, apresentaremos os dados organizados em quadros, no intuito de analisar se o desenvolvimento da proposta didática contribuiu no sentido de perturbar as concepções das estudantes.

4.2.1 Primeiro eixo: origem e evolução dos modelos e teorias científicas

Através deste eixo pretendemos analisar as concepções das estudantes⁶⁵ em torno da natureza da ciência e do trabalho científico. Este eixo se desdobra em quatro pontos fundamentais: formulação das leis e teorias científicas; durabilidade de uma teoria científica; motivação do cientista em fazer ciência; os modelos científicos.

⁶⁴ Das 44 estudantes matriculadas na turma em que desenvolvemos a proposta didática *Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria*, apenas 5 estudantes registraram frequência de 100% às aulas, 15 estudantes tiveram uma ausência registrada ao longo das 14 aulas consideradas e 10 estudantes registraram 2 faltas ao longo das atividades. Em relação à frequência das demais estudantes observamos que: 4 estudantes tiveram 3 faltas, 4 estudantes registraram 4 faltas, 1 estudante registrou 5 faltas, 1 estudante registrou 6 faltas e 2 estudantes totalizaram 7 faltas cada uma. Convém destacar que 2 alunas, embora com matrícula escolar ativa no período, não registraram nenhuma presença (desistentes). A planilha completa da frequência das estudantes encontra-se no (APÊNDICE 5).

⁶⁵ Deste ponto em diante estaremos nos referindo às estudantes cujos questionários são objeto de nossa análise.

4.2.1.1 Formulação das leis e teorias científicas

O primeiro ponto a ser analisado neste eixo remete ao processo de formulação das leis e teorias científicas. Procuramos levantar nas estudantes como elas entendem que se daria este processo, buscando evidenciar em suas respostas a existência de elementos que possam caracterizar a atividade científica. Investigar nas estudantes, portanto, qual caminho deve ser trilhado para a formulação de uma lei ou teoria científica consiste o primeiro ponto desse eixo. Em relação às respostas dadas pelas estudantes no questionário inicial, procuramos organizá-las no (QUADRO 9):

Como as estudantes imaginam que as leis ou teorias científicas são formuladas			
Resposta	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Apenas por estudos	10	33%	<i>“Acredito que as leis são formuladas através de estudos avançados em determinados assuntos ou temas”. (E18)</i>
Por estudos e experimentos	6	20%	<i>“As leis e teorias são formuladas através de experimentos e estudos avançados”. (E21)</i>
Apenas por experimentos	6	20%	<i>“Através das necessidades que vão surgindo vão se fazendo experiências para serem formuladas”. (E14)</i>
Mediante o cumprimento de um conjunto de etapas	3	10%	<i>“A partir da elaboração da hipótese e com a realização de experiências para que haja uma conclusão”. (E16)</i>
Não apresenta como se dá o processo	3	10%	<i>“Acredito que as teorias seriam um resumo breve mas suficiente, que na maioria das vezes ajudam no aprendizado”. (E10)</i>
Outras respostas	2	7%	<i>“Com a descoberta de pessoas competentes que já tenham estudado sobre o assunto”. (E24)</i>

QUADRO 9 – QUESTIONÁRIO INICIAL: FORMULAÇÃO DAS LEIS E TEORIAS CIENTÍFICAS

Pudemos constatar que um terço das estudantes apresentou uma noção vaga – de senso comum - em relação à atividade científica, associando-a apenas ao ato de estudar. Para 6 estudantes (20%) a formulação de leis e teorias científicas depende exclusivamente da realização de experimentos, o que nos leva a identificar em suas respostas uma concepção empírico-indutivista (pelo fato de a experiência não ser guiada por ideias apriorísticas). Apenas 3 estudantes mencionaram em seus questionários a necessidade do cumprimento de um conjunto de etapas, dentre as quais estaria presente a formulação de hipóteses a serem investigadas. Em suma, podemos considerar que a maior parte das estudantes apresentou uma visão fragmentada e deformada em relação ao trabalho do cientista. Uma possível causa

para compreender este quadro - segundo Gil-Pérez *et al.* (2001, p.126) - estaria nas “limitações de uma educação científica centrada na mera transmissão de conhecimentos”.

Ainda em relação ao processo de formulação das leis e teorias científicas, consideraremos as respostas dadas no questionário final. Para tal, organizamos o (QUADRO 10):

Como as estudantes imaginam que as leis ou teorias científicas são formuladas			
Resposta	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Mediante o cumprimento de um conjunto de etapas	7	23%	<i>“As leis e teorias físicas são formuladas partindo do princípio de descoberta de algo, ou seja, através de estudos e análises que geram hipóteses e essas hipóteses serão ou não confirmadas através de experiências para então originar leis e teorias científicas”. (E28)</i>
Apenas por experimentos	6	20%	<i>“Imagino que seja através de várias experiências realizadas, chegando o mais próximo da nossa realidade”. (E16)</i>
Por estudos e experimentos	5	17%	<i>“Através de várias pesquisas, estudos e sempre estar dando continuidade para novas experiências”. (E13)</i>
Apenas por estudos	5	17%	<i>“Através de estudos todos os seres humanos tem dúvidas em relação ao surgimento das coisas e para essas dúvidas serem esclarecidas os cientistas estudam tudo e surgem as teorias científicas”. (E11)</i>
Outras respostas	4	13%	<i>“Com o debate entre cientistas que tenham o mesmo pensamento ou diferentes”. (E24)</i>
Não apresenta como se dá o processo	3	10%	<i>“A partir de um dado tempo, a busca por algo concreto foi ficando cada vez mais importante”. (E10)</i>

QUADRO 10 – QUESTIONÁRIO FINAL: FORMULAÇÃO DAS LEIS E TEORIAS CIENTÍFICAS

Em relação aos dados iniciais pudemos constatar que houve um aumento de 3 para 7 estudantes que indicaram a necessidade de se cumprir um conjunto mínimo de etapas para a elaboração de leis e teorias científicas, não se limitando apenas à observação e experimentação. Destacamos também a redução de 10 para 5 estudantes para as quais leis e teorias são formuladas apenas por estudos.

Inicialmente marcada pela predominância do senso comum e da visão empírico-indutivista em relação à formulação de leis e teorias, a percepção das estudantes foi, em certo modo, perturbada positivamente. Isso nos permite inferir que o desenvolvimento da proposta didática contribuiu, ainda que modestamente, neste aspecto. Baseada numa abordagem HFC, a proposta didática procurou trazer à tona elementos que possibilitassem a superação destas visões das estudantes,

permitindo a percepção de que o conhecimento científico pode ser produto de uma variedade de métodos e não de um método fechado em si, algorítmico, centrado na experiência e cujos resultados passem a sustentar uma ‘verdade científica’, baseada em raciocínios indutivos.

4.2.1.2 Durabilidade de uma teoria científica

O segundo ponto investigado diz respeito à durabilidade de uma teoria científica. Foi perguntado às estudantes se as teorias científicas poderiam ser questionadas ou até mesmo substituídas por outras. Queremos assim compreender a percepção das estudantes sobre este ponto a partir de suas justificativas. Em relação às respostas dadas no questionário inicial pelas estudantes, organizamos o (QUADRO 11):

Teorias podem ser questionadas e substituídas?				
Resposta	Motivo	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de justificativa dada no questionário inicial
SIM	Novas descobertas	6	20%	<i>“A ciência é um mistério, sempre está em busca de novas descobertas”. (E03)</i>
	Evolução	6	20%	<i>“Estamos em constante evolução, e isso faz com que as teorias científicas se renovem a cada dia que passa”. (E13)</i>
	Facilitar o entendimento (viés pedagógico)	4	13%	<i>“Para que se entenda melhor a teoria, para que não sai com a cabeça bagunçada por tantas fórmulas”. (E07)</i>
	A História nos mostra que isso ocorre	2	7%	<i>“No decorrer da história muitas teorias foram aparecendo e assim substituindo”. (E26)</i>
	Erros nas teorias	2	7%	<i>“Nem todas as teorias são corretas então elas podem ser substituídas sim”. (E16)</i>
	Liberdade de expressão	2	7%	<i>“Cada um tem seu modo de pensar, e devemos nos expressar também”. (E24)</i>
	Melhorias nos experimentos	1	3%	<i>“Tem várias experiências feitas por cientistas que com o tempo foram adaptadas por outros pesquisadores”. (E11)</i>
	Avanços tecnológicos	1	3%	<i>“As teorias podem ser questionadas ou até mesmo substituídas pois com os avanços da tecnologia, os estudos já feitos podem ser revisto, e assim se necessário fazer as substituições”. (E21)</i>

Resposta	Motivo	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de justificativa dada no questionário inicial
SIM	É próprio da ciência	1	3%	<i>“Questionamento sempre haverá, quase todas as teorias científicas são questionadas por científicos ou não, e sendo assim algumas teorias são substituídas sim, ou em algum aspecto alterada”. (E02)</i>
	Inadequação de teorias	1	3%	<i>“Novas teorias são formuladas constantemente a respeito dos mais diversos assuntos, visto que podem ser destituídas conforme sua inadequação a determinada problemática, permitindo o advento de uma teoria mais coerente, que revele maior veracidade a respeito dos aspectos que caracterizam a situação em análise”. (E12)</i>
NÃO	Confiança na ciência	4	14%	<i>“As teorias já seguem certo padrão. E são conhecidas mundialmente, se ocorresse mudanças acabariam gerando muitos transtornos”. (E08)</i>

QUADRO 11 – QUESTIONÁRIO INICIAL: DURABILIDADE DE UMA TEORIA CIENTÍFICA

Dos 30 questionários considerados, 26 deles (86%) trazem registros de que as teorias podem ser questionadas e substituídas, enquanto que 4 questionários (14%) apresentam argumentos contrários. Apesar do número expressivo de estudantes que reconhece a provisoriedade das teorias científicas, as justificativas são variadas e, em grande parte, demonstram uma visão frágil deste aspecto. Constatamos que 4 estudantes (13%) justificaram argumentando que determinadas teorias são substituídas por outras por estas serem mais acessíveis de ser assimiladas, sugerindo em suas respostas a existência de um viés pedagógico. Para 2 estudantes (17%), as teorias são modificadas e substituídas por outras devido à liberdade de expressão dos cientistas.

Considerando os motivos que, de fato, levariam à substituição de teorias (novas constatações, falseamento de uma teoria, etc.) podemos considerar que 11 estudantes (37%) apresentaram justificativas que se aproximaram desta justificativa. Neste sentido, podemos dizer - a partir do quadro acima - que parte das respostas dadas a esta questão pelas estudantes refletiu uma visão aproblemática e ahistórica da ciência, por não ser capaz de reconhecer que o conhecimento científico apresenta limitações. Uma possível causa para a formação desta visão estaria num

ensino de Ciências marcado pela transmissão dos conhecimentos já elaborados, conforme apontaram Gil-Pérez *et al.* (2001).

Passaremos a considerar as respostas dadas no questionário final pelas estudantes, em que estas afirmam ser possível o questionamento e a substituição de uma teoria. Para tal, organizamos o (QUADRO 12):

Teorias podem ser questionadas e substituídas?				
Resposta	Motivo	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de justificativa dada no questionário inicial
SIM	Novas descobertas e/ou experiências	6	20%	<i>“Sempre estão realizando novas experiências, e a cada descoberta de certa forma acaba ‘desmoralizando’ a teoria anterior”. (E04)</i>
	Surgimento de teorias melhores	6	20%	<i>“A partir do momento em que exista algo que seja mais eficiente que a teoria dita isso é questionando e até mesmo substituída”. (E08)</i>
	Citam o átomo como exemplo	5	16%	<i>“Uma mesma teoria dependendo da época e até mesmo do pensador que a constituiu. A exemplo da teoria atômica, esta foi reformulada por diversos cientistas (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr), em busca de comprovar a estrutura da matéria, considerando que até os dias atuais esta ainda é discutida. Isto é, comprova-se que essas teorias foram reformuladas e ainda poderão ser, desde que sejam aprovadas”. (E28)</i>
	Confronto de ideias	4	13%	<i>“Cada um tem sua forma de pensar e talvez a forma do outro pode ser mais clara ou não, então qualquer um sabendo do que está fazendo tem o direito de questionar”. (E24)</i>
	É próprio da ciência	2	7%	<i>“Nunca teremos uma teoria insubstituível, porque a mente humana constantemente evolui, e pessoas como os cientistas estão sempre buscando uma explicação melhor para suas teorias, sendo assim, quando sugere-se uma nova teoria desde que aprovada sua aplicação melhor do que a anterior ela é substituída”. (E02)</i>
	Avanços tecnológicos	2	7%	<i>“A cada ano que passa e com os avanços tecnológicos, novas teorias e experiências podem ser realizadas, assim se necessário substituir as teorias já existentes”. (E21)</i>

Resposta	Motivo	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de justificativa dada no questionário inicial
SIM	A capacidade de conhecer é limitada	2	7%	<i>“Nosso conhecimento do real é limitado, nos aproximamos e cada aproximação é uma nova descoberta um novo avanço”. (E19)</i>
	Ideia de progresso na ciência	2	7%	<i>“À medida que surgem novos progressos nas descobertas a respeito do assunto. Desta forma este processo pode ser considerado um processo de evolução”. (E12)</i>
NÃO	Não é apresentada de forma clara	1	3%	<i>“Não, pois muitas coisas nós sabemos que existem mas não conhecemos; exemplo a alma, sabemos que existe mas nunca vimos então não questionamos”. (E11)</i>

QUADRO 12 – QUESTIONÁRIO FINAL: DURABILIDADE DE UMA TEORIA CIENTÍFICA

Dos 30 questionários considerados, 29 deles (98%) trazem registros que indicam que as teorias podem ser questionadas e substituídas (apenas uma estudante se posicionou contrária a essa possibilidade). Com base nos dados acima, podemos considerar que as justificativas apresentadas pelas estudantes, embora variadas, refletem um melhor entendimento em relação à questão da provisoriedade das teorias científicas. Notamos também que algumas estudantes justificaram seus pontos de vista a partir dos conteúdos relativos aos modelos atômicos.

Em relação a este ponto, podemos considerar que o desenvolvimento da proposta didática, baseado numa abordagem HFC, contribuiu para perturbar as concepções das estudantes. Ao compararmos com quadro anterior, percebemos que este quadro (QUADRO 12) reflete uma melhor compreensão das estudantes a respeito da provisoriedade das teorias científicas.

4.2.1.3 Motivação do cientista em fazer ciência

O terceiro ponto investigado neste eixo diz respeito à pessoa do cientista. Perguntamos às estudantes quais as motivações que levam os cientistas a pesquisar determinados assuntos e, assim, produzir ciência.

Em relação aos dados constituídos através do questionário inicial, constatamos 8 motivações distintas apontadas pelas estudantes. Organizamos as respostas dadas no (QUADRO 13):

Motivação do cientista em pesquisar determinados assuntos			
Motivo	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de justificativa dada no questionário inicial
Busca pelo entendimento	13	43%	<i>“O fascínio em responder questões que há muito tempo fazem parte da humanidade”. (E15)</i>
Curiosidade	12	40%	<i>“A dúvida e a sensação de não conhecer faz com que as pessoas tentem saber com o que estão lidando, no caso de cientistas é a questão de curiosidade ou a grande maioria das vezes a questão de necessidade”. (E09)</i>
Interesse	7	23%	<i>“Ao se interessar por determinado assunto, um cientista é motivado a pesquisar, afim de criar novas teorias ou experimentos, isso é resultado de uma pessoa que quer inovar, trazer novos estudos. Tudo isso parte da motivação, interesse e desprendimento do cientista”. (E02)</i>
Busca pelo novo	5	17%	<i>“A busca pelas novidades, aprofundando seus conhecimentos”. (E13)</i>
Necessidade	5	17%	<i>“A necessidade de descobrir algo novo, por exemplo a cura de uma doença considerada incurável, a necessidade de explicar melhor a existência de alguma coisa e sua finalidade”. (E25)</i>
Difundir o conhecimento científico	2	7%	<i>“O fato de querer saber mais sobre o tal e transmitir aos outros”. (E24)</i>
Aprimoramento de teorias	1	3%	<i>“Geralmente partem da tentativa de solução de problemas até então sem explicação científica, no entanto podem derivar da tentativa de uma melhor resolução para a situação em discussão, mesmo já havendo teorias que as expliquem”. (E12)</i>
Afastar a religião	1	3%	<i>“Talvez a vontade de tirar a religião nas respostas de algumas perguntas”. (E10)</i>

QUADRO 13 – QUESTIONÁRIO INICIAL: MOTIVAÇÃO DO CIENTISTA EM FAZER CIÊNCIA

Sobre os dados acima convém destacar que algumas estudantes apontaram mais de uma motivação em relação ao trabalho do cientista. Apesar das distintas motivações elencadas, percebemos que apenas 5 estudantes (17%) destacaram a *necessidade* como motivação para o trabalho do cientista, o que nos leva a supor que a maior parte das estudantes apresentou – de acordo com Gil-Pérez *et al.* (2001) – uma visão socialmente neutra do trabalho científico, ignorando as relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Tal constatação segundo estes mesmos autores é fruto de uma educação científica socialmente neutra, através da qual se reforçou a visão deformada em relação ao cientista e seu trabalho.

Na sequência passaremos a considerar as motivações indicadas pelas estudantes no questionário final, de modo a analisar se o desenvolvimento da

proposta didática contribuiu no sentido de perturbar a concepção socialmente neutra da atividade científica. Para tal, organizamos o (QUADRO 14):

Motivação do cientista em pesquisar determinados assuntos			
Motivo	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de justificativa dada no questionário final
Busca pelo entendimento	12	40%	<i>“As respostas, afinal baseado no que já existe tentamos descobrir o como e o porquê. Ou seja, depois que temos noção de um assunto, sente-se a necessidade de se saber mais sobre ele”. (E09)</i>
Interesse	9	30%	<i>“O interesse em descobrir mais sobre estes assuntos e explica-los, buscando assim dar um sentido à sua existência”. (E20)</i>
Curiosidade	8	27%	<i>“Vários motivos levam, como a curiosidade, o querer de saber porque algo acontece, como que é, aí a pessoa tem o querer de saber, de conhecer e pesquisa”. (E05)</i>
Necessidade	5	17%	<i>“A necessidade de descobrir como tudo começou, a cura de alguma doença”. (E25)</i>
Aprimorar teorias	2	7%	<i>“A necessidade de se entender o nosso mundo sensorial. A busca pelo real, por não termos acesso, e para MELHORAR as teorias antigas”. (E19)</i>
Comprovar a existência de fenômenos	2	7%	<i>“A partir da necessidade de comprovar determinados fenômenos, ou quando suas explicações para o assunto já não são mais suficientes”. (E12)</i>
Afastar a religião	1	3%	<i>“Talvez para tirar a religião como verdade absoluta”. (E10)</i>
Satisfação pessoal	1	3%	<i>“Pelo simples prazer da descoberta de algo que ainda não era conhecido”. (E04)</i>

QUADRO 14 – QUESTIONÁRIO FINAL: MOTIVAÇÃO DO CIENTISTA EM FAZER CIÊNCIA

Do mesmo modo que o observado no questionário inicial, algumas estudantes apontaram mais de uma motivação para o trabalho do cientista. Em relação ao (QUADRO 13), podemos dizer que o quadro acima apresentou pouca mudança em sua configuração. Nenhuma estudante indicou como motivação a divulgação de conhecimentos ao passo que uma nova categoria foi detectada nos dados do questionário final. Entretanto, percebemos que não houve variação na visão da maior parte das estudantes em relação aos fatores que motivam o cientista a fazer ciência, de modo que a maior parte das estudantes continuou a apresentar, após o desenvolvimento da proposta didática, uma visão da atividade científica caracterizada pela neutralidade, na qual as motivações que levam o cientista a atuar não provêm do seu contexto social, político e econômico.

Reconhecemos que, neste caso, nossa pretensão de perturbar as concepções das estudantes não se concretizou. A partir da comparação entre os quadros 13 e 14, percebemos pouca flutuação em relação aos dados categorizados. Entendemos que tal fato se deveu à ausência de uma ênfase em torno do caráter social do desenvolvimento científico ao longo das aulas da proposta didática.

4.2.1.4 Os modelos científicos

O quarto ponto investigado se refere aos modelos⁶⁶ científicos. Através deste ponto, procuramos investigar nas estudantes duas questões: o que estas entendem por *modelo* no estudo de Ciências e, na visão delas, se um modelo descreve plenamente a realidade.

Ao perguntarmos o que cada estudante entende por *modelo* no estudo de Ciências, obtivemos respostas da maior parte⁶⁷ das estudantes no questionário inicial. As respostas obtidas estão organizadas no (QUADRO 15):

Conceito de modelo científico			
Resposta remete à ideia de	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de justificativa dada no questionário inicial
Referência/padrão a ser seguido	12	40%	“Algo que traz a referência para outros estudos”. (E02)
Descrição de uma teoria	4	13%	“É algo descritivo para uma melhor explicação do que se está anunciando, para formular um pensamento mais exemplificado”. (E17)
Representação	3	10%	“Modelo vem a ser algo que supostamente representa um fato ou fator da realidade”. (E28)
De um exemplo prático	3	10%	“Modelo para mim é uma coisa pré-moldada, por exemplo células”. (E16)
Aproximação	2	7%	“Algo aproximado ao real, algo que é formulado com base no que se conhece”. (E19)
Nomenclatura	1	3%	“Modelo é um nome que se dá a uma determinada teoria”. (E26)

QUADRO 15 – QUESTIONÁRIO INICIAL: CONCEITO DE MODELO CIENTÍFICO

É importante frisar que, embora a maior parte das alunas tenha mencionado que o modelo científico consiste em uma referência a ser seguida, apenas 3

⁶⁶ Kneller (1980) entende por *modelo* uma parte integrante de uma teoria científica. Este autor distingue três tipos de modelos científicos: representacional, imaginário e teórico. Segundo o autor, um *modelo representacional* consiste em uma representação física tridimensional de algo. Um *modelo imaginário* é caracterizado por um conjunto de pressupostos, os quais permitem a descrição de um objeto caso certas condições sejam satisfeitas. Por sua vez, um *modelo teórico* é um conjunto de pressupostos sobre um objeto ou um sistema, podendo expressar-se na forma de equações matemáticas, mas deve ser distinguido de quaisquer diagramas e desenhos. Em nosso trabalho trabalhamos com os modelos representacionais.

⁶⁷ Quatro estudantes não responderam à questão e uma estudante não articulou de forma clara a sua resposta, de modo que não foi possível extrair a sua visão de modelo.

estudantes (10%) destacaram a característica representativa dos modelos e apenas 2 estudantes (7%) fizeram menção ao fato de a representação ser aproximada. Desta análise concluímos que a maior parte das estudantes do grupo possui uma concepção vaga em relação aos modelos científicos, no que se refere ao estudo de Ciências. Tal concepção pode indicar a existência de uma visão deformada nas estudantes – segundo Gil-Pérez *et al.* (2001) a problemática e a histórica - fruto de um ensino caracterizado pela transmissão dos conhecimentos já elaborados, contudo sem evidenciar o processo percorrido em sua construção. Estes autores (2001, p.131) afirmam que tal visão “trata-se de uma concepção que o ensino da ciência reforça por omissão”.

Passaremos a analisar as respostas dadas no questionário final a essa questão. Para tal, organizamos as respostas das estudantes no (QUADRO 16):

Conceito de modelo científico			
Resposta remete à ideia de	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Representação	19	63%	<i>“É algo que tenta representar alguma coisa que não se sabe ao certo como é, sendo assim cria-se noções do objeto e assimila-o a algo já existente criando assim um modelo”. (E09)</i>
Concepções vagas	6	20%	<i>“Modelo é o nome que se dá a um determinado assunto, durante os anos foram sendo analisados vários modelos e um foi substituindo o outro”. (E26)</i>
Algo explicativo	5	17%	<i>“Modelo é o que os físicos ou cientistas utilizam para especificar algo ou coisa (matéria), esse modelo é utilizado até obtermos outras descobertas que os substituam em frente”. (E14)</i>

QUADRO 16 – QUESTIONÁRIO FINAL: CONCEITO DE MODELO CIENTÍFICO

Desta vez todas as estudantes responderam à questão. Em relação aos resultados obtidos através do questionário inicial, percebemos um aumento na porcentagem das estudantes que concebem os modelos como representações do real. Inicialmente este subgrupo era composto por 13% das estudantes e agora passou a ser de 63%, o que nos permite inferir que a proposta didática provocou uma perturbação nas concepções da maior parte das estudantes.

Formulamos uma segunda questão relacionada a este ponto (em relação aos modelos científicos) para as estudantes. Perguntamos se os modelos descreveriam plenamente a realidade. Como encaminhamento, pedimos no questionário que cada estudante se posicionasse em relação a essa questão (sim ou não) e justificasse

sua opção. Organizamos as respostas dadas no questionário inicial no (QUADRO 17):

Modelos descrevem plenamente a realidade?			
Resposta	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Sim	12	40%	<i>“Geralmente quando pegamos modelos de pesquisas, elas são fundamentadas em fatos reais, por isso são analisadas e pesquisadas”. (E05)</i>
Não	11	36%	<i>“Poderia ser modificado, não tendo uma certeza”. (E15)</i>
Não respondeu	5	17%	-----
Nem sempre	2	7%	<i>“Ao se tratar de modelo tem-se a ideia de representação, e se tratando de representação pode haver algo que não esteja plenamente adequado a realidade”. (E06)</i>

QUADRO 17 - QUESTIONÁRIO INICIAL: MODELOS DESCREVEM PLENAMENTE A REALIDADE?

Em relação aos dados acima, percebemos que 12 estudantes (40%) afirmaram que os modelos representam plenamente a realidade, trazendo em suas justificativas elementos que demonstram a sua confiança em relação à ciência. Por sua vez, 11 estudantes (37%) responderam afirmando que os modelos não descrevem plenamente a realidade. Desta parcela, uma estudante não justificou seu ponto de vista e as demais sustentaram suas opiniões por meio de argumentos variados, os quais, em sua maioria,⁶⁸ evidenciaram a não compreensão do termo *realidade*. Sobre as demais respostas, 2 estudantes (7%) afirmaram que nem sempre os modelos descrevem plenamente a realidade e 5 estudantes (17% do grupo) deixaram a questão sem resposta ou afirmaram não saber se posicionar a respeito.

Percebemos que a maior parte das estudantes apresentou uma visão deformada dos modelos científicos, ao assumir que estes podem representar plenamente a realidade. Embora muitas estudantes tenham mencionado que os modelos não descrevem plenamente a realidade, a maior parte não conseguiu sustentar sua opinião. Em suma, a maior parte do grupo apresentou uma concepção fragilizada em relação à capacidade de alcance dos modelos. Entendemos que esta concepção é fruto de duas visões deformadas da atividade científica. Ela evidencia, em parte, uma visão de cunho empírico-indutivista, para a qual a atividade científica

⁶⁸ Em contrapartida, uma destas respostas (E19) apresentou uma justificativa válida baseada na limitação do que pode ser conhecido pelo ser humano.

é baseada por certezas, não havendo espaço para as hipóteses. A visão das estudantes da atividade científica também evidenciou, em sua maioria uma visão aproblemática e ahistórica, fruto de um ensino marcado pela transmissão de resultados em detrimento de reflexões em torno do processo para a sua obtenção, de seus limites de validade, etc.

Neste sentido, passaremos a investigar se o desenvolvimento da proposta didática, baseado numa abordagem HFC, perturbou a concepção frágil das estudantes em sua maioria. Para tal, organizamos as principais respostas das estudantes extraídas do questionário final no (QUADRO 18):

Um modelo descreve plenamente a realidade?				
Resposta	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
SIM	Vaga	2	7%	<i>“O modelo é significativamente a realidade de algo”. (E29)</i>
NÃO	Ideia de aproximação	11	37%	<i>“Um modelo nunca terá completamente a descrição da realidade, mas pode chegar muito próximo enquanto a sua representação”. (E02)</i>
	Outros motivos	7	23%	<i>“A realidade para cada pessoa é diferente, por exemplo se eu acho que o dia hoje está lindo (porque eu estou feliz, de bem com a vida), para o meu colega pode estar péssimo porque ele está num mau dia”. (E25)</i>
	Conhecimento humano é limitado	6	20%	<i>“A realidade é muito ampla e complexa e um modelo é algo restrito que apresenta limitações. Um exemplo disso é o modelo atômico que mesmo através de inúmeras experiências e tentativas de se estabelecer um modelo para tal feito, torna-se necessário sua observação, porém nunca alguém conseguiu “enxergar” um átomo e cada uma de suas partes”. (E28)</i>
	Provisoriedade de teorias	4	13%	<i>“Sempre quando se tem um modelo que mostra o certo aparece outro que prova o contrário e é substituído”. (E05)</i>

QUADRO 18 – QUESTIONÁRIO FINAL: MODELOS DESCREVEM PLENAMENTE A REALIDADE?

Desta vez constatamos que apenas 2 estudantes (7%) afirmaram que os modelos representam plenamente a realidade, ao passo que 28 estudantes (93%) negaram esta possibilidade. A respeito dos dados anteriores, percebemos um aumento de 36% para 93% na quantidade de estudantes que consideraram os

modelos científicos limitados em relação à pretensão de descrição plena da realidade. As principais justificativas apontadas pelas estudantes referem-se ao fato de que os modelos apenas permitem aproximações. Um subgrupo de 6 estudantes (20%) enfatizou em suas respostas indícios de que o ato de conhecer possui limitações, enquanto que 4 estudantes (13%) argumentaram que a provisoriade das teorias é reflexo do fato de que os modelos não descreveriam plenamente a realidade. Por sua vez, 7 estudantes (23%) apontam outros motivos (válidos ou não) para justificar seus pontos de vista.

Com estes dados podemos considerar que a proposta didática perturbou a percepção das estudantes em relação à capacidade de alcance dos modelos científicos, marcada anteriormente por visões deformadas. Creditamos este fato ao desenvolvimento da proposta didática, por esta ter sido baseada em uma abordagem HFC. Ao trabalharmos com a evolução da compreensão da estrutura da matéria, pudemos discutir com as estudantes os diferentes modelos atômicos propostos, bem como suas limitações, evidenciando assim as etapas presentes em sua formulação. Com isso, buscamos destacar o papel das hipóteses na construção do conhecimento científico e, assim, evidenciar que o conhecimento científico é transitório e não baseado em verdades absolutas.

Na sequência passaremos a analisar as concepções em torno dos modelos atômicos e de sua evolução.

4.2.2 Segundo eixo: evolução dos modelos atômicos

No segundo eixo – evolução dos modelos atômicos - procuramos investigar nas estudantes dois pontos básicos que remetem aos modelos atômicos. Em primeiro lugar, analisamos como as estudantes justificam a pluralidade de modelos atômicos antes e após o desenvolvimento da proposta didática. Do mesmo modo procuramos, num segundo momento, investigar quais modelos atômicos são conhecidos pelas estudantes. Passaremos a analisar os dados constituídos referentes a este eixo a partir de seus pontos.

4.2.2.1 Pluralidade de modelos atômicos

Com este primeiro ponto, objetivamos entender como as estudantes justificam a existência dos diferentes modelos atômicos, sobretudo os vinculados aos livros didáticos. Em relação aos dados constituídos através do questionário inicial, as principais justificativas apontadas pelas estudantes estão agrupadas no (QUADRO 19):

Existência de diversos modelos atômicos			
Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Evolução do conhecimento	10	33%	<i>“Representa a evolução dos diversos pensadores para se chegar a um modelo exato”. (E06)</i>
Finalidade pedagógica	6	20%	<i>“Ao nível de entendimento do público a ser atendido”. (E01)</i>
Sem resposta ou Incompreensível	5	17%	<i>“Nada, pois sem uma explicação boa não será fácil compreender e tirar dúvidas de certos assuntos”. (E07)</i>
Diversos estudos realizados	5	17%	<i>“São atribuídos devidos a vários estudos e pesquisas assim surgindo vários modelos”. (E08)</i>
Visões diferentes	3	10%	<i>“São vários teóricos com várias formas de pensamentos e que podem ser vista de alguma maneira diferente, um pode pensar diferente do outro”. (E10)</i>
Tecnologia	1	3%	<i>“A tecnologia se aprofundando cada vez mais na ciência”. (E30)</i>

QUADRO 19 – QUESTIONÁRIO INICIAL: PLURALIDADE DE MODELOS ATÔMICOS

Em relação aos dados acima observamos que 10 estudantes (33%) justificaram a existência dos modelos atômicos com base na evolução do conhecimento científico. Convém ressaltar que possivelmente estas estudantes compreendem a evolução como um aperfeiçoamento contínuo do conhecimento científico, ignorando as crises e remodelações ocorridas. Percebemos nestas estudantes, portanto, uma visão acumulativa da ciência, no que se refere à pluralidade dos modelos atômicos.

Por sua vez, para 6 estudantes (20%), a existência dos diversos modelos atômicos se deve unicamente à uma suposta finalidade pedagógica, uma vez que estes estão presentes nos livros didáticos e facilitam o aprendizado de Ciências. Entendemos que este subgrupo apresenta uma visão aproblemática e ahistórica da ciência, na medida em que as estudantes não estabeleceram uma relação entre os diversos modelos atômicos.

Por fim, constatamos que 3 estudantes (10%) justificaram a pluralidade dos modelos atômicos atribuindo-a às visões distintas dos cientistas. Em relação às demais respostas dadas, 4 estudantes não articularam suas justificativas de forma clara e compreensível enquanto que uma estudante deixou de responder a esta questão. Neste sentido, podemos inferir que a maioria das estudantes apresentou visões deformadas da ciência, no que se refere à pluralidade dos modelos atômicos.

Na sequência passaremos a analisar as respostas obtidas no questionário final para a questão da pluralidade dos modelos atômicos. Para tal, organizamos as respostas dadas pelas estudantes no (QUADRO 20):

Existência de diversos modelos atômicos			
Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Evolução do conhecimento científico	22	74%	<i>“Os modelos atômicos foram mudando ao longo de estudos realizados, tendo em vista as falhas de cada um. Então os modelos de certa forma foram “evoluindo” por isso há vários modelos”. (E23)</i>
Diversos estudos realizados	7	23%	<i>“Aos diversos e diferentes estudos realizados ao longo dos anos acerca destes modelos”. (E22)</i>
Incompreensível	1	3%	<i>“O uso de livros didáticos não são usados no cotidiano do aluno. E também não tira a dúvida de um aluno quando ele tiver”. (E07)</i>

QUADRO 20 – QUESTIONÁRIO FINAL: PLURALIDADE DE MODELOS ATÔMICOS

Conforme observado, as justificativas dadas pelas estudantes se encaixam em duas categorias. Para 22 estudantes (74%) a evolução do conhecimento científico ao longo da História da Ciência explica a existência dos diferentes modelos atômicos. Em sua maioria, estas estudantes destacaram que os modelos foram sendo propostos, de modo a superar as limitações presentes em teorias anteriores, entretanto descartaram em suas respostas elementos que possam sugerir a interpretação de um processo evolutivo, o qual iria culminar em um eventual modelo atômico definitivo, isto é, que representasse plenamente a realidade. Neste sentido, compreendemos que estas estudantes destacam o caráter evolutivo da história dos modelos atômicos, reconhecendo, porém, que os mesmos apresentaram limitações que motivaram novas investigações e, assim, superações. Podemos dizer que, em grande parte, este subgrupo superou a visão acumulativa, marcada pela interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos.

Por sua vez, 7 estudantes (23%) apontaram a existência de diversos estudos realizados como justificativa para a existência dos diversos modelos atômicos. Para estas estudantes, a pluralidade de modelos atômicos é resultado do trabalho de diversos cientistas ao longo da História da Ciência. Em sua maioria, estas estudantes reconheceram um pluralismo metodológico na atividade científica e, como consequência disto, a existência dos diversos modelos atômicos é resultado da ‘visão de cada cientista’.

Em relação aos dados iniciais é importante destacar que a suposta finalidade pedagógica não apareceu em nenhuma resposta analisada. No que se refere ao aspecto da pluralidade de modelos atômicos, inferimos neste caso que a proposta didática produziu uma perturbação nas estudantes. Podemos considerar, portanto, que o estudo da evolução dos modelos atômicos, por meio de uma abordagem HFC, contribuiu para “mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são ‘definitivas e irrevogáveis’, mas objeto de constante revisão” (PEDUZZI, 2001, p.158).

4.2.2.2 Modelos atômicos conhecidos pelas estudantes

Com este segundo ponto analisaremos quais modelos atômicos são de domínio das estudantes (suas características e os responsáveis por sua formulação). Para tal, pedimos que as estudantes indicassem quais modelos atômicos conheciam, representando-os através de desenhos e apontando os responsáveis por sua formulação. Organizamos as respostas obtidas no questionário inicial no (QUADRO 21):

Modelos atômicos conhecidos pelas estudantes			
Modelo	Quantidade de estudantes que		Porcentagem
Dalton	Representou	5	17%
	Indicou o seu responsável	2	7%
	Representou e indicou corretamente	1	3%
Thomson	Representou	3	10%
	Indicou o seu responsável	3	10%
	Representou e indicou corretamente	2	7%
Rutherford	Representou	10	33%
	Indicou o seu responsável	5	17%
	Representou e indicou corretamente	3	10%
Bohr	Representou	1	3%
	Indicou o seu responsável	2	7%
	Representou e indicou corretamente	1	3%

QUADRO 21 – QUESTIONÁRIO INICIAL: MODELOS ATÔMICOS CONHECIDOS

Em relação a este ponto, percebemos que um pequeno grupo de estudantes conseguiu representar algum modelo atômico. Apenas uma estudante (E12) representou corretamente os modelos de Dalton e de Bohr. Um subgrupo de 10 estudantes (30%) conseguiu representar o modelo de Rutherford, embora apenas 3 estudantes (10%) souberam associar o nome de Rutherford ao desenho. Percebemos neste caso que, possivelmente, estas estudantes se basearam em analogias para representar este modelo (por exemplo, o sistema planetário). Este resultado sugere que, ao final de sua formação escolar, a maior parte das estudantes retém para si uma representação clássica da estrutura da matéria baseada no modelo atômico de Rutherford, sem conhecer, entretanto, as limitações deste modelo o que pode refletir uma visão deformada a problemática e ahistórica da ciência. Nenhuma menção foi feita ao modelo de orbitais atômicos, desenvolvido a partir da Mecânica Quântica.

Constatamos, portanto, que existe uma compreensão frágil das estudantes em relação aos principais modelos atômicos, uma vez que a maioria do grupo apresentou vagas lembranças sobre os modelos estudados nas séries anteriores em outras disciplinas.

Passaremos a analisar os dados obtidos em relação a este ponto após o desenvolvimento da proposta didática. Para tal, organizamos o (QUADRO 22) a partir das respostas das estudantes:

Modelos atômicos conhecidos pelas estudantes			
Modelo	Quantidade de estudantes que		Porcentagem
Dalton	Representou	21	70%
	Indicou o seu responsável	21	70%
	Representou e indicou corretamente	18	60%
Thomson	Representou	21	70%
	Indicou o seu responsável	19	63%
	Representou e indicou corretamente	17	57%
Rutherford	Representou	21	70%
	Indicou o seu responsável	24	80%
	Representou e indicou corretamente	19	63%
Bohr	Representou	15	50%
	Indicou o seu responsável	19	63%
	Representou e indicou corretamente	15	50%

QUADRO 22 – QUESTIONÁRIO FINAL: MODELOS ATÔMICOS CONHECIDOS

Através dos dados acima percebemos que, em relação ao quadro anterior, houve um aumento considerável no número de estudantes que foram capazes de representar e indicar corretamente os principais modelos atômicos. O modelo atômico de Rutherford obteve o maior índice entre os modelos, sendo representado

e indicado corretamente por 19 estudantes (63%). Embora não mencionado no quadro acima, convém salientar que 3 estudantes fizeram menções ao modelo dos orbitais atômicos.

É importante ressaltar a evolução dos índices de porcentagem após o desenvolvimento da proposta didática. Os dados refletem que, necessariamente, a proposta didática contribuiu no sentido de perturbar a visão fragilizada em relação ao domínio de tais modelos. Desta vez uma parcela significativa das estudantes representou corretamente o modelo atômico de Bohr, o que nos leva a inferir que o desenvolvimento da proposta didática cumpriu com o objetivo de apresentar os principais modelos atômicos às estudantes, por meio de uma abordagem HFC.

Na sequência passaremos a analisar as concepções das estudantes acerca da estrutura da matéria.

4.2.3 Terceiro eixo: concepções sobre a estrutura da matéria

Através deste eixo investigaremos as concepções das estudantes sobre a estrutura da matéria. Para tal priorizamos três pontos fundamentais em nossa análise: a compreensão do conceito de átomo; a compreensão do conceito de partícula fundamental de matéria; o papel da ciência na compreensão da estrutura da matéria. Para a nossa discussão tomaremos como base as definições⁶⁹ de *átomo*, *partícula* e de *partícula elementar (fundamental)*, apresentadas por Hewitt (2011). Passaremos a analisar os dados constituídos referentes a cada ponto deste eixo.

4.2.3.1 A compreensão do conceito *átomo*

Com este ponto, buscamos investigar o que as estudantes – a partir de sua formação escolar (das aulas de Química e Física) – entendiam por *átomo*. Em relação às respostas dadas no questionário inicial pelas estudantes, estas estão organizadas no (QUADRO 23):

⁶⁹ Neste trabalho consideramos que uma partícula consiste em uma concentração de massa localizada e cujas dimensões são desprezíveis. Por sua vez, Hewitt (2011) define átomo como a menor partícula de um elemento a qual apresenta o conjunto de propriedades químicas do mesmo. As partículas elementares ou fundamentais são as partículas subatômicas. De acordo com Hewitt (2011, p.724) "são os blocos constituintes básicos de toda a matéria, consistindo em duas classes de partículas, os *quarks* e os *léptons*".

O que você entende por átomo?			
Resposta remete à ideia de	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Partícula composta por prótons, nêutrons e elétrons	7	23%	<i>“Átomo é um elemento composto por prótons, nêutrons e elétrons, sendo estas partículas positivas, neutras e negativas (respectivamente) que permitem a constituição da matéria”. (E28)</i>
Outras concepções (vagas/incorrectas)	7	23%	<i>“São cargas (positivas, negativas, neutro)”. (E29)</i>
Partícula elementar	6	21%	<i>“É a menor parte que pode ser encontrada resultante de inúmeras divisões da matéria, da simplificação desta”. (E20)</i>
Partícula	5	17%	<i>“É uma matéria que contém massa e é muito pequena, não se vê a olho nu”. (E17)</i>
Algo contraditório	4	13%	<i>“É a menor partícula da matéria, cuja formação consiste em um núcleo composto por prótons e nêutrons e ao redor há elétrons em órbita na denominada eletrosfera”. (E12)</i>
Não respondeu	1	3%	-----

QUADRO 23 – QUESTIONÁRIO INICIAL: A COMPREENSÃO DO CONCEITO ÁTOMO

Conforme vemos, apenas 7 estudantes (23%) consideraram o átomo como uma partícula composta por constituintes menores (prótons, nêutrons e elétrons). Para 6 estudantes (21%) o átomo é considerado como a menor partícula de matéria, o que nos permite inferir que estas estudantes o veem como uma partícula elementar. Para 5 estudantes (17%) consideram o átomo como partícula de matéria, sem fornecer maiores detalhes a respeito, enquanto que 4 estudantes (13%) apresentaram respostas contraditórias em torno do conceito de átomo. Ao mesmo tempo em que afirmaram ser o átomo a menor porção de matéria, estas estudantes argumentaram que ele é divisível em partes menores, o que evidencia a fragilidade na compreensão deste conceito. Uma estudante não respondeu a esta questão. Por fim, registramos 7 respostas com concepções vagas e, algumas, com erros em relação ao conceito de átomo.

Os resultados acima indicam que a maior parte das estudantes possui uma visão aproblemática e ahistórica da ciência, na medida em que tais dados nos permitem inferir que, em grande parte, as estudantes não foram capazes de estabelecer relações entre a etimologia da palavra *átomo* e o significado do conceito. Algumas estudantes, inclusive, associaram incorretamente o conceito de

átomo a grandezas físicas, o que reflete a existência de lacunas em sua formação escolar.

Passaremos a analisar os dados obtidos em relação a este ponto após o desenvolvimento da proposta didática. Para tal, organizamos o (QUADRO 24) a partir das respostas das estudantes:

O que você entende por átomo?			
Resposta remete à ideia de	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Partícula composta por prótons, nêutrons e elétrons	14	47%	<i>“Uma pequena partícula divisível que constituiria a matéria, a princípio foi dada como redonda, maciça e indivisível, depois surgiram os elétrons com Thomson, Rutherford mostra a existência de um núcleo e Bohr postula as camadas”. (E15)</i>
Partícula elementar	5	17%	<i>“O átomo é conhecido como a menor parte da matéria, resultante de inúmeras divisões. É a ‘partícula elementar da matéria’”. (E20)</i>
Partícula	5	17%	<i>“É uma partícula muito pequena. Uma porção da matéria”. (E22)</i>
Outras concepções (vagas/incorrectas)	4	13%	<i>“Que o átomo é uma fonte de energia”. (E07)</i>
Algo contraditório	2	7%	<i>“Pode ser tanto partícula ou massa, varia de cada cientista sua interpretação, e ainda não foi possível vê-lo, é a menor partícula divisível infinitamente”. (E04)</i>

QUADRO 24 – QUESTIONÁRIO FINAL: A COMPREENSÃO DO CONCEITO ÁTOMO

De acordo com o quadro acima, após o desenvolvimento da proposta didática 14 estudantes (30%) passaram a ver o átomo como uma partícula composta por constituintes menores (prótons, nêutrons e elétrons). Este índice é o dobro quando comparado ao apresentado pelo quadro anterior. Houve uma redução mínima (de apenas uma estudante) no subgrupo que considera o átomo como partícula fundamental de matéria. Em relação ao subgrupo que apresentou concepções vagas sobre o átomo, notamos uma redução de 3 estudantes. É importante ressaltar que, desta vez, neste subgrupo não houve compreensões incorretas, mas compreensões superficiais sobre o átomo. Notamos também uma redução no subgrupo de estudantes que apresentou, em suas respostas, elementos contraditórios acerca da compreensão do átomo.

Podemos considerar que o desenvolvimento da proposta didática contribuiu para perturbar as concepções de boa parte das estudantes, de modo que estas foram capazes de expressar corretamente o significado do conceito de átomo. A

partir dos dados acima, entendemos que o recurso à História e Filosofia da Ciência no ensino dos principais modelos atômicos possibilitou um melhor aprendizado destes conteúdos científicos, uma vez que esta abordagem humaniza a ciência, aproximando-a das estudantes.

4.2.3.2 A compreensão do conceito *partícula fundamental*

Por meio deste ponto, procuramos investigar o que as estudantes compreendem por *partículas fundamentais da matéria*. Para tal, perguntamos para as estudantes no questionário o que elas entendem por partículas fundamentais de matéria. As respostas dadas pelas estudantes no questionário inicial estão organizadas no (QUADRO 25):

O que você entende por partículas fundamentais da matéria?			
Resposta	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Seriam as partículas que formaram e deram origem à matéria	14	47%	"Entendo que são as partículas que sem as quais não existiria matéria, por isso são fundamentais". (E28)
Em branco	8	26%	-----
Seriam os átomos	4	13%	"São átomos que compõe a matéria". (E04)
Seriam as partículas que formam os átomos (subatômicas)	2	7%	"São partículas que envolvem a formação dos átomos". (E03)
Outras respostas	2	7%	"Principais partículas, as mais necessárias". (E02)

QUADRO 25 – QUESTIONÁRIO INICIAL: A COMPREENSÃO DO CONCEITO *PARTÍCULA FUNDAMENTAL*

Em relação aos dados acima percebemos que 14 estudantes (47%) afirmaram que as partículas fundamentais são as partículas que formaram e deram origem à matéria, ao passo que 8 estudantes (26%) não responderam à questão. Para 4 estudantes (13%) as partículas fundamentais seriam os átomos, enquanto que apenas 2 estudantes (7%) apontaram serem as partículas fundamentais as partículas em nível subatômico.

Convém ressaltar que, em nossa interpretação, a maior parte das respostas dadas no questionário inicial foi dada em função do próprio significado literal da expressão *partículas fundamentais*. As estudantes em sua maioria demonstraram não compreender o conceito de partícula fundamental de matéria, o que era

esperado, uma vez que a temática de Física Nuclear não estava contemplada de forma explícita na proposta pedagógica curricular do colégio em que desenvolvemos a proposta didática.

Passaremos a analisar a compreensão das estudantes em relação ao significado de partícula fundamental de matéria após o desenvolvimento da proposta didática. Organizamos o (QUADRO 26) a partir das respostas das estudantes:

O que você entende por partículas fundamentais da matéria?			
Resposta	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Seriam as partículas que formam os átomos (subatômicas)	11	37%	<i>“Os pedacinhos mais pequenos de um átomo”. (E30)</i>
Seriam as partículas que formaram e deram origem à matéria	10	33%	<i>“São as partículas que explicam a constituição e a origem da matéria. Como o nome já diz, são fundamentais para o entendimento da mesma”. (E06)</i>
Outras respostas	5	17%	<i>“Seria o estudo das causas naturais do mundo”. (E13)</i>
Seriam os átomos	3	10%	<i>“Princípio da existência da matéria seria o átomo”. (E15)</i>
Em branco	1	3%	-----

QUADRO 26 – QUESTIONÁRIO FINAL: A COMPREENSÃO DO CONCEITO *PARTÍCULA FUNDAMENTAL*

Ao contrário do levantamento inicial em que quase um terço das estudantes não respondeu à questão, registramos apenas uma ocorrência deste tipo nas respostas obtidas após o desenvolvimento da proposta didática. Em relação aos dados iniciais, percebemos o aumento no subgrupo de estudantes que concebem as partículas fundamentais como sendo as partículas subatômicas. Houve uma redução mínima no subgrupo que associa o significado de partícula fundamental aos átomos, ao passo que também houve redução no subgrupo de estudantes que associaram a sua resposta ao significado literal da expressão.

Apesar da proposta didática não ter abordado as partículas elementares atuais (Modelo Padrão), consideramos como um aspecto positivo essa perturbação nas concepções das estudantes, sobretudo no aumento do subgrupo que apontou as partículas fundamentais como sendo as partículas em nível subatômico. Creditamos isso ao desenvolvimento da proposta didática, baseada numa abordagem HFC em que esta permitiu uma nova abordagem aos conteúdos de Física, alguns inclusive já trabalhados com as estudantes em outras disciplinas. Ao trabalharmos com os modelos atômicos e os fundamentos da Mecânica Quântica, possibilitamos às

estudantes a reflexão em torno das pretensões e dos limites da ciência, de modo que foi possível evidenciar as limitações e a transitoriedade das teorias científicas.

4.2.3.3 A ideia de finitude na busca pela compreensão da estrutura da matéria

Por meio deste ponto, procuramos investigar quais compreensões as estudantes apresentam em relação à ideia de finitude na busca pela compreensão da estrutura da matéria. Para tal, perguntamos às estudantes se a busca pelo entendimento da estrutura da matéria um dia teria fim. Como subsídio para reflexão, fornecemos nos questionários o seguinte fragmento de texto:

A questão da constituição de todas as coisas, desde as pequenas até as maiores como os astros na abóbada celeste, remete-nos à ideia da elementaridade, das substâncias básicas e daquilo que denominamos *interações fundamentais*. A busca pelo entendimento da estrutura da matéria tem uma longa história. Teve início com os gregos na Antiguidade. Prossegue nos dias de hoje e, presumivelmente, nunca terá fim. Hoje denominamos as substâncias básicas de *partículas elementares* (MARQUES G., 2010, p.113).

Neste trecho, Marques G. argumenta que a busca pela compreensão da estrutura da matéria nunca terá fim. Para este autor, em seu estágio atual a busca pela *elementaridade* se apoia nas partículas elementares, o que não a encerra. A partir deste trecho, pedimos às estudantes que se posicionassem em relação à ideia defendida pelo autor (se concordam ou não), justificando seu ponto de vista. Organizamos as respostas dadas pelas estudantes no questionário inicial no (QUADRO 27):

A busca pelo entendimento da estrutura da matéria nunca terá fim?				
Posição	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Concordo	Novas questões e novos desdobramentos	16	54%	<i>“Sim, pois sempre surgirão coisas novas, partículas a serem desvendadas”. (E14)</i>
	Outras	4	13%	<i>“Sim, pois é uma questão muito ampla”. (E22)</i>
	Não soube justificar	4	13%	<i>“Sim, pois tudo tem um começo para se dar a uma matéria”. (E17)</i>
	Limitação do conhecimento	2	7%	<i>“Sim, porque o conhecimento independente da área não é infinito, nunca se saberá tudo a respeito de alguma coisa, por mais que o conhecimento aumente ele nunca será total”. (E19)</i>

Posição	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Discordo	Evolução da ciência	3	10%	<i>“Essa é uma questão a ser repensada, pois não há como afirmar que realmente haverá ou não um fim. Apesar que desde a Antiguidade isso é uma questão que vem sendo analisada e estudada, mas como estes estudos assim como os recursos tecnológicos vem se aperfeiçoando cada vez mais, pode ser que ainda seja desvendado o entendimento da estrutura da matéria”. (E28)</i>
	Ideia de finitude	1	3%	<i>“Não, por causa de tudo que tem um início tem um fim e com certeza a matéria um dia terá o seu fim”. (E07)</i>

QUADRO 27 – QUESTIONÁRIO INICIAL: A IDEIA DE FINITUDE NA COMPREENSÃO DA ESTRUTURA DA MATÉRIA

Conforme podemos constatar, a maioria das estudantes (87%) se posicionou favorável ao autor, admitindo que a busca pelo entendimento da estrutura da matéria nunca terá fim. Destas, 16 estudantes (53%) justificaram seus pontos de vista mencionando que a ciência sempre estará trazendo à tona novas questões e novos desdobramentos, fazendo com que a busca pela compreensão da estrutura da matéria nunca tenha fim.

Em relação às demais estudantes que se posicionaram favoráveis ao autor, 4 estudantes (13%) não articularam uma justificativa que sustentasse o seu ponto de vista e outras 4 estudantes (13%) produziram justificativas vagas, às quais não iremos nos reportar. As respostas destas estudantes indicam a existência de uma visão aproblemática em relação à ciência. Por sua vez, 2 estudantes (7%) consideram que a ciência nunca será capaz de obter um entendimento pleno do mundo real.

Apenas 4 estudantes (13%) discordaram do autor do fragmento. Destas, 3 afirmaram que a busca pelo entendimento da estrutura da matéria um dia terá fim. Estas estudantes sustentaram suas justificativas com base na evolução do conhecimento científico. Tal fato nos levou a inferir a existência de uma visão acumulativa em relação à ciência, uma vez que estas estudantes ignoram as crises e remodelações ocorridas ao longo da história, acreditando assim num crescimento acumulativo linear do conhecimento científico. Outra estudante justificou o seu ponto de vista por meio da ideia de finitude.

Em suma podemos considerar que a configuração deste quadro reflete que uma parcela significativa das estudantes não apresentou uma visão correta em relação à natureza da ciência, sobretudo em suas pretensões. Estas estudantes apresentaram visões deformadas (aproblemática e acumulativa) a respeito de sua natureza.

Em relação aos posicionamentos apontados pelas estudantes no questionário final, organizamos o (QUADRO 28) para orientar nossa análise:

A busca pelo entendimento da estrutura da matéria nunca terá fim?				
Posição	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Concordo	Novas questões e novos desdobramentos	16	54%	<i>“Sim, pois constantemente vem se descobrindo mais e mais coisas, sobre a existência da Terra, do universo como começou e sempre terá algo novo para se descobrir”. (E05)</i>
	Limitação do conhecimento	7	23%	<i>“Sim, visto que ao longo de novas descobertas sempre poderão surgir novos questionamentos. Quanto mais aprofundado o estudo, novas informações passam a ser consideradas. No entanto é importante se considerar as limitações e capacidades de compreensão do ser humano”. (E12)</i>
	Outras	6	20%	<i>“Sim pois ainda não conseguimos nem explicar ou definir um modelo físico do átomo, que é a partícula fundamental da matéria. Então essa busca ainda não terá fim”. (E18)</i>
Discordo	Ideia de finitude	1	3%	<i>“Não. Tudo que tem começo tem um fim. E não existe nada que não terá um fim”. (E07)</i>

QUADRO 28 – QUESTIONÁRIO FINAL: A IDEIA DE FINITUDE E A COMPREENSÃO DA ESTRUTURA DA MATÉRIA

Podemos observar a partir do quadro acima que, desta vez, apenas uma estudante se posicionou de forma contrária ao autor do fragmento. As demais estudantes (97%) se posicionaram a favor do autor. Notamos que houve um aumento na quantidade de estudantes que apontaram como justificativa indícios de que a ciência nunca será capaz de obter um entendimento pleno do mundo real, uma vez que a capacidade de compreensão do ser humano é limitada. Por sua vez, não houve variação no número de estudantes que justificaram sua opinião a partir das novas questões e desdobramentos resultantes da atividade científica.

Podemos considerar, portanto, que o desenvolvimento da proposta didática contribuiu ao perturbar as concepções das estudantes em relação aos limites da ciência na busca pela compreensão da estrutura da matéria. Neste sentido, cremos que nosso trabalho baseado numa abordagem HFC perturbou, ainda que em parte, certas visões deformadas da ciência.

A seguir passaremos a analisar as concepções das estudantes acerca da Física enquanto ciência.

4.2.4 Quarto eixo: concepções acerca da Física enquanto ciência

No quarto eixo – concepções acerca da Física enquanto ciência - procuramos investigar nas estudantes três pontos básicos relacionados à Física enquanto ciência. Para tal, levantamos as concepções das estudantes em relação aos motivos que levaram ao surgimento da Física Quântica e, também, das limitações da Física Clássica. Procuramos investigar ainda como as estudantes avaliam as implicações da Física Quântica para a Física, na compreensão da Natureza e dos fenômenos. Passaremos a analisar os dados constituídos referentes a este eixo.

4.2.4.1 Motivações que levaram ao surgimento da Física Quântica

Através deste ponto, investigamos se as estudantes saberiam explicar o porquê a Física Quântica surgiu. Em outras palavras, procuramos compreender se as estudantes conheciam as motivações que levaram ao surgimento desta área do conhecimento. Em relação aos dados constituídos no questionário inicial, organizamos os mesmos no (QUADRO 29):

Você saberia explicar por que a Física Quântica surgiu?				
Resposta	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
SIM	Aprofundar os estudos sobre a Natureza	6	20%	<i>“Devido a necessidade de estudar a Natureza e seus fenômenos mais detalhadamente”. (E08)</i>
	Outras	3	10%	<i>“Acredito que ela tenha surgido através da necessidade de explicar a vida na Terra, e sabendo que somos apenas um entre 6,4 bilhões de indivíduos existentes em um único planeta da galáxia, ter noção de qual é o nosso impacto no Universo. Acho que é isso”. (E09)</i>

Resposta	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
SIM	Explicar a origem do universo	1	3%	<i>“Para tentar entender como o universo surgiu e como ele “funciona”, para atender as novas exigências do mundo moderno”. (E01)</i>
NÃO	Não soube responder	20	67%	-----

QUADRO 29 – QUESTIONÁRIO FINAL: MOTIVOS QUE LEVARAM AO SURGIMENTO DA FÍSICA QUÂNTICA

Como era de se esperar - dado o fato deste tema nunca ter sido abordado nas aulas de Física - a maior parte do grupo não soube responder à questão. As demais estudantes afirmaram saber explicar os motivos que levaram ao surgimento da Física Quântica, tecendo algumas considerações como justificativa. Entretanto, em sua maioria, suas justificativas se deram em torno de argumentos vagos nos quais não foi possível evidenciar um motivo real que tenha levado ao surgimento da Física Quântica. Por sua vez, 6 estudantes (20%) argumentaram que seu surgimento possibilitou o aprofundamento dos estudos acerca da Natureza.

É importante frisar que estes resultados eram esperados na medida em que as estudantes não tiveram a oportunidade de ter um contato com conteúdos relacionados à Física Quântica até o início do desenvolvimento da proposta didática. No que se refere às respostas dadas no questionário final, constatamos que todas as estudantes responderam à questão. Organizamos as respostas obtidas no (QUADRO 30):

Você saberia explicar por que a Física Quântica surgiu?			
Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Explicar o funcionamento do átomo	10	33%	<i>“Física quântica → Leis do Átomo. Na minha opinião surgiu como interesse pela busca de resposta, uma física inteiramente dedicada ao átomo e toda suas incertezas”. (E10)</i>
Limitações da Física Clássica	6	20%	<i>“A Física Quântica surgiu devido as limitações apresentadas pela física clássica, pois esta só dava conta de explicar o mundo macroscópico, a velocidade que fosse abaixo da velocidade da luz, entre outras. Já a Física Quântica traz uma proposta mais elaborada a respeito da constituição da realidade, em função de uma teoria atômica”. (E28)</i>
Outros motivos	6	20%	<i>“Para estudar sobre árvores, animais, para ajudar a ciência nas suas explicações”. (E24)</i>

Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Melhor entendimento	5	17%	<i>“Para um melhor entendimento da teoria das matérias. Mas esta Física Quântica deixou um entendimento mais complexo”. (E30)</i>
Não apresenta de forma clara	3	10%	<i>“Surgiu um novo conceito e diferente da Física Clássica, está relacionada à quantidade”. (E08)</i>

QUADRO 30 – QUESTIONÁRIO FINAL: MOTIVOS QUE LEVARAM AO SURGIMENTO DA FÍSICA QUÂNTICA

Em relação a este ponto convém observar que 10 estudantes (33%) apontaram que o surgimento da Física Quântica se deu em função da busca pela compreensão da estrutura atômica. Por sua vez, 6 estudantes (20%) mencionaram que o seu surgimento se deu em função das limitações apresentadas pela Física Clássica, enquanto que 5 estudantes (17%) argumentaram que a busca por um melhor entendimento (da natureza, do mundo, etc.) levou ao surgimento da Física Quântica. Em relação às demais respostas, 6 estudantes (20%) apontaram outros motivos e 3 estudantes (10%) não articularam justificativas claras.

Através destes dados percebemos que cerca de metade do grupo analisado conseguiu relacionar o surgimento da Física Quântica em função das limitações da Física Clássica e em função dos desdobramentos das investigações em torno da estrutura interna do átomo. Convém ressaltar que o foco da proposta didática esteve voltado ao estudo da estrutura da matéria e as contribuições da Física Quântica. Neste sentido não desenvolvemos um estudo de cunho cronológico em relação à Física Quântica, de modo a distinguir a velha teoria quântica daquilo que veio a caracterizar a Mecânica Quântica. A nossa compreensão, portanto, é de que a proposta didática perturbou a concepção da maior parte das estudantes. É importante destacar que notamos algumas inconsistências em parte das respostas apresentadas, sobretudo no que se refere ao conceito físico de *quantum*. Algumas estudantes demonstraram não ter compreendido o seu significado.

4.2.4.2 Limitações da Física Clássica

Com este ponto, procuramos explorar nas estudantes as suas concepções em torno dos limites da Física Clássica. Para tal, mencionamos nos questionários que os conteúdos escolares de Física vistos ao longo dos últimos dois anos constituem

parte integrante da Física Clássica. Perguntamos às estudantes se esta Física seria capaz de explicar todos os fenômenos do mundo natural. Pedimos também a elas que justificassem suas opiniões.

As respostas dadas pelas estudantes no questionário inicial estão organizadas no (QUADRO 31):

A Física Clássica é capaz de explicar todos os fenômenos do mundo natural?				
Resposta	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
SIM	Confiança na ciência	6	20%	<i>“A partir das fórmulas utilizadas surge o entendimento dos fenômenos naturais através do resultado da possível equação”. (E06)</i>
NÃO	Ciência é limitada	10	33%	<i>“Nem toda teoria explicaria na íntegra o que realmente é esse ‘mundo natural’. Existem várias coisas que fogem do nosso domínio e da nossa capacidade de compreensão”. (E19)</i>
	Não apresenta de forma clara	5	17%	<i>“Existem outros estudos aprofundados para explicar a física natural”. (E13)</i>
	Outras	5	17%	<i>“Os fenômenos do mundo natural compõe-se de muito mais do que a Física Clássica” (E02).</i>
	Física Clássica explica a maior parte	3	10%	<i>“Não sei dizer se todos. Mas acredito a grande parte, pois temos base de onde procurar ou ver porque teve aquele acontecimento”. (E27)</i>
	Faz menção à Física Quântica	1	3%	<i>“Senão não haveria a Física Quântica, que trata sobre os fenômenos da Natureza”. (E21)</i>

QUADRO 31 – QUESTIONÁRIO INICIAL: LIMITAÇÕES DA FÍSICA CLÁSSICA

No que se refere aos dados do quadro acima, percebemos que 6 estudantes (20%) responderam afirmativamente à questão. As justificativas apresentadas neste caso giram em torno da confiança depositada em relação à Física, enquanto ciência (confiança nas equações matemáticas, por exemplo). Em suas respostas, estas estudantes apresentaram uma visão aproblemática e ahistórica da Física.

Por sua vez, a maior parte do grupo respondeu a questão argumentando que a Física Clássica não é capaz de explicar todos os fenômenos naturais. Destes, 10 estudantes (33%) justificaram seus pontos de vista, mencionando que a Física - como ciência - é limitada em suas pretensões. Em relação às demais respostas, 5 estudantes (17%) não justificam claramente o seu ponto de vista e 3 estudantes (10%) mencionam que a Física Clássica explica a maior parte dos fenômenos, sem

contudo dar maiores detalhes. Apenas uma estudante fez menção à Física Quântica, ainda que de forma vaga.

Estes dados refletem, em parte, o que esperávamos obter. Até o início do desenvolvimento da proposta didática, foi oportunizado às estudantes apenas o estudo de conteúdos escolares relacionados à Física Clássica (fenômenos macroscópicos). Esperamos que a introdução de tópicos de Física Quântica tenha contribuído para reverter esta visão, na medida em que estes conteúdos trazem subsídios para a discussão da Física, enquanto ciência.

Passaremos a analisar as respostas dadas à mesma questão no questionário final. Para tal, organizamos o (QUADRO 32):

A Física Clássica é capaz de explicar todos os fenômenos do mundo natural?				
Resposta	Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
SIM	Confiança na ciência	2	7%	<i>“A Física é composta através de pesquisas da nossa própria realidade”. (E16)</i>
NÃO	Física Quântica é necessária	7	23%	<i>“É a partir daí que a Física Moderna tem seu marco inicial. Surge com a intenção de suprir tais defasagens não compreendidas pela Física Clássica”. (E12)</i>
	Ciência é limitada	6	20%	<i>“Nada e ninguém é capaz de explicar tudo o que acontece”. (E04)</i>
	Complexidade da Natureza	5	17%	<i>“Acredito que não, pois só com a física clássica não podemos ao certo descrever a verdadeira realidade, pois há várias teorias que não se aplica com determinadas matérias”. (E26)</i>
	Outras justificativas	4	13%	<i>“Não, pois se isso ocorresse não haveriam mais pesquisas”. (E15)</i>
	Física Clássica não consegue explicar o interior do átomo	3	10%	<i>“Ela não explica a estruturação do átomo que faz parte do mundo natural. Mas a física nos ajuda a entender muitas coisas ao nosso redor”. (E20)</i>
	Não justifica claramente	3	10%	<i>“Com uma incerteza, alguns fenômenos podem ser explicados”. (E17)</i>

QUADRO 32 – QUESTIONÁRIO FINAL: LIMITAÇÕES DA FÍSICA CLÁSSICA

Em relação aos dados do quadro acima, podemos dizer que houve uma redução na quantidade das estudantes que afirmaram ser a Física Clássica capaz

de explicar todos os fenômenos do mundo natural, passando de 6 para 2 estudantes (7%). As demais alunas (93%) negaram essa possibilidade.

Das estudantes que registraram em seus questionários que a Física Clássica não seria capaz de explicar todos os fenômenos do mundo natural, 7 estudantes (23%) apontaram que o surgimento da Física Quântica evidencia esse fato. Outras 6 estudantes (20%) afirmaram que a ciência é limitada em suas pretensões o que impede a Física Clássica de explicar todos os fenômenos do mundo natural. Por sua vez, 5 estudantes (17%) justificaram essa impossibilidade apontando que a Natureza é complexa para ser submetida à explicação da Física Clássica e 3 estudantes (10%) avançaram nesse sentido ao apontar que a Física Clássica não seria capaz de explicar a estrutura interna do átomo. Em relação às demais, 4 estudantes (13%) apontaram motivos distintos, ao passo que 3 estudantes (10%) não articularam justificativas que sustentassem os seus pontos de vista.

Com base no levantamento acima, podemos considerar que a percepção das estudantes foi perturbada a partir do desenvolvimento da proposta didática. Em sua maioria, as estudantes foram capazes de identificar limitações na Física Clássica, seja no reconhecimento da complexidade da Natureza ou na impossibilidade de compreensão em nível microscópico. Percebemos também, nas respostas das estudantes que mencionaram o surgimento da Física Quântica como justificativa, a necessidade de uma nova explicação oriunda, de certo modo, de um processo de remodelação. O desenvolvimento da proposta didática, portanto, contribuiu em relação a este ponto.

4.2.4.3 A descrição da realidade a partir da Física Quântica

Por fim, no último ponto analisamos a compreensão das estudantes em relação à descrição da realidade a partir da Física Quântica. Para tal, mencionamos no questionário que, a partir do surgimento da Física Quântica, a descrição da Natureza se mostrou mais complexa do que aquela representada pela Física Clássica. Perguntamos às estudantes a que se devia esta maior complexidade.

Organizamos o (QUADRO 33) a partir das respostas obtidas no questionário inicial:

Com o surgimento da Física Quântica, a descrição da Natureza se mostrou mais complexa do que aquela representada pela Física Clássica. Tal fato se deve a que?			
Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário inicial
Não respondeu (em branco)	14	47%	-----
Não soube responder à questão	9	30%	“O trabalho feito focado nessa área talvez, uma maior atenção em explicar os fenômenos deste fator”. (E19)
Novas descobertas/estudos	4	13%	“Aos novos estudos que incluíram na Física Quântica as novas teorias da Natureza”. (E02)
Outras	3	10%	“Deve-se a forma em que se relata a física. Por uma ser mais detalhada que a outra”. (E08)

QUADRO 33 – QUESTIONÁRIO INICIAL: A DESCRIÇÃO DA REALIDADE A PARTIR DA FÍSICA QUÂNTICA

Em relação aos dados acima percebemos que 14 estudantes (47%) não responderam à questão. Em sua maioria as demais estudantes - embora tenham respondido à questão - não conseguiram expor os seus motivos de forma clara, o que de fato era esperado, já que tal discussão nunca foi realizada em sala de aula antes do início do desenvolvimento da proposta didática. Por sua vez, 4 estudantes (13%) atribuíram às novas descobertas e estudos a maior complexidade na descrição da Natureza.

Convém frisar que estes dados iniciais refletem uma realidade que já esperávamos obter, na medida em que os conteúdos relacionados à Física Quântica não haviam sido abordados com as estudantes. Acreditamos que a inserção destes conteúdos por meio de uma abordagem HFC possa contribuir para reverter este quadro. Passaremos a considerar as respostas obtidas no questionário final, organizadas no (QUADRO 34):

Com o surgimento da Física Quântica, a descrição da Natureza se mostrou mais complexa do que aquela representada pela Física Clássica. Tal fato se deve a que?			
Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Complexidade do mundo microscópico	5	17%	“Deve-se ao fato da explicação de não apenas do que se constitui a matéria, mas saber distinguir a forma como se comporta para a construção de tal. Agora o átomo não é apenas a menor partícula da matéria, pois a partir de então passa-se a considerar a existência de partículas subatômicas além é claro a existência de explicações como a descontinuidade ou a incerteza dos fatos”. (E12)

Justificativa	Quantidade de ocorrências	Porcentagem em relação ao grupo	Exemplo de resposta dada no questionário final
Envolve compreensões equivocadas	5	17%	<i>“Pois a Física Quântica trata de coisas como números contínuos e descontínuos e principalmente porque usamos mais os descontínuos números inteiros”. (E14)</i>
Incerteza	4	13%	<i>“Submete-se no fato de que tudo ser incerto, a Física Quântica tenta mostrar que nem tudo é o que parece ser”. (E02)</i>
Quantização	4	13%	<i>“A uma necessidade de quantizar as coisas”. (E04)</i>
Não apresenta de forma clara	4	13%	<i>“A Física Quântica dá muitas certezas e se deve explicar os fatos como ocorrem porque acontece a Física Quântica dá essas respostas”. (E05)</i>
Probabilidade	3	10%	<i>“Ao surgimento de probabilidade onde, na física clássica o modelo era definido de determinada forma, onde também não poderia ser modificado. Já com o surgimento da Física Quântica surgiram comprovações de que tal modelo poderia sofrer modificações”. (E22)</i>
Outras	3	10%	<i>“Por ela não chegar a um ponto final, por ela demonstrar que há uma continuidade a mais nas matérias”. (E30)</i>
Não respondeu/discordou	2	7%	-----

QUADRO 34 – QUESTIONÁRIO FINAL: A DESCRIÇÃO DA REALIDADE A PARTIR DA FÍSICA QUÂNTICA

De acordo com os dados acima percebemos que 5 estudantes (17%) justificaram essa complexidade maior a partir das características próprias do nível subatômico. Por sua vez, 4 estudantes (13%) apontaram a incerteza como fator que justificaria essa complexidade e 4 estudantes (13%) apontaram a própria ideia de quantização como justificativa, enquanto que para 3 estudantes (10%) a probabilidade seria o fator que justificaria esse aumento de complexidade.

Em relação às demais respostas, 5 estudantes (17%) apresentaram em suas justificativas elementos que remetem a compreensões equivocadas, enquanto que 4 estudantes (13%) não articularam justificativas compreensíveis. Uma estudante não respondeu à questão e outra estudante discordou do enunciado da questão, afirmando que a descrição da Natureza se tornou menos complexa a partir da Física Quântica.

No que se refere a esse ponto é importante frisar que o nível de profundidade dado à discussão dos fundamentos da Mecânica Quântica, na proposta didática, foi de caráter introdutório. Ao longo das suas últimas aulas a proposta trouxe uma série de elementos que, de certo modo, perturbaram as concepções das estudantes. Em

nossa análise, consideramos que os resultados do quadro foram satisfatórios na medida em que se compararmos com os dados iniciais - a maior parte não soube responder a essa questão - houve um avanço, o qual indicou que a proposta didática perturbou, em grande parte, as concepções das estudantes.

Com esta análise encerramos a discussão em torno dos dados dos questionários. Na sequência passaremos a fazer as considerações finais em torno desta pesquisa, sistematizando os resultados obtidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com este trabalho pudemos fazer uma reflexão em torno do ensino de Ciências. Inicialmente percebemos que, de fato, se faz necessária o uso de novas abordagens em sala de aula para reverter o desinteresse generalizado dos estudantes em relação às aulas de Ciências, conforme apontado por muitos autores. Neste sentido, constatamos que a literatura indica que a abordagem HFC representa um caminho viável, desde que seja utilizada corretamente.

Num segundo momento, delimitamos nossa discussão em torno do ensino de Física. A partir da constatação de que esta disciplina - por estar inserida num contexto de crise do ensino de Ciências - deveria passar por um processo de revisão curricular e metodológica, focamos nossa análise com base nos documentos oficiais nacionais e estaduais, bem como em trabalhos de pesquisadores. Assim pudemos perceber a necessidade da inserção de tópicos atualizados de Física no currículo escolar, bem como o uso de novas abordagens em sala de aula. Neste sentido, o nosso recorte se deu em função do ensino de Física Quântica por meio de uma abordagem HFC.

Ao optarmos por investigar a inserção de tópicos relacionados à Física Quântica na Educação Básica por meio de uma abordagem HFC, procuramos primeiramente analisar as coleções de Física do PNL D 2012, no intuito de compreender que conteúdos são apresentados, como isto ocorre e se apresentam elementos que permitam ao professor a realização de uma abordagem HFC em sala de aula. Neste sentido, a nossa análise evidenciou que a maior parte das coleções não tem como preocupação a apresentação destes conteúdos por meio de uma perspectiva historiográfica atual, se atendo à apresentação de fatos históricos (biografias) e de curiosidades. Pudemos constatar, inclusive, a propagação de mitos em alguns livros.

O processo descrito acima foi feito de modo a atingir o objetivo central deste trabalho: **evidenciar as possíveis contribuições de uma abordagem HFC para o ensino de Física Quântica na Educação Básica**. Assim, após percorrer o caminho acima, pudemos nos apropriar de elementos que nos permitiram estruturar uma proposta didática de intervenção em sala de aula. Como explicitamos ao longo deste trabalho, esta proposta representa **uma** entre as várias possibilidades de inserção de tópicos de Física Quântica na Educação Básica, e foi baseada em algumas re-

comendações presentes na literatura de se inserir os conteúdos por meio de uma abordagem HFC. Através desta proposta priorizamos o trabalho com textos clássicos, com fontes secundárias, com materiais audiovisuais e com atividades em grupo. Neste sentido, procuramos seguir as recomendações de Carvalho e Sasseron (2010, p. 114) quando estas autoras apontam que as atividades devem “fazer com que, nas interações em sala de aula, os alunos não só respondam, mas também questionem, e que nesse questionamento apareçam ideias científicas é a grande meta do ensino de Ciências”.

É importante ressaltar que a elaboração desta proposta didática se deu em função da realidade escolar na qual foi desenvolvida. Em sua estruturação, levamos em consideração as características da proposta pedagógica curricular do colégio, de modo que os conteúdos da proposta estivessem em consonância com os previstos no planejamento anual da disciplina. Neste sentido, o número de aulas alocadas para o desenvolvimento da proposta didática foi estabelecido em função do planejamento anual da disciplina. Se a carga horária anual da disciplina fosse maior, certamente poderíamos considerar a possibilidade de acréscimo de aulas em nossa proposta.

O contexto de desenvolvimento de nossa proposta didática – uma turma de série final do Curso de Formação de Docentes em nível médio de um colégio da região metropolitana de Curitiba – nos permitiu captar elementos os quais nos possibilitaram uma reflexão mais ampla em torno dos desafios de se ensinar conteúdos de Ciências por meio de uma abordagem HFC. Neste sentido, poderíamos argumentar que a quantidade de estudantes nas turmas, as condições de infraestrutura e a disponibilidade de TICs são alguns fatores que poderiam influenciar o professor na opção ou não por uma abordagem HFC em suas aulas. Entretanto, se valer destes fatores para justificar ou não o uso da abordagem HFC nas aulas não pode ser tomado como argumento principal. Antes de tudo, o recurso a esta abordagem deve ser encarado como uma opção que emerge - conforme Pessoa Jr. (1996) - da concepção que o professor tem em relação ao ensino.

Ao longo do desenvolvimento da proposta didática enfrentamos alguns obstáculos, uns em maior e outros em menor intensidade. O tamanho da turma, as condições físicas da sala de aula, os problemas decorrentes do clima, a grande quantidade de faltas registradas pelas estudantes ao longo do ano, as intervenções da equipe administrativa do colégio e o problema com o cumprimento do calendário

letivo, de certo modo, influenciaram no andamento de nosso trabalho. Convém ressaltar que estas ocorrências trouxeram elementos que nos permitiram refletir em torno de questões relacionadas ao cotidiano escolar em nossa pesquisa. Deste modo, cremos que ao analisar as contribuições da abordagem HFC para o ensino de Física Quântica, podemos falar em contribuições concretas que superaram as dificuldades enfrentadas e que emergiram da lista que apontamos no primeiro capítulo. Encaramos os problemas enfrentados como pontos de partida para reflexões em que a melhoria no ensino em geral não deve se ater apenas a revisões de ordem curricular e metodológica, mas também abarcar questões relacionadas à organização do trabalho pedagógico, à estrutura e funcionamento das escolas, entre outras.

Atendo-nos especificamente à resposta de nosso problema de pesquisa – **Quais as possíveis contribuições da abordagem HFC para o ensino de Física Quântica na Educação Básica?** – podemos considerar que, de fato, a análise e discussão dos dados constituídos em nossa pesquisa evidenciou que a abordagem HFC contribuiu para o ensino dos conteúdos elencados de Física Quântica. Esta resposta pode ser evidenciada na medida em que constatamos que as visões deformadas em relação à ciência e ao trabalho científico foram perturbadas ao longo do desenvolvimento da proposta didática.

Na seção 1.3.2 apresentamos, a partir da literatura, as principais contribuições atribuídas à abordagem HFC quando esta é utilizada no ensino de Ciências. Tais contribuições são baseadas sobretudo nos trabalhos de Matthews (1995), Martins (2006), Peduzzi (2001), Batista (2007) e Solbes e Traver (2001). Destas contribuições destacamos que foram percebidas ao longo do processo que a abordagem HFC:

- a) ***Motivou e atraiu grande parcela das alunas ao tornar as aulas mais reflexivas.*** A análise dos diários de bordo permitiu evidenciar que, ao longo do desenvolvimento da proposta didática, houve uma participação expressiva das estudantes, sobretudo no debate em torno das questões dos textos e dos materiais apresentados.
- b) ***Humanizou o ensino de Ciências, ao evidenciar que a ciência é uma construção humana, historicamente constituída.*** Ao trazermos elementos da História e Filosofia da Ciência na abordagem da compreensão da estrutura da matéria e do papel ocupado pela teoria quântica, possibilitamos às estudantes a percepção de que a ciência é uma construção humana. Em grande

parte, as estudantes perceberam que a ciência, antes de tudo, é produto da atividade humana, historicamente constituída.

- c) ***Permitiu compreender as relações entre dogma, sistema de crenças e racionalidade científica.*** Neste sentido, pudemos perceber nas estudantes que estas compreenderam em grande parte as distinções e as relações entre dogmas, sistema de crenças e racionalidade científica. A discussão em torno da hipótese de Planck, do papel dos postulados no trabalho de Bohr e de algumas características da Mecânica Quântica possibilitaram às estudantes uma percepção em que há um limite em relação à racionalidade científica, fazendo com que esta recorra a proposições na forma de dogmas.
- d) ***Permitiu a formação de uma concepção adequada sobre a natureza das ciências, de suas limitações, de sua transitoriedade, bem como o entendimento de suas relações com outras formas de apreensão da realidade (arte, religião e filosofia).*** A análise dos dados nos permitiu inferir que houve uma perturbação nas concepções da maior parte das estudantes em relação à natureza da ciência, marcada em grande parte por serem baseadas em visões empírico-indutivistas, aproblemáticas e ahistóricas. Ao trabalharmos com os tópicos de Física Quântica, inseridos num contexto de compreensão da evolução da estrutura da matéria, pudemos contemplar – via abordagem HFC – elementos que evidenciassem a presença de saltos e revoluções ocorridas na História da Ciência, sobretudo enfatizando o caráter transitório do conhecimento científico e que não há uma supremacia da racionalidade científica em relação às outras formas de apreensão da realidade (arte, religião e filosofia).
- e) ***Permitiu valorizar adequadamente os aspectos internos do trabalho científico como a natureza do problema abordado, a importância dos experimentos, o formalismo matemático e a evolução do conhecimento e as mudanças ocorridas.*** Neste sentido, cremos que a dinâmica e a discussão em torno dos modelos científicos foi fundamental para as estudantes se aproximarem da atividade científica em seus aspectos internos. Esta discussão inicial possibilitou a percepção de que não há nada intuitivo no que se refere à discussão em torno dos fundamentos da estrutura da matéria, sobretudo quando pensada a partir da apresentação dos diferentes modelos atômicos que se sucederam. Na abordagem dos modelos atômicos clássicos,

por exemplo, procuramos explorar o formalismo matemático como ferramenta de descrição da realidade e não apenas no sentido de se realizar a manipulação de grandezas.

- f) **Possibilitou o conhecimento sobre a evolução das ideias, dos problemas e de suas soluções na ciência, garantindo às estudantes a percepção da existência de um processo de construção interdisciplinar de explicações.** Ao abordarmos os conteúdos de Física Quântica, inseridos num contexto de compreensão da estrutura da matéria, possibilitamos a visão de um panorama mais amplo, de modo a integrar os diversos conhecimentos já adquiridos pelas estudantes em Química e Física, evidenciando assim a existência de um processo de construção interdisciplinar de explicações. Deste modo, buscamos abalar a visão parcelar em relação ao conhecimento científico das estudantes.
- g) **Possibilitou o aprendizado das leis científicas, representadas por meio de expressões matemáticas, não limitando o aprendizado à simples manipulação numérica de grandezas.** Neste sentido, o desenvolvimento da proposta didática possibilitou à maior parte das estudantes um entendimento melhor em relação aos modelos atômicos, aos fundamentos da teoria quântica, às limitações da Física Clássica, à complexidade da descrição da Natureza e à natureza dual da luz. A nossa proposta permitiu uma melhor percepção melhor em relação à Física enquanto ciência, não se restringindo à apresentação de leis e teorias através de fórmulas aplicáveis apenas na resolução de problemas.

Em linhas gerais, percebemos que o ensino dos conteúdos de Física Quântica por meio de uma abordagem HFC produziu boa parte dos objetivos elencados pela literatura. É importante salientar que, dado o contexto de intervenção ser de 12 aulas, os resultados não indicam necessariamente uma mudança de postura nas estudantes, mas uma perturbação nas concepções sedimentadas ao longo de toda uma formação escolar básica e que encontrava o seu término naquele ano. Cremos que um trabalho mais amplo, no qual a abordagem HFC esteja presente no ensino de Ciências na Educação Básica, tende a superar um ensino marcado apenas pela transmissão de resultados científicos. Em relação a esta transmissão, Martins argumenta que:

Há uma importante distinção entre conhecimento científico e crença científica. Ter conhecimento científico sobre um assunto significa conhecer os resultados científicos, aceitar esse conhecimento e ter o direito de aceitá-lo, conhecendo de fato (não através de invenções pseudo-históricas) como esse conhecimento é justificado e fundamentado. Crença científica, por outro lado, corresponde ao conhecimento apenas dos resultados científicos e sua aceitação baseada na crença na autoridade do professor ou do 'cientista'. A fé científica é simplesmente um tipo moderno de superstição. É muito mais fácil adquiri-la que o conhecimento científico – mas não tem o mesmo valor (MARTINS, 2006, p.xxvi).

A superação do ensino de Ciências, marcado pela transmissão de crenças científicas, não é um processo simples. Apesar de muitos professores acreditarem em suas aulas trabalhar com conhecimentos científicos, muitos transmitem apenas crenças científicas. Procuramos desenvolver um ensino de Física que superasse esta visão, porém, como o próprio autor aponta, é mais fácil aos estudantes receber os conteúdos sob a forma de crenças científicas, pois não há necessidade de se apropriar de seus fundamentos. Entendemos que a rejeição inicial das estudantes à atividade com o texto (segunda aula do desenvolvimento da proposta) refletiu este aspecto.

Por fim, o desenvolvimento desta pesquisa nos trouxe novos questionamentos. Em relação à abordagem HFC, o desafio de se estabelecer interfaces em sala de aula transcende esta discussão na medida em que há de ser respeitadas as características de cada conteúdo e cada realidade escolar ao se optar por esta abordagem. Investir em uma abordagem HFC implica, dentre outros fatores, na busca de fontes históricas apropriadas, em diversificar a apresentação destas em função dos recursos disponíveis da escola e na elaboração de atividades que possibilitem uma abordagem na qual os estudantes sejam parte do processo e não apenas meros expectadores. Para os professores consideramos fundamental a oferta de programas de formação continuada, através dos quais seja possível a abordagem de aspectos da epistemologia contemporânea, bem como o aprofundamento em relação ao papel desempenhado por sua disciplina no currículo escolar.

No que se refere à inserção de tópicos de Física Quântica, compreendemos que a nossa investigação deve prosseguir no intuito de se avaliar como introduzir estudantes da escola básica no universo da Mecânica Quântica. Pensamos também na possibilidade de se estabelecer um diálogo mais próximo entre as disciplinas escolares de Química e Física na abordagem de temas em comum como os modelos atômicos e a Radioatividade. Assim, a inserção de tópicos de Física Moderna e

Contemporânea na disciplina de Física deixaria de ocupar um papel puramente informativo, passando a integrar efetivamente o currículo escolar.

REFERÊNCIAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria. **O que é História da Ciência**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1994.

ALVES, Rubem. **Filosofia da ciência: introdução ao jogo e suas regras**. São Paulo: Edições Loyola, 2000.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

_____. O novo espírito científico. In: **Os pensadores**. São Paulo: Abril, 1974. v.38

BASSALO, José Maria Filardo. A importância do estudo da História da Ciência. **Revista da SBHC**, n.8, p.57-66, 1992.

BASTOS, Fernando. História da Ciência e pesquisa em ensino de ciências. In: NARDI, Roberto (org). **Questões atuais no ensino de ciências**. São Paulo: Escrituras Editora, 1998, p.43-52.

BATISTA, Irinéa de Lourdes. O ensino de teorias físicas mediante uma estrutura histórico-filosófica. **Ciência & Educação**, v.10, n.3, p.461-476, 2004.

_____. Reconstruções Histórico-Filosóficas e a pesquisa em Educação Científica e Matemática. In: NARDI, Roberto (org). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007, p. 257-272.

BISCUOLA, Gualter José; VILLAS BÔAS, Newton; DOCA, Ricardo Helou. **Física**, v.3. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

BIZZO, Nelio Marco Vicenzo. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? **Em Aberto**, Brasília, ano 11, nº 55, jul./set. 1992.

BOHR, Niels. Sobre a constituição de átomos e moléculas. **Textos fundamentais de Física Moderna – volume II**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1969.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB), Departamento de Políticas de Ensino Médio. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Parte III – Ciências da Natureza**. Brasília, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.

_____. **PCN+, Ensino Médio, Orientações Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Brasília, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002.

_____. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**. Brasília: MEC/SEB, 2008.

_____. **Diretrizes curriculares nacionais gerais para a Educação Básica**. Brasília: MEC/CNE, 2010.

_____. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Apresentação**. Brasília: MEC/SEB, 2011a.

_____. **Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Física**. Brasília: MEC/SEB, 2011b.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, *et al.* **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. São Paulo: Cengage Learning, 2004, p.1-13.

_____; SASSERON, Lúcia Helena. Abordagem histórico-filosóficas em sala de aula: questões e propostas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de, *et al.* **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010, p.107-139.

D'AMBROSIO, Ubiratan. Tendências historiográficas na história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo (orgs). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC/Livraria Editora da Física/Fapesp, 2004, p. 165-200.

EL-HANI, Charbel Niño. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, Cibelle Celestino (org). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. 3-21.

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

FRANÇA, Eduardo D'Oliveira. A teoria geral da História. **Revista de História**. n.7, p.111-141, 1951.

FUKE, Luiz Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. **Física para o Ensino Médio**, v.3. 1ª ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

GAGLIARDI, R; GIORDAN, A. La historia de las ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de las ciencias**, 4 (3), p.253-258, 1986.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**, v.3. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2010.

GONÇALVES FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. **Física e realidade**, v.3. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2010.

GIL-PÉREZ, Daniel *et al.* Para uma imagem não-deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**. v.7, n.2, p.125-153, 2001.

HEISENBERG, Werner. **Física e Filosofia**. Brasília: Editora da UnB, 1987.

HEWITT, Paul. **Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

KAWAMURA, Maria Regina Dubeux; HOSOUME, Yassuko. A contribuição da Física para um novo ensino médio. **Física na Escola**, v.4, n.2, p.22-27, 2003.

KNELLER, George. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

KOYRÉ, Alexandre. **Do mundo fechado ao universo infinito**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2010.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2007.

_____. **A tensão essencial**. São Paulo: Editora Unesp, 2011.

LAKATOS, Imre. **História da ciência e suas reconstruções racionais**. Lisboa: Edições 70, 1998.

LEITE, Laurinda. History of Science in Science Education: Development and Validation of a Checklist for Analysing the Historical Content of Science Textbooks. **Science & Education**, v.11, p.333-359, 2002.

LOCH, Juliana. **Física Moderna e Contemporânea no planejamento de professores de Física de escolas públicas do Estado do Paraná**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LÜDCKE, Menga; ANDRÉ, Marli. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARCONDES, Danilo. **Iniciação à história da filosofia: dos pré-socráticos a Wittgenstein**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2005.

MARQUES, Deividi Marcio. **Dificuldades e possibilidades da utilização da História da Ciência no ensino de Química: um estudo de caso com professores em formação inicial**. 125 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2010.

MARQUES, Gil da Costa. **Do que tudo é feito?** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010.

MARTINS, André Ferrer. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro Ensino de Física**, v.24, n.1, p.112 -131, 2007.

MARTINS, Roberto de Andrade. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo (orgs). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: EDUC/Livraria Editora da Física/Fapesp, 2004, p. 115-146.

_____. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino (org). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. xxi-xxxiv.

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

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. **Curso de Física**, v. 3. 1ª ed. São Paulo: Scipione, 2010.

MCCOMAS, William; ALMAZROA, Hiya; CLOUGH, Michael. The nature of science in science education: an introduction. **Science & Education** v.7, p.511-532, 1998.

MEDEIROS, Alexandre. A História da Ciência e o ensino de Física Moderna. In: NARDI, Roberto (org). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007, p. 273-292.

MENEZES, Luís Carlos de. *et al.* **Quanta física**, v.3. 1ª ed. São Paulo: PD, 2010.

NEVES, Marcos Danhoni. A História da Ciência no ensino de Física. **Ciência & Educação**, v.5, n.1, p.73-81, 1998.

_____; SAVI, Arlindo Antonio (org). **De experimentos, paradigmas e diversidades no ensino de Física: construindo alternativas**. Maringá: Massoni, 2005.

OSTERMANN, Fernanda; MOREIRA, Marco Antonio. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.18, n.2, p.135-151, 2001.

_____. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v.5, n.1, p.23-48, 2000.

PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação do Paraná. **Proposta pedagógica curricular do Curso de Formação de Docentes da educação infantil e anos**

iniciais do ensino fundamental, em nível médio, na modalidade Normal.
Curitiba: SEED/DEP, 2006.

_____. **Diretrizes Curriculares da Educação Básica: Física.** Curitiba: DEB, 2008.

PEDUZZI, Luiz. Sobre a utilização didática da história da ciência. In: PIETROCOLA, Maurício (org). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora.** Florianópolis: Editora da UFSC, 2001, p.151-170.

PESSOA JR, Osvaldo. Quando a abordagem histórica deve ser usada no ensino de ciências? **Ciência & Ensino**, n.1, p.4-6, 1996.

PIETROCOLA, Maurício. *et al.* **Física em contextos: pessoal, social e histórico**, v.3. 1ª ed. São Paulo: FTD, 2010.

PINTO, Custódio; ZANETIC, João. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.16, n.1, p.7-34, 1999.

REALE, G; ANTISERI, D. **História da Filosofia.** São Paulo: Paulus, 2006. v.7.

RIBEIRO FILHO, Aurino. Os quanta e a Física Moderna. In: ROCHA, José Fernando (org). **Origens e evolução das idéias da Física.** Salvador: EDUFBA, 2002, p.320-323.

RUTHERFORD, Ernest. A dispersão de partículas α e β pela matéria e a estrutura do átomo. In: BEYER, Robert. **Textos fundamentais da Física Moderna – volume III.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004. p.169-198.

SAITO, Fumikazu. História da ciência e ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores. **História da Ciência e ensino: construindo interfaces**, São Paulo, volume 1, 2010.

SANT'ANNA, Blaidi. *et al.* **Conexões com a Física**, v.3. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2010.

SCHULZ, Peter. Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v.29, n.4, p.509-512, 2007.

SEQUEIRA, Manuel; LEITE, Laurinda. A História da Ciência no ensino-aprendizagem das ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, vol. 1, nº 2, p. 29-40, 1988.

SILVA, Claudio Xavier da; BARRETO FILHO, Benigno. **Física aula por aula**, v.3. 1ªed. São Paulo: FTD, 2010.

SOLBES, Jordi; SINARCAS, Vicent. Utilizando la historia de la ciencia en la enseñanza de los conceptos claves de la física cuántica. **Didáctica de las Ciências Experimentales y Sociales**, n.23, p.123-151, 2009.

_____ ; TRAVER, M. Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de física y química: mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. **Enseñanza de las ciencias**, 19 (1), 151-162, 2001.

TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.9, n.3, p.209-214, 1992.

_____. **Perspectivas para a inserção da Física Moderna na escola média**. 241 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

TORRES, Carlos Magno; FERRARO, Nicolau Gilberto; SOARES, Paulo Antonio de Toledo. **Física – Ciência e Tecnologia**, v.3. 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2010.

TRINDADE, Laís dos Santos Pinto, *et al.* História da Ciência e ensino: alguns desafios. In: BELTRAN, Maria Helena Roxo; SAITO, Fumikazu; TRINDADE, Laís dos Santos Pinto (orgs). **História da Ciência: tópicos atuais**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2010, p.119-132.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais: A Pesquisa Qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

ZANETIC, João. **Física também é cultura**. 252 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 – PROPOSTA DIDÁTICA “FÍSICA QUÂNTICA E A COMPREENSÃO DA ESTRUTURA DA MATÉRIA”	207
APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO	226
APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO INICIAL/FINAL ESCRITO	227
APÊNDICE 4 – DIÁRIO DE BORDO DA ESTUDANTE	230
APÊNDICE 5 – REGISTRO DE FREQUÊNCIA	231

APÊNDICE 1 – PROPOSTA DIDÁTICA

Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria

Uma proposta didática para a utilização da abordagem HFC no Ensino Médio

A Física Quântica e a compreensão da estrutura da matéria

Ao final do século XIX, a Física era uma ciência bem estruturada e capaz de explicar muitos fenômenos do mundo natural. Estruturada em torno da Mecânica Newtoniana, das leis da Termodinâmica, da teoria cinética dos gases e do Eletromagnetismo, a Física era responsável pela compreensão e explicação dos diversos fenômenos macroscópicos naturais. Neste contexto, os cientistas buscavam responder às questões ainda em aberto com base no arcabouço de conceitos historicamente constituídos.

Entretanto tais questões se mostravam complexas na medida em que, parcialmente, refletiam o conflito entre as duas principais visões de mundo: a *mecanicista*, baseada no trabalho de Isaac Newton (1642-1727); e a *ondulatória*, cujo ápice se deu com o trabalho de James Clerk Maxwell (1831-1879). As questões derivadas da propagação da radiação eletromagnética traziam à tona esse conflito. Na última década do século XIX, com a descoberta dos raios X e da Radioatividade, surgiu um novo horizonte que marcaria a Física do próximo século.

Ao final de 1900, Max Planck (1858-1947) apresentou um conjunto de ideias - que se tornaria posteriormente a fundamentação da teoria quântica - na tentativa de solucionar o problema da radiação de um corpo negro. Essa explicação abriu caminho para que Albert Einstein (1879-1955) pudesse formular uma explicação satisfatória ao efeito fotoelétrico e, assim, evidenciar a natureza dual da luz.

A partir das contribuições dos estudos sobre a Radioatividade foi possível avançar na compreensão da estrutura da matéria. O átomo, considerado indivisível até o início do século XIX, se revelaria um século depois uma estrutura complexa e divisível na medida em que os modelos atômicos eram aperfeiçoados. Com Ernest Rutherford (1871-1937), a Física encontrou o seu limite na pretensão de explicar a estrutura da matéria. A Mecânica Newtoniana e o Eletromagnetismo de Maxwell não

se mostraram capazes de explicar, por si só, a estabilidade dos diferentes elementos químicos conhecidos à época.

Em 1913 o físico dinamarquês Niels Bohr (1885-1962) propôs uma nova explicação para a estrutura atômica ao agregar os conceitos da teoria quântica ao modelo clássico de Rutherford. Por meio de postulados, Bohr alterou a teoria clássica e assim resolveu o problema da *espiral da morte* do elétron, consequência da teoria eletromagnética de Maxwell. Assim Bohr pode explicar as linhas espectrais do átomo de hidrogênio. Entretanto seu modelo apresentava limitações na medida em que não era capaz de explicar a estrutura dos demais elementos químicos (átomos multieletrônicos).

Na década de 1920 foram lançadas as bases da Mecânica Quântica, por meio das contribuições de físicos dentre os quais destacamos: Louis De Broglie (1892-1987), Werner Heisenberg (1901-1976), Erwin Schrödinger (1887-1961) e o próprio Bohr. A descrição da estrutura do átomo a partir deste período trouxe à tona novas questões às quais a Física Clássica dificilmente se ocupou. Dentre tais questões, destacamos as consequências do princípio da incerteza de Heisenberg, segundo o qual a Natureza impõe limites ao ato de conhecer. Outra questão remete à dualidade da matéria: afinal, o elétron seria uma onda ou partícula? Os conceitos clássicos podem ser aplicados nessa nova descrição da realidade?

Por muito tempo tais questões em torno da estrutura da matéria não fizeram parte do currículo escolar de Física no Ensino Médio. Por muitos anos o ensino de Física se limitou em apresentar apenas os conteúdos clássicos relacionados, sobretudo, à Mecânica, à Termodinâmica e aos fundamentos do Eletromagnetismo. Contudo se nota atualmente uma forte tendência em prol da abordagem de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica motivados, sobretudo, pelas implicações tecnológicas decorrentes de seu ensino.

Em nossa proposta destinada a alunos da última série do Ensino Médio, buscamos apresentar os fundamentos da Física Quântica na compreensão da estrutura da matéria. Partindo da noção de modelo, investigaremos de que modo a compreensão da estrutura da matéria foi sendo alterada desde os antigos gregos até a Mecânica Quântica no século XX. Ao final discutiremos as implicações da teoria quântica na interpretação da realidade, no que tange a estrutura da matéria.

O ensino de Física pode ser orientado por diferentes abordagens. Optamos por apresentar os conteúdos de Física Quântica por meio de uma abordagem HFC,

pois cremos que, a partir da mesma, será possível apresentar a Física como uma ciência em processo permanente de construção. Pretendemos evidenciar a Física enquanto ciência, que busca elaborar leis e modelos através da superação das inconsistências das representações anteriores, que permita ao estudante perceber que a sua evolução é marcada, muitas vezes, por rupturas e saltos. Através desta abordagem almejamos evidenciar também a natureza dos modelos científicos como representação do real e não o próprio real. Cremos que tal abordagem pode contribuir para a formação de estudantes críticos em relação à natureza da ciência e à atividade científica.

Esta proposta parte do pressuposto de que o recurso à informação histórica deve priorizar, em primeiro lugar, a história das ideias e não apenas a história dos cientistas. Ela também incorpora elementos que possibilitem uma análise filosófica contínua em torno da Física enquanto ciência. Para tal, propomos a discussão dos conteúdos por meio de uma abordagem pautada, sobretudo, nas teses em comum dos principais representantes da epistemologia contemporânea. Neste sentido, nos baseamos em El-Hani, quando este autor argumenta que:

A ênfase sobre as controvérsias epistemológicas pode ocultar o fato de que há também um grau relativamente alto de concordância sobre alguns aspectos de uma visão adequada sobre a natureza da ciência. Isso não significa dizer que exista uma visão sobre a natureza da ciência única ou mesmo um consenso a respeito de uma imagem 'correta' da atividade científica. Não se trata, tampouco, de que queiramos negar a natureza multifacetada, complexa e dinâmica do trabalho científico e das análises filosóficas da empreitada científica. Trata-se somente de assumir que é possível derivar alguns pontos de concordância entre teorias sobre as ciências que discordam em muitos outros pontos, de modo que possamos ter uma noção mais clara sobre o que constituiria uma visão aceitável da prática científica e, assim, sobre quais objetivos devemos assumir ao ensinar professores e estudantes sobre a natureza da ciência (EL-HANI, 2006, p.6).

Ao optarmos em desenvolver o nosso trabalho a partir das teses em comum em relação à natureza da ciência e ao trabalho científico, objetivamos evitar a transmissão de visões tendenciosas aos estudantes. O trabalho de McComas *et al.* (1998) apresenta uma síntese de ideias aceitas sobre a natureza da ciência, síntese esta que pode ser útil ao professor como subsídio na preparação de seu trabalho. Estes autores examinaram 8 documentos curriculares internacionais e na sequência elaboraram uma lista de 14 pontos fundamentais para a construção de uma concepção adequada de ciência por parte dos estudantes. Apresentamos os pontos elencados por estes autores abaixo:

Um consenso sobre a natureza dos objetivos da ciência

Extraídos de oito documentos curriculares internacionais por McComas *et al.* (1998)

- *O conhecimento científico, embora durável, tem um caráter provisório.*
- *O conhecimento científico depende fortemente, mas não inteiramente, da observação, da evidência experimental, de argumentos racionais e do ceticismo.*
- *Não há uma maneira única de fazer ciência (por conseguinte, não existe um método científico universal).*
- *A ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais.*
- *Leis e teorias desempenham papéis distintos na ciência, portanto, os estudantes devem observar que as teorias não se tornam leis, mesmo com evidências adicionais.*
- *Pessoas de todas as culturas contribuem para a ciência.*
- *Novos conhecimentos devem ser comunicados de forma clara e abertamente.*
- *O trabalho dos cientistas envolve a manutenção de um conjunto de registros precisos, sujeitos à revisão entre seus pares (comunidade científica) e que possam ser divulgados.*
- *Observações são dependentes de teorias.*
- *Cientistas são criativos.*
- *A História da Ciência possui um caráter evolutivo e um caráter revolucionário.*
- *A ciência é parte de tradições sociais e culturais*
- *A ciência e a tecnologia impactam uma à outra.*
- *As ideias científicas são afetadas pelos meios social e histórico no qual são constituídas.*

Como eixo condutor para a elaboração da proposta didática, tomamos como referência a divisão da História da Ciência proposta por Gaston Bachelard (1884-1962). Em sua interpretação, Bachelard (1996) propôs três grandes períodos: o *estado pré-científico*, que compreende o período que vai desde a Antiguidade, percorrendo a Renascença, culminando no século XVIII; O *estado científico*, o qual engloba o final do século XVIII, o século XIX e o início do século XX; O *novo espírito científico*, iniciado em 1905 com os trabalhos de Albert Einstein acerca da Relatividade, marcando uma nova forma de conceber o conhecimento científico e pela maturidade do espírito.

A fim de corroborar com a sua divisão, Bachelard enunciou a lei dos três estados para o espírito científico. Seu objetivo foi explicar a passagem da representação por meio da imagem, passando pela forma geométrica, até a representação puramente abstrata. O primeiro estado seria o *concreto* no qual “o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apoia numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade” (BACHELARD, 1996, p. 11). Por sua vez no segundo estado, denominado *concreto-abstrato*, o espírito agrega elementos geométricos à experiência física, apoiando-se na simplicidade. Neste estado, segundo Bachelard (1996, p.11), “o espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se tanto mais seguro de sua abstração, quando mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível”. Por fim no terceiro estado, denominado *abstrato*, o espírito “adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe” (BACHELARD, 1996, p.12). Em outras palavras, o espírito se distancia totalmente da intuição sensível, da experiência sensorial, valorizando o conhecimento puramente abstrato.

Segundo Bachelard, a superação dos obstáculos epistemológicos permitiu com que o espírito saísse do estado pré-científico e atingisse o estado científico. No que se referem à compreensão da estrutura da matéria, as primeiras teorias (cunhadas por volta do século VI a.C.) eram filosóficas, embora fossem marcadas pelo misticismo. Os primeiros filósofos atribuíram à origem do mundo natural substâncias simples, tais como a água e o ar. Coube a Leucipo e Demócrito (século V a.C.) conceber a ideia de uma porção de matéria maciça e indivisível (átomo), como ponto de partida para a constituição do mundo natural.

Após 23 séculos, as bases científicas da teoria atômica foram lançadas pelo químico John Dalton (1766-1844). Os átomos passam a ter sua existência fundamentada cientificamente, porém sua estrutura logo começou a se revelar mais complexa do que se esperava inicialmente. O modelo indivisível cedeu lugar para uma estrutura divisível proposta por Thomson e aperfeiçoada posteriormente por Rutherford. A partir das propostas destes cientistas, percebemos a superação da experiência primeira (da percepção ingênua) e a formulação de explicações que valorizassem as estruturas geométricas presentes, ficando evidente a transição do

estado pré-científico para o estado científico. Entretanto os avanços nessa área não pararam por aí. Novas indagações motivaram a transição para uma nova era. Conforme mencionamos anteriormente, seria inaugurada no início do século XX a nova era denominada o *novo espírito científico*.

No que se refere à compreensão da estrutura da matéria, o novo espírito científico é evidenciado, sobretudo, através da Mecânica Quântica, sobretudo através dos trabalhos de físicos tais como Bohr, De Broglie, Heisenberg e Schrödinger. A explicação oferecida pela Física Clássica conflitava com os resultados experimentais obtidos por Rutherford sendo, portanto, necessário repensar os fundamentos da teoria atômica. Coube a Bohr corrigir as limitações do modelo de Rutherford e abrir o caminho que culminaria com a Mecânica Quântica. A melhor representação do átomo deixou de ter uma estrutura geométrica e passa a ser dada pela solução da equação de Schrödinger através das funções de onda e pela mecânica matricial proposta por Heisenberg. O conhecimento científico sobre a estrutura da matéria se tornou altamente abstrato e desvinculado da percepção sensível.

O novo espírito científico não é caracterizado pelo acúmulo de conhecimentos. A passagem do estado científico ao novo espírito não se deu por meio de uma evolução linear. Pelo contrário, é necessária uma refundição das bases, e isso só se dará mediante uma intuição transcendental. Em relação a isso Bachelard (1974, p. 269) argumenta que “não se vai do primeiro ao segundo acumulando conhecimentos, redobrando de cuidado nas medidas, retificando ligeiramente os princípios. Pelo contrário, é necessário um esforço de novidade total”. E isso só se dará mediante elevada maturidade do espírito científico.

Nossa proposta didática é uma dentre as várias possibilidades de organização de temas relacionados à Física Quântica e, também, uma dentre as várias possibilidades de se encaminhar estes temas por meio do recurso à História e Filosofia da Ciência. Nesta proposta, o formalismo científico não é abandonado. Ao contrário, buscamos propiciar ao estudante a oportunidade de se ter um contato com textos clássicos e históricos no estudo de tópicos de Física Quântica, relacionados à estrutura da matéria.

A proposta

A presente proposta didática foi elaborada para ser utilizada em turmas que estejam cursando a última série do Ensino Médio ou, em caso de cursos técnicos, na última série em que a disciplina escolar Física é ofertada. Consideramos como pré-requisito obrigatório para o seu desenvolvimento que os conteúdos básicos de Física Clássica (Mecânica, Termodinâmica e Eletromagnetismo) tenham sido abordados. Sugerimos que esta proposta didática seja trabalhada no último trimestre (ou bimestre) do ano letivo.

Estruturada em 12 aulas, esta proposta foi concebida em função da carga horária anual da disciplina de Física que é, em média, de 80 horas. A descrição de cada aula é acompanhada por indicações bibliográficas, as quais, em sua maioria, são de textos históricos secundários, bem como de textos de importantes cientistas como Heisenberg, Bohr e Einstein. O uso de recursos audiovisuais é sugerido em algumas aulas. A proposta de divisão das aulas, a lista de recursos e os objetivos de aprendizagem são apresentados a seguir:

Aula		Instrumentos didáticos	Objetivos de aprendizagem (espera-se que o estudante seja capaz de)
1	O modelo como representação do real	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quatro caixas com objetos desconhecidos; ✓ Quadro de giz; ✓ Roteiro do estudante. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender o conceito de modelo científico; ✓ Caracterizar as principais etapas presentes no processo de construção dos modelos científicos; ✓ Compreender a existência de limitações nos modelos científicos.
2	O átomo indivisível: dos gregos a Dalton	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>Do atomismo à teoria de Dalton</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender as principais explicações referentes à estrutura da matéria desde a Antiguidade até Dalton.
3	O átomo divisível: o modelo de Thomson	<ul style="list-style-type: none"> ✓ TV Multimídia; ✓ Trecho (vídeo) do documentário “<i>Proeza de Gigantes</i>” (BBC); ✓ Texto “<i>As hipóteses de Thomson para a estrutura da matéria</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterizar o modelo atômico de Thomson; ✓ Compreender o processo que resultou na formulação deste modelo; ✓ Estabelecer as relações entre o modelo de Thomson e o eletromagnetismo clássico; ✓ Compreender as implicações deste modelo para a compreensão do significado de átomo; ✓ Superar as analogias equivocadas feitas a esse modelo.
4	O átomo divisível: o modelo de Rutherford	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro de giz; ✓ Texto “<i>As hipóteses de Rutherford</i>”; ✓ TV Multimídia. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender o processo de construção do modelo atômico de Rutherford; ✓ Evidenciar as relações desse modelo com a Física Clássica.

Aula		Instrumentos didáticos	Objetivos de aprendizagem (espera-se que o estudante seja capaz de)
5	Continuidade e descontinuidade: o conceito de <i>quantum</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>Continuidade-descontinuidade</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Distinguir grandezas contínuas e descontínuas; ✓ Compreender o conceito de <i>quantum</i>.
6	Fundamentos da teoria quântica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ TV Multimídia; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender a natureza dual da luz a partir do efeito fotoelétrico; ✓ Interpretar fisicamente a equação de Planck.
7	O salto quântico: introdução ao modelo atômico de Bohr	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>Introdução – Sobre a constituição de átomos e moléculas</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comparar os modelos atômicos de Thomson e Rutherford, evidenciando as limitações de cada um; ✓ Evidenciar as dificuldades da Física Clássica em sustentar um modelo científico para a descrição do átomo; ✓ Identificar, através do texto, a proposta feita por Bohr para a solução do problema da estabilidade do átomo.
8	O modelo atômico de Bohr: características gerais	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>A reconquista da estabilidade do átomo</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender as características do modelo atômico de Bohr; ✓ Compreender o papel dos postulados na construção deste modelo; ✓ Evidenciar a ideia de <i>ruptura</i> em relação à Física Clássica na compreensão da estrutura da matéria.
9	O modelo atômico de Bohr e suas limitações	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro de giz; ✓ TV Multimídia. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analisar as propriedades básicas do átomo de hidrogênio a partir do modelo atômico de Bohr; ✓ Compreender, a partir de dados espectroscópicos, que o modelo atômico de Bohr se aplica apenas a átomos monoelétrônicos.
10	Introdução aos fundamentos da Mecânica Quântica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ TV Multimídia; ✓ Documentário “<i>Tudo sobre Incerteza</i>” (<i>Discovery Channel</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar os fundamentos da Mecânica Quântica, a partir da exibição do documentário; ✓ Evidenciar aspectos inerentes ao trabalho científico na construção de teorias.
11	A descrição da estrutura da matéria a partir da Mecânica Quântica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>A história da teoria quântica</i>”; ✓ Quadro de giz; ✓ TV Multimídia; ✓ Imagens de ilusão de ótica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Distinguir as concepções clássica e quântica no que se refere à descrição da estrutura da matéria; ✓ Evidenciar as limitações impostas pela Natureza à Física a partir da Mecânica Quântica.
12	Física e realidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Texto “<i>Física e realidade</i>”; ✓ Quadro de giz. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resgatar as etapas fundamentais na Física referentes à compreensão da estrutura da matéria; ✓ Apontar os impactos gerados a partir da teoria quântica à Física em sua pretensão de explicar o real.

Avaliação

Ao longo das aulas sugerimos alguns encaminhamentos e atividades para avaliar o trabalho realizado. O ensino de conteúdos físicos por meio da abordagem

HFC possibilita que sejam consideradas, no processo avaliativo, as atividades realizadas a partir dos recursos didáticos (textos, imagens e vídeos).

AULA 01 – O MODELO COMO REPRESENTAÇÃO DO REAL

Objetivo: Esta aula tem por objetivo discutir a noção de modelo e sua correspondência com o real, evidenciando que modelos são representações do real e não o real.

Material: Quatro caixas previamente embaladas e lacradas. Cada caixa deverá conter um objeto desconhecido pelos estudantes. Sugerimos ao professor utilizar, na preparação das caixas, materiais de baixo custo e com propriedades físicas distintas. Um exemplo de configuração para as caixas encontra-se abaixo:



Metodologia: Os alunos serão divididos em quatro grupos. Cada grupo receberá uma caixa e a descrição do que está contido nela. A tarefa consiste em desvendar o que está nas outras três caixas desconhecidas. As caixas serão repassadas a todos os grupos de modo que seja possível a todos os membros de cada grupo proceder com a análise. Cada grupo deverá descrever as possíveis propriedades dos objetos (dureza, tipo de material, dimensões, forma, etc.). Será pedido aos alunos que sigam o roteiro a seguir. Depois de observadas todas as caixas, será feito um debate no qual cada grupo apresentará suas conclusões a respeito dos objetos. Neste debate será possível identificar opiniões em comum, bem como os critérios que levaram à formulação das representações. Após a formulação de um modelo comum para cada caixa, as caixas serão abertas de modo que seja possível comparar os modelos produzidos com os objetos representados. É importante que o professor coordene a discussão em torno do significado de modelo científico, enfatizando que modelos são representações do real e não o real. Como encaminhamento para a

próxima aula, os alunos deverão registrar suas impressões respondendo às questões propostas ao final e entregar no início da próxima aula.

O modelo como representação do real

Roteiro do estudante

1. Complete a tabela a seguir:

<i>Propriedades dos objetos contidos nas caixas</i>			
	Objeto(s)	Propriedades	Características
Caixa ____	1		
	2		
	3		
Caixa ____	1		
	2		
	3		
Caixa ____	1		
	2		
	3		

2. Faça um modelo representativo na forma de desenho que melhor represente os objetos que você identificou na caixa.

--	--	--

3. Depois de ter elaborado um modelo para os objetos da caixa, faça o rodízio com os outros grupos e proceda à uma nova análise. Repita este processo até que todas as caixas desconhecidas sejam analisadas.

Questões para análise e discussão:

1. Os modelos elaborados correspondem às características reais dos objetos? Por quê?
2. O que seria um modelo científico? Como ele é construído?
3. Como descrever a menor unidade de matéria? Quais critérios deveriam ser obedecidos?

AULA 02 – O ÁTOMO INDIVISÍVEL: DOS GREGOS A DALTON

Objetivo: Esta aula tem por objetivo apresentar a evolução da compreensão da estrutura da matéria desde as suas origens, na Grécia Clássica, até o atomismo científico de Dalton, no início do século XIX.

Material: MARQUES, Gil da Costa. **Do que tudo é feito?** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010. (p.113-117). O texto encontra-se disponível no (ANEXO 1).

Metodologia: Num primeiro momento o professor deve encaminhar a leitura do texto abaixo. Após a leitura o professor fará a exposição das ideias centrais mencionadas no texto. Ao final, como atividade avaliativa, o professor pode solicitar aos estudantes a resolução das questões propostas (a ser feito em casa).

Questões para análise e discussão do texto proposto:

1. Os gregos foram os primeiros a buscar de fato a substância básica, constituinte de toda a realidade. Qual era o problema em sustentar tal teoria?
2. Em que sentido pode-se dizer que a teoria dos quatro elementos de Empédocles representa uma superação do modelo monista dos filósofos de Mileto?
3. O que significa *átomo* para Demócrito? Como este pensador concebe a realidade?
4. Sintetize a visão newtoniana do atomismo.
5. Explícite os principais pontos da teoria atômica da matéria de Dalton. Por que esta teoria é mais consistente que a teoria newtoniana e a dos antigos gregos?
6. Qual é a importância de se estabelecer um elemento primordial para a explicação da realidade?
7. A teoria atômica de Dalton foi superada algumas décadas após a sua formulação. O átomo indivisível se mostraria divisível em porções menores. Em sua opinião haverá um momento em que, de fato, encontraremos a origem de todas as coisas, isto é, os *tijolinhos fundamentais*?

AULA 03 – O ÁTOMO DIVISÍVEL: O MODELO DE THOMSON

Objetivo: Esta aula tem por objetivo apresentar o modelo atômico de Thomson, evidenciando as suas relações com a Física Clássica.

Materiais:

- Trecho⁷⁰ do documentário em vídeo *Proeza de Gigantes* (BBC), o qual se refere à descoberta do elétron.
- CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p.351-352. O texto encontra-se disponível no (ANEXO 2).

Metodologia: Num primeiro momento o professor fará uma breve explanação geral resgatando os principais conceitos abordados nas aulas anteriores. Em seguida fará uma explanação em torno do modelo de Thomson (se for oportuno apresentar o vídeo de 3 minutos indicado). Na sequência, o professor solicitará aos alunos que leiam o texto *As hipóteses de Thomson para a estrutura da matéria* e respondam as questões propostas. Por fim, o professor encaminhará a discussão sobre as questões.

Questões para análise e discussão do texto:

1. Desenhe o modelo atômico proposto por Thomson.
2. Por que os autores criticam a analogia do *pudim de ameixas* quando associado ao modelo de Thomson?
3. O modelo atômico de Thomson é o primeiro em que o átomo aparece como *divisível*. Através desse modelo ficou evidenciada a natureza elétrica da matéria, perfeitamente ajustada às leis da Física Clássica. Por que o modelo de Thomson foi substituído?

AULA 04– O ÁTOMO DIVISÍVEL: O MODELO DE RUTHERFORD

Objetivo: Esta aula tem por objetivo apresentar o modelo atômico de Rutherford, evidenciando as suas relações com a Física Clássica.

⁷⁰ Disponível em <<http://www.youtube.com/watch?v=i9xMrNDHWts>>. Acesso em: 16/11/2012.

Material: CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p.368-369. O texto encontra-se disponível no (ANEXO 3).

Metodologia: Num primeiro momento o professor fará o resgate das contribuições de Dalton e Thomson para a compreensão da estrutura da matéria, frisando as limitações, principalmente, do modelo proposto por Thomson. A partir de então o professor explanará sobre o surgimento do modelo atômico de Rutherford, evidenciando as características físicas presentes neste modelo, bem como as suas principais limitações. É importante que o professor evidencie o processo⁷¹ de construção deste modelo em sua abordagem. Por fim, o professor pode sugerir como atividade avaliativa (a ser feita em casa) a resolução das questões propostas acerca do texto *As hipóteses de Rutherford*. Tal texto resgata os principais conceitos abordados nesta aula.

Questões para análise e discussão do texto:

1. Faça uma representação do átomo de Rutherford, citando suas principais características.
2. Suponha que ampliássemos um átomo descrito por Rutherford, de modo que as dimensões de seu núcleo se equivalessem às dimensões de uma laranja. Estime o raio desse átomo. Interprete o seu resultado a partir da tirinha presente no texto.
3. Conforme vimos anteriormente, de acordo com a teoria eletromagnética de Maxwell, cargas elétricas aceleradas emitem radiação. O modelo proposto por Rutherford seria estável? Por quê?

AULA 05 – CONTINUIDADE E DESCONTINUIDADE:
O CONCEITO DE QUANTUM

Objetivo: Esta aula tem por objetivo abordar de forma geral o conceito central da teoria quântica: o *quantum*. A ideia é que os alunos passem a se familiarizar com a

⁷¹ Sugerimos ao professor, ao preparar sua aula, a leitura do artigo original de Rutherford, intitulado “A dispersão de Partículas α e β pela matéria e a estrutura do átomo”, publicado em 1911. Por ser uma leitura técnica não recomendamos que seja trabalhada com os alunos. Esse artigo de Rutherford encontra-se disponível em português, em publicação da Fundação Calouste Gulbenkian (ver ao final a referência completa).

distinção entre grandezas contínuas e descontínuas e que evidenciem o *quantum* como uma quantidade descontínua de energia.

Material: EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da Física.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008, p.207-208. O texto encontra-se disponível no (ANEXO 4).

Metodologia: Os alunos serão divididos em duplas e farão a leitura do texto *Continuidade – descontinuidade*, de Einstein e Infeld. A partir da leitura, os alunos responderão às questões propostas. Ao final, o professor coordenará um debate, na qual serão discutidas as questões respondidas.

Questões para análise e discussão do texto:

1. Caracterize a partir do texto o significado de: (a) grandeza contínua; (b) grandeza descontínua; (c) *quantum* elementar.
2. Qual o *quantum* elementar da moeda brasileira? Que tipo de grandeza (contínua ou descontínua) teremos ao comparar o *quantum* da moeda brasileira com o *quantum* elementar da moeda argentina?
3. Qual grandeza física abordada ao longo deste ano letivo poderia ser considerada como um exemplo de grandeza descontínua? Justifique.
4. O que o texto sugere ser a teoria quântica?

AULA 06 – FUNDAMENTOS DA TEORIA QUÂNTICA

Objetivos: Esta aula tem por objetivo abordar de forma geral os principais conceitos da teoria quântica, partindo do trabalho de Einstein acerca do efeito fotoelétrico.

Metodologia: Para esta aula sugerimos ao professor que faça uma aula expositiva partindo da definição de *quantum*. Nesta aula o professor deve evidenciar a natureza *dual* da luz ao introduzir a equação de Planck, enquanto explicação do efeito fotoelétrico. Como auxílio para a preparação desta aula sugerimos a leitura de: EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da Física.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008, p.208-219.

É importante frisar que por se tratar de apenas uma aula não aconselhamos a resolução de exercícios envolvendo a equação de Planck, ou o efeito fotoelétrico.

Insistimos na importância de se evidenciar a natureza dual da luz, a qual extrapola o Eletromagnetismo Clássico.

O professor deve deixar claro aos alunos que a discussão em torno do conceito de *quantum* de luz é fundamental para o avanço na compreensão da estrutura da matéria, dado o fato de que o Eletromagnetismo Clássico impõe limitações à compreensão do átomo (modelo de Rutherford).

AULA 07 – O SALTO QUÂNTICO: **INTRODUÇÃO AO MODELO ATÔMICO DE BOHR**

Objetivo: Esta aula tem por objetivos evidenciar as limitações do modelo atômico de Rutherford e apresentar a solução proposta por Niels Bohr.

Material: BOHR, Niels. Sobre a constituição de átomos e moléculas. **Textos fundamentais de Física Moderna – volume II.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1969, p. 95-97. O texto encontra-se disponível no (ANEXO 5).

Metodologia: A turma será dividida em duplas. Cada grupo discutirá e responderá as questões abaixo utilizando como referência o texto de Niels Bohr. Ao final, o professor coordenará o debate acerca das questões respondidas, sistematizando as ideias centrais do texto.

Questões para análise e discussão do texto:

1. No texto, Bohr analisa os modelos atômicos de Thomson e de Rutherford. Qual dos modelos se aproxima mais do real? Justifique.
2. O que levou Rutherford a propor o seu modelo atômico?
3. Segundo Bohr, qual era a principal limitação do modelo atômico proposto por Rutherford?
4. Qual é a proposta de Niels Bohr para corrigir o modelo atômico de Rutherford?

AULA 08 – O MODELO ATÔMICO DE BOHR: CARACTERÍSTICAS GERAIS

Objetivo: Esta aula tem por objetivo apresentar os princípios físicos que regem o modelo atômico proposto por Bohr.

Material: RIBEIRO FILHO, Aurino. Os quanta e a Física Moderna. In: ROCHA, José Fernando (org). **Origens e evolução das idéias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002, p.320-323. O texto encontra-se disponível no (ANEXO 6).

Metodologia: Aula expositiva com base no texto *A reconquista da estabilidade do átomo*. O professor apresentará os princípios que regem a estrutura do modelo atômico proposto por Bohr em 1913, como solução às limitações do modelo de Rutherford. É importante que o professor enfatize a presença de postulados no modelo de Bohr e que este modelo é semiclássico. Como sugestão de atividade avaliativa, o professor pode encaminhar para casa a leitura e a resolução das questões propostas.

Questões para análise e discussão do texto:

1. Faça um diagrama representando o átomo de Bohr.
2. Quais são as características do átomo de Bohr?
3. Como Bohr corrige o problema da *espiral da morte* do elétron no átomo de Rutherford?
4. A solução proposta por Bohr envolve o uso de postulados. Explique o que você entende por postulado.
5. À medida que ocorreu a evolução dos modelos atômicos (Thomson, Rutherford, Bohr) a compreensão da estrutura da matéria aumentou. Entretanto os problemas e novos desafios a serem resolvidos também. Haverá um momento em que encontraremos um modelo definitivo? Por quê?

AULA 09 – O MODELO ATÔMICO DE BOHR E SUAS LIMITAÇÕES

Objetivos: Esta aula tem por objetivos analisar a estrutura e as dimensões do átomo de hidrogênio a partir do modelo proposto por Bohr e mostrar que este modelo não se aplica a átomos multieletrônicos.

Metodologia: Aula expositiva na qual é sugerido ao professor que resgate as discussões anteriores em torno do modelo de Bohr como solução para as limitações do modelo clássico de Rutherford. O professor deve enfatizar que os resultados do modelo de Bohr vão ao encontro da espectroscopia. Na sequência, o professor calculará o raio da órbita fundamental do elétron e a energia associada a ele no átomo de hidrogênio, por meio dos resultados do modelo de Bohr. Por fim, o professor explanará sobre as limitações impostas ao modelo de Bohr, quando este falha na descrição de átomos multieletrônicos, mostrando assim que este modelo abriu caminho para a Mecânica Quântica.

AULA 10 – INTRODUÇÃO AOS FUNDAMENTOS DA MECÂNICA QUÂNTICA

Objetivo: Esta aula tem por objetivo apresentar os fundamentos da Mecânica Quântica através do contexto histórico de seu surgimento.

Material: Documentário *Tudo sobre Incerteza* (*Discovery Channel*, 50 minutos de duração). Maiores informações em <<http://www.discoverynaescola.com>>.

Metodologia: O professor deve fazer uma rápida motivação sobre o tema e solicitar que os alunos assistam atentamente ao vídeo, pedindo inclusive que anotem os pontos que lhe chamarem atenção. Na sequência os alunos assistirão ao documentário. Por fim o professor pedirá que os alunos tragam para a próxima aula suas anotações.

AULA 11 – A DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA DA MATÉRIA A PARTIR DA MECÂNICA QUÂNTICA

Objetivo: Esta aula tem por objetivo apresentar formalmente o princípio da incerteza de Heisenberg e discutir as diferenças entre as concepções clássica e quântica na descrição da Natureza.

Material:

- HEISENBERG, Werner. **Física e Filosofia**. Brasília: Editora da UnB, 1987, p. 37. O texto encontra-se disponível no (ANEXO 7).
- Imagens de ilusão de ótica disponíveis no (ANEXO 8).

Metodologia: O professor organizará o debate em torno dos principais pontos do documentário visto na aula anterior. Durante a aula deverá ser formalizado o princípio da incerteza de Heisenberg e as suas implicações na descrição da estrutura da matéria. Em relação ao comportamento dual da matéria e a descrição da realidade, é possível abordar o tema por meio de analogias com as imagens propostas. Como atividade avaliativa (a ser feita em casa), o professor pode sugerir aos alunos a leitura do texto indicado e que estes respondam à questão proposta.

Questão para análise e discussão do texto:

Que restrições o princípio da incerteza nos impõe na compreensão da estrutura da matéria?

AULA 12 – FÍSICA E REALIDADE

Objetivo: O objetivo desta aula é tecer as considerações finais em relação aos conteúdos abordados, a partir do texto *Física e Realidade* de Einstein e Infeld.

Material: EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008, p.241-244. O texto encontra-se disponível no (ANEXO 9).

Metodologia: A turma será dividida em duplas. Cada grupo discutirá e responderá as questões abaixo utilizando como referência o texto *Física e realidade*, extraído da

referência acima. Ao final, o professor faz uma breve explanação sobre as questões abordadas no texto e as considerações finais sobre os temas abordados.

Questões para análise e discussão do texto:

1. Qual é a relação entre a Física e realidade descrita no texto?
2. Que impactos trouxe a teoria quântica para a ciência?
3. Comente o seguinte trecho: “A teoria quântica criou também particularidades novas e essenciais de nossa realidade. A descontinuidade substituiu a continuidade. Em vez de leis governando indivíduos, apareceram leis de probabilidade”.

APÊNDICE 2 – TERMO DE CONSENTIMENTO

Prezado (a) Estudante,

Gostaria de comunicar que será desenvolvido um projeto de pesquisa no decorrer do terceiro trimestre de 2011 para a realização do trabalho de dissertação de Tiago Ungericht Rocha, aluno do curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação da Professora Doutora Joanez Aparecida Aires.

O projeto a ser desenvolvido tem como objetivo principal avaliar uma proposta didática sobre Física Quântica centrada na inserção da História e Filosofia da Ciência. Tal proposta é destinada para estudantes da Educação Básica.

O pesquisador pretende utilizar os dados obtidos para futuras publicações, sejam eles na forma eletrônica ou impressa, assim como em trabalhos para congressos, simpósios e encontros da área.

Conto com a sua colaboração e participação para a conclusão deste projeto e gostaria de esclarecer que nenhum participante terá seu nome identificado no material a ser elaborado para a conclusão da pesquisa.

Por favor, caso esteja de acordo, assinale e assine abaixo, colocando nome e RG.

Obrigado,

Atenciosamente

Professor Tiago Ungericht Rocha
tiagour@gmail.com

() de acordo

Nome: _____

RG: _____

Data: ___/___/____.

APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO INICIAL/FINAL ESCRITO

QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Nome: _____ Nº _____ Turma: _____
Idade: _____ Sexo: _____ Data: ____/____/____

Experiência profissional
Tempo de magistério em escola particular: _____
Tempo de magistério em escola pública: _____
Tempo total de magistério: _____
Disciplinas ministradas ou série: _____

1. Como você imagina que as leis ou teorias científicas são formuladas?

2. Você considera que as teorias científicas podem ser questionadas ou mesmo substituídas por outras? (sim/não)? Por quê?

3. Quais os motivos que levam um cientista a pesquisar determinados assuntos?

4. No estudo de ciências, o que você entende por modelo?

5. Um modelo descreve plenamente a realidade? (sim/não) Justifique.

6. Ao longo da sua formação você percebeu que os livros didáticos apresentam em geral mais de um modelo atômico. A que você atribui a existência desses diferentes modelos?

7. Quais modelos atômicos você conhece? Represente-os em forma de desenho, indicando os nomes dos responsáveis pela sua formulação.

8. A partir da sua formação escolar (das aulas de Química e Física) o que você entende por átomo?

9. O que você entende por partículas fundamentais da matéria?

Leia o texto antes de responder a questão 10:

A questão da constituição de todas as coisas, desde as pequenas até as maiores como os astros na abóbada celeste, remete-nos à ideia da elementaridade, das substâncias básicas e daquilo que denominamos *interações fundamentais*. A busca pelo entendimento da estrutura da matéria tem uma longa história. Teve início com os gregos na Antiguidade. Prossegue nos dias de hoje e, presumivelmente, nunca terá fim. Hoje denominamos as substâncias básicas de *partículas elementares*.

10. Para o autor, a busca pelo entendimento da estrutura da matéria nunca terá fim. Você concorda com esta afirmação? **(sim/não)** Justifique.

11. Você saberia explicar por que a Física Quântica surgiu?

12. Os conteúdos de Física vistos ao longo destes dois anos constituem parte integrante da Física Clássica. Você acredita que esta física é capaz de explicar todos os fenômenos do mundo natural? **(sim/não)** Por quê?

13. Com o surgimento da Física Quântica, a descrição da natureza se mostrou mais complexa do que aquela representada pela Física Clássica. Tal fato se deve a que?

14. Durante sua formação, você teve algum contato com a História e Filosofia da Ciência?

() **SIM**

Em que disciplina: _____

Escreva a respeito: _____

() **NÃO**

APÊNDICE 5 – REGISTRO DE FREQUÊNCIA

Nº	Qi	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	Qf	Quantidade de faltas	Código da estudante
	3/11	9/11	10/11	16/11	17/11	18/11	21/11	23/11	24/11	25/11	28/11	30/11	01/12	02/12		
01	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	01	E01
02	C	C	C	F	C	C	F	F	F	C	C	C	C	C	04	----
03	C	C	C	F	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	02	E02
04	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	14	----
05	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	F	C	C	C	02	E03
06	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Zero	E04
07	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Zero	E05
08	C	C	C	F	C	C	C	F	F	C	C	C	C	C	03	----
09	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	F	C	C	02	E06
10	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	01	E07
11	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	01	E08
12	F	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	F	C	C	03	----
13	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	01	E09
14	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	01	E10
15	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	01	E11
16	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	01	E12
17	C	C	C	F	F	F	F	C	F	C	F	F	C	C	07	----
18	F	F	F	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	04	----
19	C	C	C	C	C	F	C	F	C	C	C	C	C	C	02	E13
20	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	01	E14
21	C	C	C	C	C	C	F	F	C	F	F	F	F	F	07	----
22	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	14	----
23	F	C	C	F	F	C	C	C	F	C	F	F	C	C	06	----
24	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Zero	E15
25	C	C	C	C	F	C	C	F	C	C	F	C	C	C	03	----
26	C	F	C	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	02	E16
27	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	01	E17
28	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	02	E18
29	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Zero	E19
30	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	F	C	02	E20
31	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	F	C	C	C	02	E21
32	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	01	E22
33	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	01	E23
34	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	Zero	E24
35	C	C	C	C	F	C	C	F	C	C	C	C	C	C	02	E25
36	C	C	C	C	F	C	C	C	C	C	C	C	C	C	01	E26
37	C	C	C	C	F	C	F	C	F	C	C	C	F	C	04	----
38	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	C	01	E27
39	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	01	E28
40	C	C	C	C	F	C	F	C	C	C	F	F	F	C	05	----
41	C	C	C	C	F	C	C	F	C	F	C	C	C	C	03	----
42	C	C	C	C	F	C	F	C	C	C	C	C	C	C	02	E29
43	C	C	C	C	F	C	F	F	C	C	F	C	C	C	04	----
44	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	F	C	C	01	E30

ANEXOS

ANEXO 1 – TEXTO: DO ATOMISMO À TEORIA DE DALTON.....	233
ANEXO 2 – TEXTO: AS HIPÓTESES DE THOMSON PARA A ESTRUTURA DA MATÉRIA	236
ANEXO 3 – TEXTO: AS HIPÓTESES DE RUTHERFORD.....	237
ANEXO 4 – TEXTO: CONTINUIDADE-DESCONTINUIDADE	239
ANEXO 5 – TEXTO INTRODUTÓRIO: SOBRE A CONSTITUIÇÃO DE ÁTOMOS E MOLÉCULAS	240
ANEXO 6 – TEXTO: A RECONQUISTA DA ESTABILIDADE DO ÁTOMO	242
ANEXO 7 – TEXTO: A HISTÓRIA DA TEORIA QUÂNTICA.....	244
ANEXO 8 – IMAGENS: ILUSÃO DE ÓTICA	245
ANEXO 9 – TEXTO: FÍSICA E REALIDADE.....	246
ANEXO 10 – DADOS DOS QUESTIONÁRIOS.....	248
ANEXO 11 – DIÁRIOS DE BORDO DAS ESTUDANTES.....	285

ANEXO 1 – TEXTO: DO ATOMISMO À TEORIA DE DALTON

Texto extraído de MARQUES, Gil da Costa. **Do que tudo é feito?** São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010. (p.113-117).

Introdução

Existe uma preocupação do ser humano que parece ser permanente. Trata-se da preocupação com o que os gregos denominavam "Physis", isto é, a natureza das coisas, sua origem e suas manifestações. Dessa palavra derivou o termo **Física**. Entender a "Physis" leva naturalmente a duas questões fundamentais: qual é a origem de todas as coisas, em termos de constituintes, e, entendida sua constituição, quais são as transformações (ou fenômenos) que delas decorrem.

Compreender inteiramente a "Physis" nos impele, em última análise, a descobrir os tijolinhos fundamentais a partir dos quais todo o Universo é constituído, e entender (ou prever) as transformações (os fenômenos) associadas à presença desses constituintes sob as mais diversas condições físicas. Isso corresponde, em última análise, a entender o nosso mundo e o Universo como um todo.

A questão da constituição de todas as coisas, desde as pequenas até as maiores como os astros na abóbada celeste, remete-nos à ideia da elementaridade, das substâncias básicas e daquilo que denominamos *interações fundamentais*. A busca pelo entendimento da estrutura da matéria tem uma longa história. Teve início com os gregos na Antiguidade. Prossegue nos dias de hoje e, presumivelmente, nunca terá fim. Hoje denominamos as substâncias básicas de *partículas elementares*.

As Substâncias Básicas - Primeiras Ideias

Os primeiros filósofos (todos gregos) tinham em comum a preocupação com a seguinte questão: seriam todas as coisas constituídas de uma substância básica? Havia entre eles um consenso sobre a resposta: sim. Mas divergiam sobre o que seria a substância a partir da qual tudo seria constituído.

Tales de Mileto, o primeiro grande pensador, imaginava que tudo seria feito utilizando-se apenas um elemento: a água. É difícil imaginar a sua linha de raciocínio para chegar a tal conclusão. Tales era um sábio, a quem se atribuem feitos notáveis, como determinar, no Egito, a altura de uma pirâmide a partir da sombra projetada no solo. Foi suficientemente esperto para efetuar essa medida no exato momento em que sua própria sombra tinha a mesma medida da sua altura. Chegou ele a fazer uma espantosa previsão (bem-sucedida) de um eclipse solar no ano de 585 a.C.

Outro filósofo de Mileto, Anaximandro, também defendia a ideia de que todas as coisas são construídas a partir de uma substância primordial. Não concordava com Tales sobre a identificação dessa substância com a água e isso porque, na sua visão, essa substância fundamental deveria ser eterna. Não conseguiu, portanto, identificá-la com nada conhecido naquela época. Anaximandro achava que o nosso mundo seria apenas um entre tantos mundos como este no qual vivemos. Todos eles teriam surgido dessa substância e se dissolveriam no infinito (não deixando claro, no entanto, o que isso significa).

Para Anaxímenes, outro pensador da Escola de Mileto, o elemento a ser identificado com a substância básica seria o ar. O fogo, a água e a terra seriam formados a partir do ar. A terra seria uma forma extremamente densa do ar, e o

fogo, ao contrário, seria outra forma da mesma substância; seria, porém, uma forma de ar extremamente diluído.

O fato é que os três filósofos de Mileto acreditavam em uma, e apenas uma, substância básica. Por isso eram chamados monistas. Uma única substância básica, de acordo com outros filósofos, não poderia dar lugar à variedade de transformações que observamos no nosso cotidiano. A ideia de coisas imutáveis e eternas (o ser dos gregos) parecia a alguns totalmente incoerente com transformações, mudanças e movimentos (o não ser).

O Atomismo dos Gregos

Conquanto os primeiros filósofos da natureza tivessem optado por apenas uma única substância, outros filósofos achavam que seria pouco um tipo de "germe" apenas para constituir um mundo tão complexo.

Empédocles (494 - 434 a.C.) sugeriu que o número de elementos básicos fosse ampliado para quatro. Essas quatro "raízes" (por ele assim designados) seriam os elementos com os quais os seres humanos, naquela época, estariam mais familiarizados: o ar, a água, a terra e o fogo. A combinação dessas quatro raízes em proporções adequadas geraria tudo à nossa volta: desde uma uva, passando pelo tecido das suas vestes, até o pão que eles comem e os animais do campo.

Anaxágoras, filósofo de Atenas (500 - 428 a.C.), não concordava que o fogo, o ar, a água e a terra pudessem dar origem a tantas coisas diferentes entre si. Ele acreditava que tudo na natureza seria composto por uma infinidade de partículas, cuja existência não podemos perceber visualmente. Poderíamos subdividir a matéria em várias partes, mas, em cada subdivisão, encontraríamos um pouco de cada uma dessas partículas, e isso independentemente da divisão. A essas partículas, Anaxágoras deu o nome de "germens" ou "sementes".

Anaxágoras foi um pensador, como os demais, brilhante. Ele acreditava que os astros eram feitos da mesma substância básica que participava da constituição do nosso mundo. Defendia, assim, o princípio da universalidade da constituição de tudo. Chegou a essa conclusão a partir da observação examinando um meteorito. Anaxágoras explicou o fenômeno dos eclipses, entendeu que a Lua não possuía luz própria e, finalmente, sugeriu que o Sol seria uma grande quantidade de matéria incandescente.

Atribui-se aos filósofos gregos Leucipo e seu discípulo Demócrito a concepção da teoria atômica da matéria, o atomismo. Tratava-se de uma proposta que sintetizava o pensamento de outros ilustres filósofos gregos no tocante ao pluralismo.

Para Demócrito, só existiriam duas coisas: os átomos e o vácuo (o vazio). Os átomos seriam indivisíveis (pois é esse o significado dessa palavra em grego). Além de indivisíveis, seriam rígidos e impenetráveis. Eles deveriam ser, também, eternos. Não poderiam ser iguais, pois observamos objetos e coisas que exibem grandes diferenças entre si. Demócrito acreditava na existência de uma infinidade de átomos, todos eles indivisíveis (de outra forma não seriam dignos do nome), eternos (pois tudo adviria dos átomos) e imutáveis.

Para conciliar a ideia de permanência e imutabilidade com as mudanças e transformações surgiu o atomismo greco-romano. Os átomos seriam indivisíveis e eternos. Para Demócrito, seriam infinitos. Deles se originariam todas as transformações observadas.

A teoria atômica formulada por Demócrito e Leucipo foi retomada cerca de seis séculos depois por Lucrécio, o qual assim se expressa em sua obra *De Natura Rerum*. Lucrécio tinha ainda outra proposta radical: os átomos participavam não só

da composição da matéria como também do espírito. Assim, a alma seria composta de átomos, os "átomos da alma". Alguns poderiam considerar isso uma vantagem. Afinal, se temos à nossa disposição um número infinito de átomos, por que alguns não poderiam ser dedicados à construção da alma?

A Teoria Atômica da Matéria

A questão da existência de substâncias básicas - que os gregos denominavam átomos - foi retomada apenas no Renascimento. Newton, por exemplo, voltou a defender ideias análogas às daquelas dos atomistas gregos:

Consideradas todas essas coisas, parece-me provável que no princípio Deus formou a matéria em partículas sólidas, maciças, duras, impenetráveis, móveis, de tais tamanhos e formas, e com tais outras propriedades, e em tal proporção em relação ao espaço, como as que conduziriam mais ao fim para o qual Ele as formou; e que essas partículas primitivas, sendo sólidas, são incomparavelmente mais duras do que quaisquer corpos porosos que delas se componham e mesmo tão duras a ponto de nunca se consumir ou partir-se em pedaços, pois nenhum poder ordinário é capaz de dividir o que o próprio Deus fez uno na primeira criação. Enquanto as partículas continuam inteiras, elas podem compor corpos de uma mesma natureza e textura em qualquer época; mas se elas se consumissem, ou se fizessem em pedaços, a natureza das coisas que delas dependem seria modificada.

Na realidade, Newton ia mais longe ainda. Defendia a ideia de que a luz também seria composta por partículas (corpúsculos de luz). Na linguagem de hoje diríamos que Newton defendia a ideia de que tanto a radiação eletromagnética como a matéria seriam compostas por partículas elementares. Essa percepção está afinada, apesar de não inteiramente, com a teoria moderna sobre a natureza da radiação e da matéria.

Tanto para Newton como para os filósofos gregos faltava uma base empírica para a existência dos átomos. Somente no século XIX, John Dalton encontrou evidências seguras para estabelecer a Teoria Atômica da Matéria. A partir de um conjunto de leis empíricas, John Dalton propôs a Teoria Atômica da Matéria:

- Toda matéria é formada por átomos. Estes são entendidos como as menores partículas que constituem a matéria;
- Os átomos são indivisíveis e não podem ser destruídos. mesmo durante as transformações químicas. Também não podem ser criados durante uma transformação;
- Os átomos que constituem os diversos elementos químicos são diferentes entre si no que diz respeito à massa e se diferenciam quando participam das transformações químicas;
- Os átomos de um mesmo elemento químico são idênticos em massa e se comportam de forma igual ao participarem das transformações químicas;
- Nas transformações químicas, que produzem compostos, os átomos de diferentes elementos combinam-se em números inteiros, isto é, num dado composto há sempre o mesmo número relativo de tipos de átomos.

Dalton completou sua teoria com a publicação, em 1810, da sua obra *New System of Chemical Philosophy* (Novo Sistema Filosófico da Química).

Os átomos tomaram-se um conceito físico relevante com o desenvolvimento da Química posterior a Dalton e, em particular, o desenvolvimento da Química no século XIX. A Teoria Atômica constituía-se numa base cada vez mais sólida para explicar leis empíricas, como as leis da eletrólise de Faraday (1833) e a lei de Avogadro (1811).

ANEXO 2 – TEXTO: AS HIPÓTESES DE THOMSON PARA A ESTRUTURA DA MATÉRIA

Texto extraído de CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p.351-352.

Dois anos após a medição da razão carga/massa do elétron, Thomson, em 1899, começou a elaborar um modelo para o átomo, imaginando-o como composto de um grande número de elétrons⁷² e "alguma" carga positiva que balanceasse a carga negativa total. Essa ideia vaga sobre a carga positiva do átomo foi substituída, em 1904, pelo modelo no qual o átomo seria uma distribuição esférica homogênea de carga positiva, no interior da qual os elétrons estariam distribuídos uniformemente, em anéis concêntricos. A dinâmica e a estabilidade do movimento desses anéis é do que trata seu artigo de 1904.

Partindo de tal modelo, Thomson discute o problema do movimento de n -elétrons em anéis imersos em uma esfera carregada uniformemente. Supõe ainda que o espaçamento angular dos elétrons, na situação de equilíbrio, seja igual e, assim, investiga a estabilidade e os períodos de oscilação dos n -corpúsculos na situação descrita anteriormente e aplica tais resultados para descrever a estrutura atômica. Na realidade, ele supôs que, no caso de um átomo de muitos elétrons, estes estariam distribuídos em anéis concêntricos para que fossem satisfeitas as condições de estabilidade que assegurassem o equilíbrio, postulando ainda que o número desses anéis fosse mínimo. Isto nada tem a ver com um *pudim de ameixas*, imagem que muitos autores fazem do modelo de Thomson, uma vez que esta analogia sugere uma distribuição aleatória das ameixas.

Com esse modelo, pôde-se mostrar que os elétrons executam movimentos periódicos acelerados, que permitiu a Thomson explicar, qualitativamente, o fenômeno da emissão de radiação eletromagnética por um corpo, fenômeno bem conhecido na época.

Thomson admitia que a distribuição positiva de cargas não possuía massa. Nesse caso, a massa atômica deveria ser dada pela massa do número total de elétrons constituintes do átomo. Sendo assim, cada átomo de hidrogênio, por exemplo, possuiria milhares de elétrons, pois, como já foi visto, a massa do elétron é cerca de 1840 vezes menor que a do íon de hidrogênio.

Essa hipótese de Thomson logo vai se mostrar incorreta, principalmente quando confrontada com um problema dinâmico novo: os experimentos de dispersão de partículas α , provocada pela incidência de um feixe dessas partículas sobre uma lâmina metálica delgada. A partir dela, ficou comprovada a possibilidade de espalhamento para ângulos entre as direções de incidência e de espalhamento maiores que 90 graus, o que não era explicado pelo modelo de Thomson.

⁷² Thomson não emprega o termo elétron, referindo-se, genericamente, a corpúsculos.

ANEXO 3 – TEXTO: AS HIPÓTESES DE RUTHERFORD

Texto extraído de CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor. **Física moderna: origens clássicas e fundamentos quânticos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006, p.368-369.

... [O espalhamento de partículas α para trás] *foi tão incrível como se você disparasse uma bala de canhão de 15 polegadas sobre uma folha de papel e ela voltasse e atingisse você.*

Ernest Rutherford

Rutherford, ao contrário do físico Nagaoka (1865-1950), estava preocupado em explicar os resultados de [seus colaboradores] Geiger e Marsden, propondo, para isso, um modelo para o átomo que consistia em um núcleo central com carga $\pm Ze$, envolto por uma distribuição uniforme de carga $\mp Ze$, em uma esfera de raio a . O núcleo atômico introduzido nesse modelo teria um raio da ordem de 10^4 vezes menor que o raio atômico, conforme será visto a seguir, e seria o responsável pelos espalhamentos a grandes ângulos, desde que a partícula incidente passasse perto o suficiente dele para experimentar uma força apreciável.



Tirinha abordando a questão da escala do átomo

A escolha do sinal positivo ou negativo para a carga nuclear em nada influencia o resultado obtido por Rutherford, que, por convenção, escolheu a carga $+Ze$. Entretanto, pode-se achar um argumento a favor dessa escolha, que aparece implícito no seu trabalho. O argumento é que partículas carregadas positivamente, emitidas por um núcleo pesado, adquirem grandes velocidades, o que é mais facilmente compreendido a partir da premissa de que essas partículas faziam parte do núcleo e puderam adquirir grande velocidade por causa da repulsão do campo elétrico do núcleo, em vez de se supor que ela já se movimentava rapidamente no átomo.

Com esse modelo, Rutherford conseguiu explicar o espalhamento a grandes ângulos de partículas α por átomos. Por outro lado, ele não discute o problema da estabilidade do átomo porque, dando-lhe a palavra,

(...) a questão da estabilidade do átomo proposto não precisa ser considerada nesse estágio, pois isso vai depender obviamente da estrutura minuta do átomo e do movimento das partes carregadas que o constituem.

Na realidade, ao final desse artigo, Rutherford considera a hipótese de que a carga negativa pudesse se apresentar como partículas ao redor do núcleo, como no modelo de Nagaoka em vez de uma distribuição homogênea de cargas e, portanto, também esse átomo seria instável.

Se os elétrons estivessem estacionários, é claro que nada impediria que eles fossem atraídos pelo núcleo. Por outro lado, se circulassem ao redor do núcleo, seriam constantemente acelerados e, de acordo com a Eletrodinâmica Clássica, emitiriam radiação e perderiam energia, como nos modelos de Thomson e Nagaoka.

ANEXO 4 – TEXTO: CONTINUIDADE-DESCONTINUIDADE

Texto extraído de EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008, p.207-208.

Um mapa da cidade de Nova York e seus arredores está aberto diante de nós. Perguntamos: a que pontos desse mapa podemos chegar viajando de trem? Após determinar esses pontos em um horário ferroviário, marcamos eles no mapa. Alteramos agora a nossa questão e perguntamos: que pontos podem ser atingidos por automóvel? Se traçamos linhas no mapa representando todas as estradas de rodagem partindo de Nova York, todos os pontos dessas estradas podem, de fato, ser atingidos por automóvel. Em ambos os casos temos conjuntos de pontos. No primeiro, eles estão separados uns dos outros e representam as diversas estações ferroviárias; no segundo, são os pontos ao longo das linhas que representam as rodovias. A nossa próxima pergunta é sobre a distância de Nova York e cada um desses pontos, ou, com mais rigor, de certo ponto daquela cidade. No primeiro caso, certos números correspondem aos pontos de nosso mapa. Esses números mudam a passos largos irregulares, mas sempre finitos. Dizemos: as distâncias de Nova York aos lugares que podem ser atingidos por trem mudam apenas de modo descontínuo. As distâncias aos lugares que podem ser atingidos por automóvel podem, contudo, mudar por passos tão pequenos quanto queiramos, podem variar de modo contínuo. As alterações da distância podem ser tornadas arbitrariamente pequenas, no caso de um automóvel, mas não no caso de um trem.

O rendimento de uma mina de carvão pode mudar de modo contínuo. A quantidade de carvão pode ser diminuída ou aumentada a passos arbitrariamente pequenos. Mas o número de mineiros empregados só pode mudar descontínuamente. Seria pura insensatez dizer: "Desde ontem, o número de empregados aumentou em 3,783".

Arguido sobre a quantidade de dinheiro que tem no bolso, um homem pode citar um número contendo apenas duas decimais. Uma soma em dinheiro só pode mudar aos saltos, de modo descontínuo. Nos Estados Unidos, o menor troco permissível, ou, como poderemos chamar, o "*quantum elementar*" do dinheiro norte-americano, é um centavo, O *quantum* elementar do dinheiro inglês é um *farthing*, que vale apenas uma metade do *quantum* elementar norte-americano. Temos aqui um exemplo de dois *quanta* elementares cujos valores mútuos podem ser comparados. A razão de seus valores tem um sentido definido, porquanto um deles é o dobro do outro.

Podemos dizer: algumas quantidades podem mudar continuamente e outras apenas descontínuamente, por passos que não se poderão reduzir. Esses passos indivisíveis são chamados *quanta* elementares da quantidade a que se referem.

Podemos pesar grandes quantidades de areia e considerar sua massa contínua, muito embora sua estrutura granular seja evidente. Mas se a areia se tornasse muito preciosa, e as balanças muito sensíveis, teríamos de considerar o fato de a massa sempre mudar em números múltiplos de um grão. A massa desse grão seria o nosso *quantum* elementar. Vemos, desse exemplo, como o caráter descontínuo de uma quantidade, até então considerada contínua, pode ser detectado aumentando a precisão de nossas medições.

Se tivéssemos de caracterizar a ideia principal da teoria quântica em uma sentença, poderíamos dizer: *deve-se admitir que algumas quantidades físicas até agora consideradas contínuas são compostas de quanta elementares*.

ANEXO 5 – TEXTO INTRODUTÓRIO: SOBRE A CONSTITUIÇÃO DE ÁTOMOS E MOLÉCULAS

Texto extraído de BOHR, Niels. Sobre a constituição de átomos e moléculas. **Textos fundamentais de Física Moderna** – volume II. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1969, p. 95-97.

PHILOSOPHICAL MAGAZINE, S. 6. Vol. 26. N° 151. JULHO DE 1913

SOBRE A CONSTITUIÇÃO DE ATOMOS E MOLÉCULAS

Por N. BOHR, DR. PHIL., Copenhague

INTRODUÇÃO

Com a finalidade de explicar os resultados das experiências sobre a dispersão dos raios α pela matéria, o Prof. Rutherford criou uma teoria da estrutura dos átomos. Segundo esta teoria, os átomos são constituídos por um núcleo carregado positivamente, rodeado por um sistema de elétrons ligados pelas forças atrativas do núcleo; a carga negativa total dos elétrons é igual à carga positiva do núcleo. Além disso, supõe-se que o núcleo é a sede da parte essencial da massa do átomo e que tem dimensões lineares extremamente pequenas comparadas com as dimensões lineares do átomo total. Deduz-se que o número de elétrons de um átomo é aproximadamente igual a metade do peso atômico. Deve atribuir-se um grande interesse a este modelo atômico; na verdade, como mostrou Rutherford, a hipótese da existência de núcleos, como os considerados, parece ser necessária para dar conta dos resultados das experiências sobre os ângulos de dispersão muito grandes dos raios α .

Numa tentativa de explicar algumas das propriedades da matéria baseada neste modelo atômico deparamos, todavia, com dificuldades de natureza muito séria derivadas da aparente instabilidade do sistema de elétrons: dificuldade deliberadamente evitada nos modelos atômicos previamente considerados como, por exemplo no proposto por Sir J. J. Thomson. Segundo a teoria de Thomson, o átomo é formado por uma esfera de eletrização positiva uniforme, dentro da qual os elétrons se movem em órbitas circulares.

A principal diferença entre os modelos atômicos propostos por Thomson e Rutherford consiste na circunstância de que as forças que atuam sobre os elétrons no modelo de Thomson permitem certas configurações e movimentos dos elétrons para os quais o sistema está em equilíbrio estável; todavia, para o segundo modelo não existem aparentemente tais configurações. A natureza da diferença em questão ver-se-á talvez mais claramente notando que entre as quantidades que caracterizam o primeiro átomo aparece uma quantidade - o raio da esfera positiva - com as dimensões de um comprimento e com a mesma ordem de grandeza da extensão linear do átomo, enquanto esse comprimento não aparece entre as quantidades que caracterizam o segundo átomo, ou seja, as cargas e massas dos elétrons e o núcleo positivo, nem pode ser determinado por intermédio destas últimas quantidades.

Contudo, a maneira de considerar um problema desta espécie sofreu alterações essenciais em anos recentes devido ao desenvolvimento da teoria da radiação de energia e à confirmação direta dos novos pressupostos introduzidos

nesta teoria, encontrada em experiências relacionadas com fenômenos muito diferentes tais como calores específicos, efeito fotoelétrico, raios de Röntgen, etc. O resultado da discussão destas questões parece ser um reconhecimento geral de que a eletrodinâmica clássica não consegue descrever o comportamento de sistemas de dimensões atômicas. Qualquer que seja a alteração das leis do movimento dos elétrons, parece necessário introduzir nas leis em questão uma quantidade alheia à eletrodinâmica clássica, a constante de Planck, ou, como muitas vezes é designada, o *quantum* elemental de ação. Pela introdução desta grandeza, a questão da configuração estável dos elétrons nos átomos é essencialmente modificada, visto que esta constante tem dimensões e grandeza tais que, juntamente com a massa e a carga das partículas, permite determinar um comprimento da ordem de grandeza requerida.

Esta memória é uma tentativa para mostrar que a aplicação das ideias acima mencionadas ao modelo atômico de Rutherford constitui uma base para uma teoria da constituição dos átomos. Mostrar-se-á, além disso, que a partir desta teoria somos conduzidos a uma teoria da constituição das moléculas.

Nesta primeira parte do trabalho é discutido o mecanismo da ligação dos elétrons a um núcleo positivo em relação com a teoria de Planck. Demonstrar-se-á que é possível, sob o ponto de vista adotado, explicar de maneira simples a lei do espectro de riscas do hidrogênio. Além disso, são dadas as razões para uma hipótese fundamental em que se baseiam as considerações contidas nas partes seguintes.

Desejo exprimir aqui ao Prof. Rutherford os meus agradecimentos pelo seu amável e encorajante interesse por este trabalho.

ANEXO 6 – TEXTO: A RECONQUISTA DA ESTABILIDADE DO ÁTOMO

Texto extraído de RIBEIRO FILHO, Aurino. Os quanta e a Física Moderna. In: ROCHA, José Fernando (org). **Origens e evolução das idéias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2002, p.320-323.

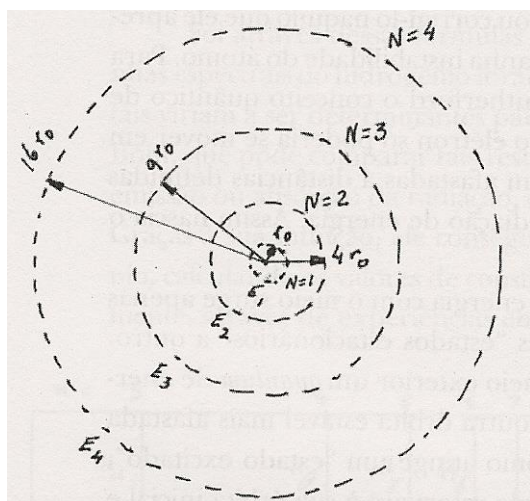
Apesar de ter suscitado ao mesmo tempo entusiasmo e polêmica, o modelo planetário de Rutherford permaneceu num sério impasse, o qual só viria a ser minimizado com as contribuições trazidas por Niels Henrik David Bohr (1885-1962).

Em setembro de 1911, o então jovem doutor em Física, de origem dinamarquesa, chegava à Inglaterra para trabalhar no Laboratório de Cavendish, na Universidade de Cambridge, àquela época dirigido por J. J. Thomson, com quem pretendia desenvolver uma série de trabalhos. Infelizmente, tal interação científica não se consumou e, para felicidade do jovem Bohr, ele conheceria naquele laboratório o célebre Ernest Rutherford, que ao apresentar um seminário sobre suas experiências em torno do modelo atômico desenvolvido por ele, fez com que Niels Bohr renunciasse a Cambridge e fosse para Manchester, em cuja universidade trabalhava Rutherford.

A colaboração científica entre esses dois pesquisadores foi profícua e duradoura e marcaria a história da Física Quântica. Bohr, longe de descartar o modelo planetário, procurou corrigi-lo naquilo que ele apresentava de mais constrangedor - a estranha instabilidade do átomo. Para isso, ele incorporou ao modelo de Rutherford o conceito quântico de energia, ou seja, ele conjecturou que o elétron só poderia se mover em determinadas órbitas, as quais estavam afastadas a distâncias definidas do núcleo atômico; não havendo irradiação de energia. Assim nascia o denominado "átomo de Bohr".

No modelo de Bohr, a troca de energia com o meio surge apenas quando o elétron passa de um desses "estados estacionários" a outro. Para Bohr, o elétron, ao receber do meio exterior um quantum de energia, salta de sua órbita original para outra órbita estável mais afastada do núcleo atômico. Neste caso, o átomo atinge um "estado excitado", de tal maneira que, posteriormente, ele retomará à sua órbita inicial e devolverá ao meio externo o quantum energético em excesso, na forma de fóton ou pacote de radiação eletromagnética. Este modelo foi proposto em 1913 e, apesar do salto empreendido, ele ainda não era definitivo, vez que juntava num mesmo arcabouço teórico aspectos da Física clássica com os da nova teoria quântica. Em linhas gerais, Bohr explicou, no seu artigo intitulado *Sobre a Teoria Quântica de Espectros de Linhas*, os detalhes de seu modelo. Ele, ao estudar o modelo de Rutherford e a fórmula empírica de Rydberg (da espectroscopia) para o átomo do hidrogênio, compreendeu que se um elétron pudesse ocupar qualquer órbita ao redor do núcleo atômico, então, fatalmente, haveria o estranho colapso em espiral citado acima. Para ele, era fundamental evitar tal dificuldade e para isso, ao escolher as prováveis órbitas eletrônicas, dentre as infinitas órbitas circulares possíveis, recorreu ao trabalho de Planck, introduzindo dois postulados, cujos enunciados podem ser melhor entendidos a partir das seguintes sentenças: (a) O elétron, em um átomo, ocupa apenas algumas órbitas circulares e, em cada uma delas, ele tem uma energia constante; (b) O elétron não pode ter qualquer valor de energia, e sim, valores determinados que correspondem às órbitas permitidas, ou

seja, ele se apresenta em certos níveis de energia ou camadas energéticas; (c) Um elétron, quando permanece numa dessas órbitas, não ganha nem perde energia, espontaneamente. Daí dizer-se que ele está em um estado estacionário; (d) Um



elétron pode receber energia de uma fonte externa somente em pacotes discretos ou quanta; (e) Um elétron, ao receber um quantum de energia, salta para uma órbita de maior energia, ligeiramente mais afastada do núcleo atômico. Diz-se então que ele realizou um salto quântico e atingiu um estado excitado; (f) Um elétron, ao retornar a uma órbita de menor energia, perde, na forma de onda eletromagnética, uma quantidade de energia que corresponde à diferença de energia existente entre as órbitas envolvidas. A figura acima mostra um esboço de quatro órbitas para o átomo de hidrogênio, segundo o modelo de

Bohr.

Ao recorrer ao trabalho precursor de Planck, Niels Bohr observou que a constante "h" era medida nas mesmas unidades da grandeza física *momentum* angular L (na Física clássica $L = r \times p$, onde p é o vetor quantidade de movimento e r é o vetor posição). Daí ele intuiu que havia a possibilidade de o próprio *momentum* angular ser quantizado, ou seja, talvez ele surgisse em conjuntos discretos (descontínuos) e, com isso, se poderia selecionar um dado número de órbitas circulares, cujo movimento rotatório viesse a corresponder a um múltiplo exato do *quantum* do momentum angular. Em verdade, descobriu-se que a magnitude deste *quantum* não era dado por h , mas sim por $h/(2\pi)$. Em súpula, ele enunciou os dois citados postulados como:

(i) Os elétrons giram em torno do núcleo em órbitas circulares. O seu *momentum* angular, entretanto, não é arbitrário. Ele deve ser um múltiplo inteiro de $h/(2\pi)$, e $L = nh/(2\pi)$, tal que $n = 1, 2, 3 \dots$

(ii) A luz não é emitida quando o movimento se dá segundo as órbitas permitidas. Quando houver uma transição de uma órbita para outra, a diferença entre as suas energias é emitida em forma de luz.

Com o seu trabalho, Bohr (juntamente com Rutherford) iniciou um novo ramo da Física, a chamada Física Atômica, e com o seu modelo conseguiu reproduzir os espectros do hidrogênio, utilizando para isso antigos resultados experimentais catalogados por espectroscopistas.

Apesar de ser uma grande contribuição teórica, o modelo de Bohr apresentava muitas condições especiais, dentre as quais: as órbitas eram circulares e existia uma imposição, não muito clara, da quantização do *momentum* angular. O mais estranho, no seu modelo, era a introdução da constante de Planck "h", utilizada anteriormente por Einstein para explicar o efeito fotoelétrico. De acordo com alguns historiadores, Bohr não tinha, àquela época, justificativas mais profundas para as condições impostas por ele, em seu modelo, ao movimento do elétron em torno do núcleo atômico. Até ali não se poderia afirmar que uma nova teoria já estava plenamente consolidada, entretanto, era notório que já se tinha atingido um conjunto notável de questões, que começaria a ganhar respostas mais razoáveis a partir de 1924, com os trabalhos fundamentais do Príncipe Louis de Broglie.

ANEXO 7 – TEXTO: A HISTÓRIA DA TEORIA QUÂNTICA

Texto extraído de HEISENBERG, Werner. **Física e Filosofia**. Brasília: Editora da UnB, 1987, p. 37.

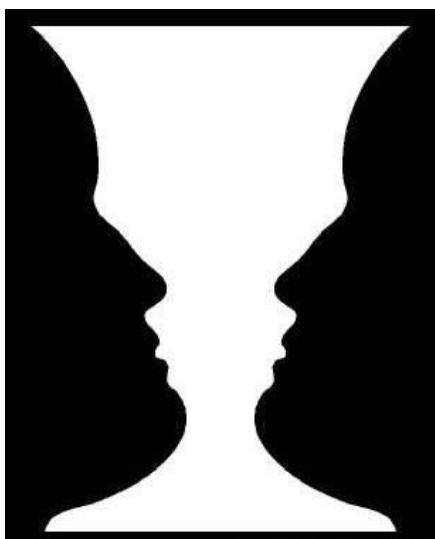
Durante os meses que se seguiram a essas discussões [sobre a lei de Planck], um estudo intensivo de todas as questões discutidas em Copenhague, sobre a interpretação da teoria quântica, teve por resultado uma clarificação completa e, como muitos físicos acreditam, satisfatória, da situação. Todavia, não foi uma solução que se pudesse facilmente aceitar. Lembro-me de longas discussões com Bohr, até altas horas da noite, que acabavam quase em desespero. E quando, ao final de uma dessas discussões, saí para uma caminhada pelo parque vizinho, fiquei repetindo interiormente a mesma pergunta: pode a Natureza ser tão absurda como nos tem parecido nessas experiências com os átomos?

A solução final foi abordada de duas maneiras diferentes. Uma delas foi uma reviravolta da questão. Ao invés de perguntar: “como se pode demonstrar, no esquema matemático conhecido, uma dada situação experimental?” uma outra pergunta era feita: “seria verdade dizer-se que ocorrem na Natureza somente aquelas situações experimentais que podem ser demonstradas pelo formalismo matemático?” A hipótese de que isso fosse realmente verdade, deu lugar a limitações no uso de conceitos que tinham sido, desde Newton, básicos na física clássica. Da mesma maneira que na mecânica newtoniana, nada impede que se fale em posição e velocidade do elétron e, além disso, pode-se observar e medir essas grandezas. Mas, contrariamente ao que ocorre na mecânica de Newton, não se pode medir simultaneamente aquelas grandezas com alta precisão arbitrariamente. De fato, o produto das duas imprecisões, em suas medidas, resultou não ser menor que a constante de Planck dividida pela massa da partícula. Relações análogas foram igualmente formuladas para outras situações experimentais. Todas elas são usualmente chamadas de *relações de incerteza*, diferentes instâncias do *princípio de indeterminação*. E, assim, aprendeu-se que os velhos conceitos não se adequam à Natureza de maneira exata.

ANEXO 8 – IMAGENS: ILUSÃO DE ÓTICA

As imagens foram obtidas a partir dos seguintes endereços:

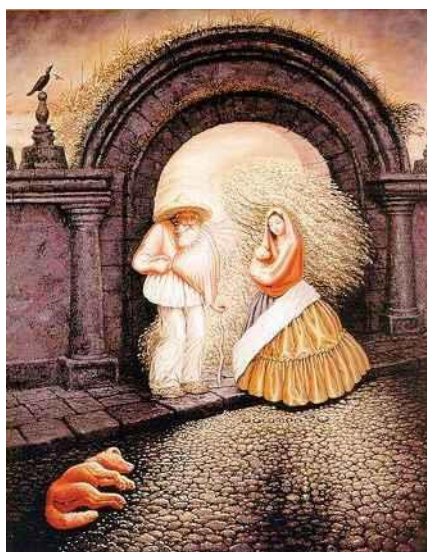
- (1) <<http://www.ilusaodeotica.com>>;
- (2) <<http://projetomarycotas.blogspot.com.br>>;
- (3) <<http://granjapaulopintor.blogspot.com.br/2011/11/ilusoes-de-otica.html>>;
- (4) <<http://blog.sigladesign.com.br/2011/11/pintura-ilusionista-de-oleg-shuplyak.html>>. Acesso em: 23/11/2011.



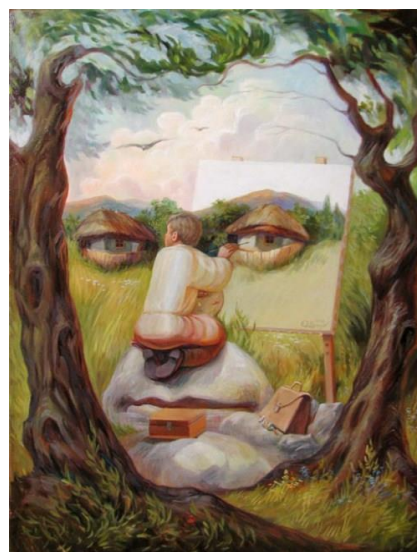
(1)



(2)



(3)



(4)

ANEXO 9 – TEXTO: FÍSICA E REALIDADE

Texto extraído de EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008, p.241-244.

Quais são as conclusões gerais que podem ser tiradas do desenvolvimento da física aqui indicado em um amplo esboço representando apenas as ideias mais fundamentais?

A ciência não é apenas uma coleção de leis, um catálogo de fatos não relacionados entre si. É uma criação da mente humana, com seus conceitos e ideias livremente inventados. As teorias físicas tentam formar um quadro da realidade e estabelecer sua conexão com o amplo mundo das impressões sensoriais. Assim, a única justificativa para as nossas estruturas mentais é se e de que maneira as nossas teorias formam tal elo.

Vimos novas realidades criadas pelo avanço da física. Mas essa cadeia de criações pode ter sua história traçada desde muito antes do ponto de vista da física. Um dos conceitos mais primitivos é o de objeto. Os conceitos de árvore, cavalo, qualquer corpo material, são criações alcançadas com base na experiência, embora as impressões de que surgem sejam primitivas em comparação com o mundo dos fenômenos físicos. Um gato aborrecendo um rato também cria, pelo pensamento, a sua própria realidade primitiva. O fato de o gato reagir de maneira similar diante de todo rato com que depara mostra que ele forma conceitos e teorias que são o seu guia através de seu próprio mundo de impressões sensoriais.

"Três árvores" é algo diferente de "duas árvores". Também "duas árvores" é diferente de "duas pedras". O conceito dos números puros 2, 3, 4, ... , libertados dos objetos dos quais surgiram, são criações da mente pensante que descrevem a realidade de nosso mundo.

A sensação psicológica subjetiva de tempo nos permite ordenar as nossas impressões, declarar que um acontecimento precede outro. Mas ligar todo instante de tempo a um número, pelo uso de um relógio, considerar o tempo um contínuo unidimensional, já é uma invenção. Assim também os conceitos das geometrias euclidiana e não-euclidiana, e o nosso espaço compreendido como um contínuo tridimensional.

A física realmente começou com a invenção de massa, força e sistema inercial. Esses conceitos são, todos, invenções livres. Levaram à formulação do ponto de vista mecânico. Para o físico de primórdios do século XIX, a realidade de nosso mundo exterior consistia de partículas com forças simples atuando entre elas e dependendo apenas da distância. Ele tentou conservar ao máximo possível sua convicção de que conseguiria explicar todos os acontecimentos da natureza por esses conceitos fundamentais de realidade. As dificuldades ligadas à deflexão da agulha magnética, as dificuldades ligadas à estrutura do éter, induziram-nos a criar uma realidade mais sutil. A importante invenção do campo eletromagnético aparece. Uma corajosa imaginação científica foi necessária para se perceber plenamente que não os corpos, mas o comportamento de algo entre eles, isto é, o campo, pode ser essencial à ordenação e à compreensão dos acontecimentos.

Os desenvolvimentos posteriores destruíram os velhos conceitos e criaram outros novos. O tempo absoluto e o sistema coordenado inercial foram abandonados pela teoria da relatividade. O cenário de todos os acontecimentos não mais era o

tempo unidimensional e o contínuo trimensional de espaço-tempo, mas o contínuo quadrimensional de espaço-tempo, outra invenção livre, com novas propriedades de transformação. O sistema coordenado inercial não era mais necessário. Todo sistema coordenado é igualmente apropriado para a descrição dos acontecimentos da natureza.

A teoria quântica criou também particularidades novas e essenciais de nossa realidade. A descontinuidade substituiu a continuidade. Em vez de leis governando indivíduos, apareceram leis de probabilidade.

A realidade criada pela física moderna está, na verdade, muito afastada da realidade dos tempos idos. Mas o propósito de toda teoria física permanece ainda o mesmo.

Tentamos, com a ajuda de teorias físicas, encontrar o nosso caminho através do emaranhado de fatos observados, para ordenar e compreender o mundo de nossas impressões sensoriais. Queremos que os fatos observados sigam logicamente de nosso conceito de realidade. Sem a convicção da possibilidade dominar a realidade por meio de nossas construções teóricas, sem a crença na harmonia interna de nosso mundo, não poderia haver ciência. Essa crença é e permanecerá sempre o motivo fundamental de toda criação científica. Em todos os nossos esforços, em toda luta dramática entre pontos de vista antigos e novos, reconhecemos o eterno anseio de compreensão, a sempre firme convicção na harmonia de nosso mundo, continuamente fortalecida pelos crescentes obstáculos à compreensão.

Resumindo

Novamente a rica variedade de fatos no reino dos fenômenos atômicos nos força a inventar novos conceitos físicos. A matéria tem uma estrutura granular; é composta de partículas elementares, os *quanta* elementares de matéria. Assim, a carga elétrica tem uma estrutura granular e - mais importante ainda, do ponto de vista da teoria quântica - do mesmo modo, a energia. Os fótons são os quanta de energia de que a luz é composta.

Será a luz uma onda ou uma chuva de fótons? Um feixe de elétrons, uma chuva de partículas elementares ou uma onda? Essas questões fundamentais são impostas à física pela experiência. Ao tentar respondê-las, temos de abandonar a descrição dos acontecimentos atômicos como ocorrências no tempo e no espaço, temos de recuar ainda mais do velho conceito mecânico. A física quântica formula leis governando aglomerados, e não indivíduos. Não são descritas propriedades, mas probabilidades, não são formuladas leis revelando o futuro de sistemas, mas leis governando as alterações de probabilidades no tempo e relativas a grandes aglomerados de indivíduos.

ANEXO 10 – DADOS DOS QUESTIONÁRIOS

PRIMEIRO EIXO: ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS MODELOS E TEORIAS CIENTÍFICAS**Questão 1: Como você imagina que as leis ou teorias científicas são formuladas?**

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	A partir da curiosidade ou necessidade. Quando uma pessoa procura se aprofundar em algum estudo já iniciado ou procura entender o que nunca foi descoberto.	A partir de dúvidas, das perguntas mal respondidas. Fazendo experimentos, provando e contestando teorias antigas.
E02	Com um estudo aprofundado da matéria correspondente a observação realizada, com indagações e interesse afim de chegar em um denominador comum, explicar e expor uma justificativa dessa teoria criada.	Com muita observação e experimentos a base daquilo que já se conhece.
E03	No meu ver são formuladas a partir de estudos que vem se desenvolvendo no decorrer dos anos e com isso as leis e teorias vão se formulando.	São formuladas através de estudos, onde os cientistas acreditam que formular leis ou teorias podemos nos ajudar a compreender melhor.
E04	Através de experiências científicas se chegam a um determinado resultado, onde se encontra algumas teorias ou leis que explicam e definem certas “coisas”.	Através de experiências, inovações.
E05	São formuladas através de estudos e pesquisas feitas para melhor facilitar o entendimento sobre o conteúdo.	São formuladas através de pesquisas, análise, experiência, fundamentações teóricas, imagino que elas são formuladas assim depois das pesquisas para quando expor ter argumentos para defender suas leis.
E06	Através do surgimento de novas ideias e questionamentos sobre algo, sendo feito experimentos para se chegar ao objeto desejado.	São formuladas a partir de questionamentos a respeito da realidade.
E07	Bom são formulados com bases de conteúdos matemáticos só para ser estudado estas fórmulas tem que ter uma boa concentração para se resolver.	Bom são formuladas com muita pesquisa, se não fosse pesquisado e estudados hoje em dia não se teria uma base para teoria e base.

E08	Creio que são formuladas através de muitos estudos e pesquisas, até mesmo através de experiências.	São formuladas a partir de estudos e experiências em um longo processo e para ser leis e teorias tem que ter explicações coerentes para a mesma.
E09	Através de experiências, testes, observações, análises, etc.	Através de muito estudo, e principalmente análises, após as análises são realizadas experiências das quais eles tiram alguma informação e firmam como verdade. Em seguida apresentam suas teses e teorias defendendo-as. Assim se convencer os demais esta é adotada como teoria ou lei.
E10	Acredito que as teorias seriam um resumo breve mas suficiente, que na maioria das vezes ajudam no aprendizado.	A partir de um dado tempo, a busca por algo concreto foi ficando cada vez mais importante.
E11	Através de experiências e experimentos feitos por pesquisadores.	Através de estudos todos os seres humanos tem dúvidas em relação ao surgimento das coisas e para essas dúvidas serem esclarecidas os cientistas estudam tudo e surgem as teorias científicas.
E12	Geralmente são formuladas a partir dos questionamentos gerados em torno de um determinado assunto. Para tanto, necessitam de argumentos convincentes que as permitam ser adotadas.	Formuladas com base em suposições e análises da realidade, no entanto, posteriormente necessitam de provas concretas que as justifiquem e comprovem sua veracidade.
E13	Através de experiências realizadas na prática e também na teoria.	Através de várias pesquisas, estudos e sempre estar dando continuidade para novas experiências.
E14	Através das necessidades que vão surgindo vão se fazendo experiências para serem formuladas.	Através de experiências científicas feitas pelos físicos, cientistas ... etc.
E15	Através de muitos testes e experiências.	Através de muitas pesquisas e experimentos, quando ocorre avanços algumas teorias são substituídas.
E16	A partir da elaboração da hipótese e com a realização de experiências para que haja uma conclusão.	Imagino que seja através de várias experiências realizadas, chegando o mais próximo da nossa realidade.
E17	São formuladas por pensamentos baseados em uma teoria e com base no que a teoria acredita.	Em base a algo não concreto, fazendo com que a incerteza se baseie em modelos explicando a realidade.
E18	Acredito que as leis são formuladas através de estudos avançados em determinados assuntos ou temas.	Com experiências que surgem das dúvidas em tal coisa.
E19	Curiosidade → É o que desperta o trabalho dos cientistas na minha opinião, e a necessidade de descobertas de entendimento a respeito de certos fenômenos.	Através das descobertas e a busca por base sólida para essa teoria e através de experiências que comprovem essas formulações a respeito físico.

E20	Através de estudos e experimentos realizados pelos físicos, que buscam desvendar os mistérios da natureza.	A partir de experiências realizadas ou de postulados que são criados, mas não tem-se como provar.
E21	As leis e teorias são formuladas através de experimentos e estudos avançados.	As leis e teorias são formuladas através de estudos e através de experiências realizadas.
E22	A partir de dados, pesquisas, descobertas, etc.	São formuladas através de pesquisas e experimentos.
E23	Através de muitos estudos, de demonstrações que provem que esta determinada teoria funciona e como se chegou a este resultado.	Através de estudos, pesquisas e experimentos. Mas é claro que tudo isso tem que ter uma fundamentação e quem formular algo tem que provar que seus estudos são verdade e que funcionam.
E24	Com a descoberta de pessoas competentes que já tenham estudado sobre o assunto.	Com o debate entre cientistas que tenham o mesmo pensamento ou diferentes.
E25	Por exemplo, a criação da vida, como tudo começou, a pessoa chega a uma conclusão, ele acha que foi de uma maneira, ele tenta provar o que pensa de várias maneiras, explica, faz desenhos, e até prova em contrário é o que ele diz.	São formuladas baseadas em curiosidades, o porquê das coisas, a partir disso vão formulando ideias e tentando prova-las.
E26	A partir de experiências que os pesquisadores realizaram.	As leis e teorias são formuladas através de experiências feitas sobre determinados assuntos, onde busca trazer a realidade de cada assunto, buscando provar se é verdadeira suas análises.
E27	Acredito que para ter se tornado leis ou teorias, primeiramente foram feitos muitos estudos para conseguir chegar a um entendimento, assim com os objetivos alcançados e declarados ficaram leis.	As leis ou teorias científicas são formuladas pelas dúvidas que a humanidade apresenta e são muitas análises em cima do que já consiste.
E28	Acredito que são formuladas mediante experiências, estudos mais aprofundados e assim com a comprovação destas.	As leis e teorias físicas são formuladas partindo do princípio de descoberta de algo, ou seja, através de estudos e análises que geram hipóteses e essas hipóteses serão ou não confirmadas através de experiências para então originar leis e teorias.
E29	Através de muitos estudos e pesquisas, com um certo enfoque nas leis e ampliando seus conceitos, fórmulas e conhecimentos.	Através de muitos estudos, pesquisas e buscas constantes e aprofundadas em determinados conceitos, para a sua formulação.

E30	Através de muitos estudos tentando chegar em um ponto aonde agrade a maioria (estudos em cima de estudos).	Através de vários estudos onde determinada pessoa propõe o que pesquisou e o que formulou, até que com o passar do tempo a tecnologia se avança e é formulada uma outra lei baseada na anterior.
-----	--	--

Questão 2: *Você considera que as teorias científicas podem ser questionadas ou mesmo substituídas por outras? (sim/não) Por quê?*

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	Sim, porque elas são continuamente descobertas com o tempo, são feitas novas descobertas que complementarão ou desmistificarão alguma teoria.	Sim, elas podem ser questionadas ou até mesmo substituídas se puderem ser provadas.
E02	Sim. Questionamento sempre haverá, quase todas as teorias científicas são questionadas por científicos ou não, e sendo assim algumas teorias são substituídas sim, ou em algum aspecto alterada.	Sim. Nunca teremos uma teoria insubstituível, porque a mente humana constantemente evolui, e pessoas como os cientistas estão sempre buscando uma explicação melhor para suas teorias, sendo assim, quando sugere-se uma nova teoria desde que aprovada sua aplicação melhor do que a anterior ela é substituída.
E03	Sim, porque a ciência é um mistério sempre está em busca de novas descobertas.	Sim, pois as teorias estão sujeitas a serem substituídas a qualquer momento por outra teoria criada.
E04	Sim, porque sempre estão ocorrendo novas descobertas e para que isso aconteça, sempre estão testando novas formas e fórmulas, se não houvesse questionamentos não existiria as evoluções.	Sim, pois sempre estão realizando novas experiências, e a cada descoberta de certa forma acaba “desmoralizando” a teoria anterior.
E05	Não, porque depois que se tem o conceito correto sobre um determinado assunto, é difícil modifica-lo.	As teorias podem ser questionadas sim, e também podem ser substituídas, pois se existe uma teoria que explica algo e logo aparece uma outra teoria que explica e facilita mais, ou seja, prova o contrário e o certo a teoria é substituída.
E06	Sim. A partir do momento em que se veria outra teoria a fim de facilitar o entendimento da mesma e todo o processo para se chegar ao resultado.	Sim. Porque com os avanços tecnológicos, pode haver novos questionamentos e a descoberta de novas teorias que possam suprir ou resolver tais questionamento com mais facilidade.

E07	Sim. Para que se entenda melhor a teoria, para que não sai com a cabeça bagunçada por tantas fórmulas.	Sim. Cada teoria por causa de novas pesquisas que se inova a cada ano.
E08	Não, pois já seguem um certo padrão. E são conhecidas mundialmente, se ocorresse mudanças acabariam gerando muitos transtornos.	Sim, a partir do momento em que exista algo que seja mais eficiente que a teoria dita isso é questionando e até mesmo substituída.
E09	Sim. Porque as pessoas continuam tentando descobrir cada vez mais e mais as coisas e como a gente ainda não sabe de tudo, muitas vezes sem a pretensão acabam descobrindo coisas novas que fazem com que as teorias mudem.	Sim, porque considero que ainda somos leigos para firmar certamente a realidade através de teorias científicas além do que a cada descoberta passamos a ver as coisas de outra forma, assim passam a ser substituídas, e essa cadeia de acontecimentos acontecerá sempre.
E10	Sim, mesmo sendo teorias criadas há vários anos por pessoas que estudaram muito para chegar no que conhecemos hoje, podemos relevar a ideia que tudo muda e que pessoas sempre estão dispostas a “reformular” as antigas teorias.	Sim, pois nada é concreto, o que é certo hoje pode não valer nada amanhã, tudo é muito incerto.
E11	Sim, pois tem várias experiências feitas por cientistas que com o tempo foram adaptadas por outros pesquisadores.	Não, pois muitas coisas nós sabemos que existem mas não conhecemos; exemplo a alma, sabemos que existe mas nunca vimos então não questionamos.
E12	Sim, novas teorias são formuladas constantemente a respeito dos mais diversos assuntos, visto que podem ser destituídas conforme sua inadequação a determinada problemática, permitindo o advento de uma teoria mais coerente, que revele maior veracidade a respeito dos aspectos que caracterizam a situação em análise.	Sim, à medida que surgem novos progressos nas descobertas a respeito do assunto. Desta forma este processo pode ser considerado um processo de evolução.
E13	Sim. Porque estamos em constante evolução, e isso faz com que as teorias científicas se renovem a cada dia que passa.	Sim. Pois a cada século vimos que os átomos sofrem uma transformação, ou seja, sempre estaremos em continuidade.
E14	Sim, talvez achando ou entendendo uma nova forma de explica-las.	Sim, pois nunca se tem a certeza do que virá, aparecerá pela frente assim como acontece com o átomo.
E15	Sim, porque tudo evolui e com essa evolução ocorrem novas descobertas.	Sim, com o avanço das pesquisas muitas teorias são substituídas, mas deve haver argumentos para que isso ocorra.

E16	Sim, pois nem todas as teorias são corretas então elas podem ser substituídas sim.	Sim. Porque a cada pesquisa realizada é encontrado coisas que na anterior não havia, então pode-se encontrar outras teorias melhores que as que já conhecemos.
E17	Algumas teorias podem ser questionadas mas não substituídas.	Sim. Pois aquilo que acreditamos muitas vezes é abalado por outras opiniões, sendo assim com muito questionamento e ponto de vista distorcido, pode-se ser substituído o que acredita por outra teoria.
E18	Sim pois a cada geração surge um novo embasamento, uma nova questão a ser discutida.	Sim pois com o tempo surgem novos teóricos com ideias e visão diferente que assim pode acrescentar ou até mesmo mudar a teoria.
E19	Sim, porque da mesma forma que “pessoas” as criaram, elas podem ser transformadas ou alteradas conforme novas descobertas.	Sim, porque nosso conhecimento do real é limitado, nos aproximamos e cada aproximação é uma nova descoberta um novo avanço.
E20	Sim. Se ficar comprovado que determinada teoria está errada ela deve ser substituída ou reformulada para aprimorar cada vez mais os conhecimentos.	Sim. Se algum cientista descobrir mais ou aperfeiçoar os conhecimentos que aprendemos hoje, estes podem ser substituídos ou reformulados já que não teria por quê ficarmos cum um conhecimento ultrapassado.
E21	Sim, as teorias podem ser questionadas ou até mesmo substituídas pois com os avanços da tecnologia, os estudos já feitos podem ser revisto, e assim se necessário fazer as substituições.	Sim, pois a cada ano que passa e com os avanços tecnológicos, novas teorias e experiências podem ser realizadas, assim se necessário substituir as teorias já existentes.
E22	Sim. Pois ao longo de estudos podemos perceber que há muitos questionamentos com relação a teorias.	Sim. Porque através de pesquisas e experimentos realizados podem surgir questionamentos acerca de outras teorias e surgir até mesmo comprovação.
E23	Sim. Porque se acharem uma fórmula que simplifique o modo de aprender determinada teoria e esta for comprovada que chegará ao mesmo resultado, acho que pode ser substituída.	Sim. Por que o próprio átomo é um exemplo disso pois seu modelo já foi mudado várias vezes. Isto prova que por mais que o modelo “funcionasse” ele tinha suas falhas e isso fez com que fosse mudado.
E24	Sim, pois cada um tem seu modo de pensar, e devemos nos expressar também.	Sim, porque cada um tem sua forma de pensar e talvez a forma do outro pode ser mais clara ou não, então qualquer um sabendo do que está fazendo tem o direito de questionar.

E25	Sim, porque se surgir novas provas concretas que a teoria foi diferente ela pode ser substituída.	Sim, porque estão sempre surgindo novas teorias, as novas vão substituindo as antigas.
E26	Sim, pois no decorrer da história muitas teorias foram aparecendo e assim substituindo.	Sim, pois se uma teoria nova chega e prova que está certa, as teorias velhas vão sendo substituídas. Cada teoria vem se superando e questionando as demais.
E27	Não porque se um indivíduo declarar oficialmente que obteve anos de estudos e teses até chegar a esse resultado.	Sim. Porque os modelos atômicos passaram por modificações do Dalton para Thomson, Rutherford e Bohr. Cada um foi fazendo suas teorias até chegar a sua ideia.
E28	Sim, pois devido a constante evolução de estudos, pode ser descoberta ou ser atribuído uma visão diferenciada e que conseqüentemente gera uma nova discussão e até mesmo uma substituição/aperfeiçoamento.	Sim, pois uma mesma teoria dependendo da época e até mesmo do pensador que a constituiu. A exemplo da teoria atômica, esta foi reformulada por diversos cientistas (Dalton, Thomson, Rutherford, Bohr), em busca de comprovar a estrutura da matéria, considerando que até os dias atuais esta ainda é discutida. Isto é, comprova-se que essas teorias foram reformuladas e ainda poderão ser, desde que sejam aprovadas.
E29	Sim. Cada pessoa tem sua opinião, as teorias são exatamente o que o cientista quando formulou-as chegou através de muitas buscas este conhecimento, mas acho que podem ser mudadas sim.	Sim, pois cada pessoa tem uma opinião ou consentimento formado e poderá ser substituídas as novas teorias e questionamentos por melhores.
E30	Sim, estamos sempre em mudanças e estas teorias também passam por mudanças, claro através de um bom questionamento que o leve a isso.	Sim, porque a cada dia os estudos estão se renovando, e isso abre um campo para o questionamento e a substituição das teorias científicas.

Questão 3: Quais os motivos que levam um cientista a pesquisar determinados assuntos?

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	Tentar entender o contexto.	Pesquisam assuntos para sustentar alguma teoria ou para entendê-las melhor.
E02	Ao se interessar por determinado assunto, um cientista é motivado a pesquisar, afim de criar novas teorias ou experimentos, isso é resultado de uma pessoa que quer inovar, trazer novos estudos. Tudo isso parte da motivação, interesse e desprendimento do cientista.	A busca constante de um cientista a pesquisar sobre assuntos vem de seus próprios interesses, interesses esses que visam contribuir para evolução da ciência, isso é a satisfação de um cientista.

E03	- Curiosidade - Interesse - Busca de novos conhecimentos.	- Curiosidade - Desafio.
E04	As experiências, suas descobertas, sua vontade e curiosidade de descobrir novas coisas. De inventar.	Pelo simples prazer da descoberta de algo que ainda não era conhecido.
E05	Curiosidade, o querer de conhecer de saber, conhecer bem o assunto, analisar os detalhes e estar satisfeito com o que estuda e pesquisa.	Vários motivos levam, como a curiosidade, o querer de saber porque algo acontece, como que é, aí a pessoa tem o querer de saber, de conhecer e pesquisa.
E06	- Interesse; - Entendimento sobre o assunto; - Questionamentos; - A busca de novas ideias e fórmulas.	- Interesse; - Questionamentos; - A busca de uma solução e explicação do real.
E07	Para obter mais conteúdos sobre determinado assunto que lhe chama atenção e que será do seu e de outras pessoas interessados.	Pelo interesse de cada cientista. Alguns pesquisam sobre novas formas de vacina para doenças que não tem cura.
E08	Necessidade ou criatividade.	A necessidade, existe a grande necessidade de se fazer pesquisas, mesmo partindo de algo incerto.
E09	O “por que”. A dúvida e a sensação de não conhecer faz com que as pessoas tentem saber com o que estão lidando, no caso de cientistas é a questão de curiosidade ou a grande maioria das vezes a questão de necessidade.	As respostas, afinal baseado no que já existe tentamos descobrir o como e o porque. Ou seja, depois que temos noção de um assunto, sente-se a necessidade de se saber mais sobre ele.
E10	Curiosidade, talvez a vontade de tirar a religião nas respostas de algumas perguntas.	A curiosidade, talvez para tirar a religião como verdade absoluta. E pode acontecer também de um deles querer “melhorar” uma teoria já existente.
E11	Buscar uma explicação para determinado acontecimento.	- Saber se aquilo realmente existe; - quais suas consequências, - qual sua importância para todos, etc.
E12	Geralmente partem da tentativa de solução de problemas até então sem explicação científica, no entanto podem derivar da tentativa de uma melhor resolução para a situação em discussão, mesmo já havendo teorias que as expliquem.	A partir da necessidade de comprovar determinados fenômenos, ou quando suas explicações para o assunto já não são mais suficientes.
E13	A busca pelas novidades, aprofundando seus conhecimentos.	Motivos são esses como exemplo, descobrir como a luz transfere energia para o ambiente através de estudos os cientistas chegam a conclusão ou até mesmo se aproximam.

E14	De acordo com as necessidades que irão surgir, conforme também as curiosidades que ele tende a saber.	A necessidade da nossa realidade leva um cientista a pesquisar na teoria certos assuntos que necessitamos para continuar em frente.
E15	O fascínio em responder questões que há muito tempo fazem parte da humanidade.	A busca pela resposta do surgimento do universo sempre fascinou a humanidade e são questões como esta que faz com que novas pesquisas sejam desenvolvidas.
E16	As novidades as suas voltas, a curiosidade de desvendar o mistério que envolve o assunto.	O interesse por um determinado assunto de seu interesse.
E17	Por parte do cientista o interesse para se ter um conhecimento por mais aprofundado do assunto.	Entender melhor o que lhe interessa, com poucas e vagas informações, e uma busca incessante por determinado assunto.
E18	A princípio eu acredito que seja a curiosidade por determinado assunto.	Curiosidade e dúvidas a determinados.
E19	A necessidade de entender o porque aquilo acontece o porque das coisas desta forma a curiosidade de saber de onde vem, o que faz e pra onde vai.	A necessidade de se entender o nosso mundo sensorial. A busca pelo real, por não termos acesso, e para MELHORAR as teorias antigas.
E20	Tentar explica-lo. Procurar suas causas e suas conseqüências e até associá-lo a outro fenômeno.	O interesse em descobrir mais sobre estes assuntos e explica-los, buscando assim dar um sentido à sua existência.
E21	O motivo é provar como algo funciona, saber as origens e mostrar como é feito.	O motivo que leva os cientistas a pesquisar determinados assuntos é o de tentar explicar como isto funciona, como surgiu e como é o seu desenvolvimento e a sua utilidade.
E22	A busca para a descoberta de novos meios para a ciência.	A necessidade dele comprovar algo que para ele é possível e que para outros pode não ser.
E23	A curiosidade em conseguir simplificar ou demonstrar que ele pode comprovar e criar fórmulas, leis e teorias que descobre novos conhecimentos.	A curiosidade, os experimentos e etc. Os cientistas querem saber sobre determinado assunto, e isso faz com que ele faça de tudo para se aproximar ou chegar a um resultado final.
E24	O fato de querer saber mais sobre o tal e transmitir aos outros.	O motivo de querer explicar melhor determinados assuntos que não estão totalmente claros.
E25	A necessidade de descobrir algo novo, por exemplo a cura de uma doença considerada incurável, a necessidade de explicar melhor a existência de alguma coisa e sua finalidade.	A necessidade de descobrir como tudo começou, a cura de alguma doença.

E26	A curiosidade do pesquisador de querer saber como determinadas coisas são feitas.	A curiosidade de querer saber o início de todas as coisas, de provar como esses determinados assuntos surgiram.
E27	Na minha opinião foi porque pode ter surgido dúvidas, ou conhecer melhor a respeito daquele determinado assunto, e passar seu conhecimento para outras pessoas.	Como o assunto do átomo foi querendo saber realmente a teoria, porque o átomo não seria divisível e fazer descobertas sobre ele.
E28	São vários os motivos, como: para compreender um determinado fator ou fenômeno; desvendar curiosidades, etc.	São vários os motivos, mas principalmente para se desvendar a origem das coisas, ou seja, da estrutura de algo.
E29	Para ter um embasamento científico do que realmente é interessante e que possa se aprofundar em um novo assunto cada vez mais amplo.	Os motivos são de se aprofundar em conceitos de interesse e descobrir assuntos novos para a nossa realidade.
E30	Muita curiosidade de descobrir algo novo que possa sempre estar ajudando a sociedade onde habita.	A busca por uma determinada "coisa" perfeita, mas como isso ainda não foi concluído as teorias estão sempre sendo substituídas (exemplo o modelo atômico).

Questão 4: No estudo de ciências, o que você entende por modelo?

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Modelo é algo feito para se aproximar do real, para "dar forma" a aquilo que não pode ser visto.
E02	Algo que traz a referência para outros estudos.	Modelo é aquilo se tem por base, é uma referência. Uma representação de algo.
E03	Entendo por modelo atômico onde se encontra partículas de matéria.	É algo que consegue representar o real.
E04	Uma referência, algo para se seguir, compreender melhor uma forma de chegar a seus conhecimentos.	Algo que se tende a explicar coisas partindo o mais próximo da realidade.
E05	Durante pesquisas, estudos, sempre se pega modelos de algum estudo realizado como exemplo, isto já seria um modelo, e nos estudos de ciências sempre estamos observando modelos de estruturas já realizadas.	Modelo é como certo ponto é conduzido, como funciona ele tenta explicar de uma forma mais fácil as ideias.
E06	Acredita-se que modelo vem a ser a estrutura, a composição de uma teoria.	Modelo é apenas uma representação de algo.
E07	Bom que a ciência não é formada só por biologia e sim que química e física também fazem parte desta ciência.	Ciências e o estudo do ser vivo, mas contém ciências que são diferenciado como química é uma ciência que estuda os elementos químicos e suas fórmulas.

E08	É uma forma padrão que todos seguem para alcançar resultados. Ex: fórmulas.	Modelo é uma estrutura atômica sugerida por pesquisadores.
E09	Algo que temos como base ou referência para seus demais similares.	É algo que tenta representar alguma coisa que não se sabe ao certo como é, sendo assim cria-se noções do objeto e assimila-o a algo já existente criando assim um modelo.
E10	Algo que seria padrão, uma única forma de ser vista.	Algo que vem para representar o mundo real, o que não pode ser visto.
E11	Não me lembro.	Modelo é a representação do real. A representação da realidade das coisas.
E12	Algo estabelecido em função de determinado assunto que possa ser adotado como padrão. Mesmo os modelos mais convincentes são passíveis de reformulação. Um exemplo é o modelo planetário, argumentado tão marcantemente durante a história.	Um parecer descritivo de algo com a finalidade de aproximação da representação do real.
E13	Modelo seria aquilo que serve de exemplo para outras experiências.	Modelo é aquilo que não conhecemos, e tentamos adivinhar o que seria tal objeto. Ex: em sala o prof. deu o modelo, que no caso foi a caixa e tentamos adivinhar o que ali estava.
E14	Um modelo que está ali para ser seguido, também usado como exemplo. É determinado como regra para todos.	Modelo é o que os físicos ou cientistas utilizam para especificar algo ou coisa (matéria), esse modelo é utilizado até obtermos outras descobertas que os substituam em frente.
E15	Algo que estaria aproximado do real.	Algo que se aproxima da realidade, não seria uma certeza, mas para se chegar a um determinado modelo deve haver muita pesquisa.
E16	Modelo para mim é uma coisa pré-moldada, por exemplo células.	Modelo é o mais parecido com o real.
E17	É algo descritivo para uma melhor explicação do que se está anunciando, para formular um pensamento mais exemplificado.	É algo que se encaixa na teoria propriamente existente.
E18	Na ciência modelo seria uma espécie de padrão de tal coisa ou objeto, etc.	É uma “coisa” que é usada como modelo para explicar ou ilustrar algo.
E19	Algo aproximado ao real, algo que é formulado com base no que se conhece.	Aproximação do real. A busca pelo entendimento do oculto. É o resultado de estudos sobre algo e é ideia de como isso seria.
E20	É a forma que determinados “objetos” do mesmo gênero deveriam ter. Algo padrão, uniforme.	Algo que busca se aproximar do real, que não há um padrão, mas existem formas que se aproximam. Por exemplo, o modelo atômico, ninguém viu o átomo mas através de experiências busca-se estabelecer um modelo próximo ao real.

E21	São modelos atômicos que tentam representar a realidade.	Modelo é algo que tenta descrever a realidade o mais próximo possível.
E22	Um exemplo do que será estudado ou está sendo. Uma ideia a respeito do que está sendo discutido, trabalhado.	Modelo é uma representação do real.
E23	Uma forma da qual se levou um certo tempo de estudo para ser feito, para demonstrar algo.	Modelo é uma representação da realidade, não necessariamente como ela é, mas o mais próximo possível.
E24	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Modelo é uma forma de que os cientistas arrumaram para tentar descrever a realidade.
E25	A vida e suas transformações.	Modelo é, no caso de ciências algo a ser seguido. Por exemplo se me dizem que a cura de uma doença é possível com um medicamento, se eu tiver esta doença vou tomar o tal medicamento.
E26	Modelo é um nome que se dá a uma determinada teoria.	Modelo é o nome que se dá a um determinado assunto, durante os anos foram sendo analisados vários modelos e um foi substituindo o outro.
E27	Modelo quer dizer como deve-se ser aquilo, suas formas, enfim.	Modelo é algo que tenta se parecer ao real. Não necessariamente é o que temos na realidade.
E28	Modelo vem a ser algo que supostamente representa um fato ou fator da realidade.	Modelo vem a ser a tentativa de representar a realidade, ou seja, através de experimentos científicos junto com a comprovação destes pode-se estabelecer algo que o represente, constituindo assim um modelo.
E29	São modelos atômicos, criados por cientistas, e que compreendemos através das aulas científicas (física, química). São representações por desenhos.	Um modelo pode ser entendido por uma representação do real (realidade).
E30	Não lembro, nem se estudei isso.	Que cada pessoa que estudou e pesquisou como seria um átomo, obtinha um modelo ao seu ver (exemplo Dalton via o átomo como uma esfera maciça e vazia, já Thomson como um pudim de passas, e entre outros que estudaram o modelo atômico).

Questão 5: Um modelo descreve plenamente a realidade? (sim/não) Justifique.

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Não, ele tenta se aproximar. Se fosse algo que pudesse ser visto talvez não precisasse de modelo. Mas para que um modelo seja construído é preciso pesquisar para não fugir tanto a realidade.

E02	Não.	Não. Um modelo nunca terá completamente a descrição da realidade, mas pode chegar muito próximo enquanto a sua representação.
E03	Sim, pois a realidade que está presente nos estudos científicos.	Não, pois é algo que está fora da realidade.
E04	Sim pois o modelo não surgiu do nada apenas inventado ou uma forma mais bonita ou feia de ver e compreender as coisas.	Não, pois apenas tenta chegar o mais próximo da realidade, não quer dizer que a gente conheça de fato o “objeto” de que se trata, então são meras suposições.
E05	Sim, geralmente quando pegamos modelos de pesquisas, elas são fundamentadas em fatos reais, por isso são analisadas e pesquisadas.	Não pois sempre quando se tem um modelo que mostra o certo aparece outro que prova o contrário e é substituído.
E06	Sim. Descreve de uma maneira mais simplificada com o objetivo de entender os acontecimentos e o porquê deles.	Não. Ele descreve apenas uma aproximação da realidade, ou seja, leva o indivíduo entender aquilo que não é visível.
E07	Sim, por sem ele não teria base no cotidiano.	Sim, como foi concretizado as fórmulas em que se baseia cada massa e estudo.
E08	Não, pois existem vários modelos.	Não, pois um modelo não pode ser visto e isso o afasta do real.
E09	Não. Ele descreve algo aproximado ao ideal, a forma como devem ser visto, mas não que este, necessariamente seja real.	Não. Porque o modelo apresenta algo inconcreto, desconhecido o qual nós talvez saibamos o tamanho, mas não temos noção do peso, talvez saibamos a cor mas não seu formato, e assim por diante. Ele apenas representa algo aproximado da realidade.
E10	Não, pois temos várias realidade.	Não, pois não tem como comprovar a “veracidade” dos fatos. Exemplo: o átomo até hoje não se sabe como é, temos uma base que tinha um núcleo e que há elétrons em algum lugar orbitando dentro de um campo.
E11	Não sei.	Não, pois nem tudo nós sabemos representar corretamente, representamos um átomo de um jeito mas não sabemos se esse jeito é o real.
E12	Não, mas tentam na maioria das vezes se aproximar o máximo da realidade.	Não, visto que alguns modelos são formulados sem nem ao menos conhecer visualmente do que se trata. Enfim, modelos representam uma tentativa aproximada de descrição do real e não necessariamente expressam o real.

E13	Sim. Porque o modelo descreve, e serve de cópia para outros modelos.	Não. Pois pode aproximar do real mas nunca tem a certeza do que ali tem de certo.
E14	Sim, pois é através do mesmo que se retira as informações.	Não, pois não saberemos jamais o que virá em frente, um modelo sempre poderá substituir o outro assim como aconteceu com os físicos que estudamos.
E15	Não, pois poderia ser modificado, não tendo uma certeza.	Não pois não seria algo concreto, o qualquer momento ele pode ser substituído a partir de novas teorias.
E16	Sim, pois é o mais parecido com a nossa realidade.	Não. Porque nem tudo pode ser identificado em um modelo. Ele é o mais aproximado do real.
E17	Sim, pois é com ela que chegamos a uma noção do que se está se movimentando juntamente com a realidade.	Não, pois a realidade é algo intenso, com várias informações e descobertas, e um modelo não definiria a realidade, pois o modelo contém vários fragmentos que limitam o que se pode acreditar.
E18	Não, modelo é apenas um “modelo”, cabe a cada um escolher usá-lo, aceita-lo, ou não.	Não pois a nossa realidade ainda está longe de ser alcançada pelos nossos cientistas. O modelo aproxima-nos da realidade.
E19	Não, porque acho que muita coisa não pode ser descoberta em sua totalidade, sempre semelhantes e as vezes iguais.	Não, pois o modelo é a tentativa de descrever algo, é algo representativo e não concreto.
E20	Não. O modelo aproxima os “objetos” devido à suas características parecidas, não necessariamente iguais.	Não. O modelo tenta se aproximar do real, mas sem conhecê-lo. Como foi dito anteriormente, é o caso do átomo, que ninguém o conhece mas buscam estabelecer um modelo que se aproxime do real.
E21	Sim, na maioria das vezes creio que descreve com máxima proximidade.	Não, pois nem sempre aquilo que sentimos ou escutamos é, pode ser de forma diferente, cor, tamanho, etc.
E22	Não. Pois um modelo não é exatamente igual a realidade em si.	Não. Porque busca apenas representar o real mas não o descreve plenamente.
E23	Sim. Mas nem sempre existe um único modelo para representar algo, então nem todos os modelos representam a realidade.	Não. Pois em um trabalho realizado em sala na primeira aula sobre modelos, podemos perceber que é difícil descrever algo que não vemos e é mais difícil ainda formular um modelo dele.

E24	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Não. Pois cada modelo tem seu jeito, tem o mais próximo da realidade e o que pode ser estável mais não chega perto da realidade desejada.
E25	Nem sempre, depende, mas só seguimos um modelo se nos servir, depende da ocasião, e que realidade vivemos.	Não, porque a realidade para cada pessoa é diferente, por exemplo se eu acho que o dia hoje está lindo (porque eu estou feliz, de bem com a vida), para o meu colega pode estar péssimo porque ele está num mau dia.
E26	Acredito que sim, pois pessoas estudaram e foram comprovados esses determinados modelos.	Não, pois há vários modelos que não consegue ser aplicado com todas as matérias, ao longo do tempo os modelos foram sendo questionados pois não descrevia a total realidade.
E27	Não. Pois tem-se com a palavra modelo, mas não será a plena realidade pode ser semelhante ou mais próximo da realidade.	Não. Porque pode ser partículas muito pequenas e o que contém nelas fica impossível de distinguir, apenas com experiências e tenta-las entender o que ocorreu corretamente ou não.
E28	Nem sempre, pois ao se tratar de modelo tem-se a ideia de representação, e se tratando de representação pode haver algo que não esteja plenamente adequado a realidade.	Não, pois a realidade é muito ampla e complexa e um modelo é algo restrito que apresenta limitações. Um exemplo disso é o modelo atômico que mesmo através de inúmeras experiências e tentativas de se estabelecer um modelo para tal feito, torna-se necessário sua observação, porém nunca alguém conseguiu “enxergar” um átomo e cada uma de suas partes.
E29	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Sim, o modelo é significativamente a realidade de algo.
E30	Não sei responder.	Não, o modelo vem descrever o que o seu pesquisador enxergou sobre determinado assunto estudado por ele, mas nada impede que ele possa mudar.

SEGUNDO EIXO: EVOLUÇÃO DOS MODELOS ATÔMICOS

Questão 6: *Ao longo da sua formação você percebeu que os livros didáticos apresentam em geral mais de um modelo atômico. A que você atribui a existência desses diferentes modelos?*

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	Ao nível de entendimento do público a ser atendido.	Porque existe muitos modelos atômicos, mas há uma evolução entre eles. Eles estão nos livros para explicar como surgiram e como hoje está.
E02	Esses diferentes modelos representam um ponto de vista diferente. Um cientista cria um modelo diferente de outro para explicar algo igual, por ter um olhar diferente.	A novos experimentos, novas descobertas, avanço científico e em alguns casos, o avanço tecnológico.
E03	Eu acredito que seja por causa de conhecimentos e com isso é desenvolvido mais de um modelo.	No caso existem vários modelos, pois cada um possui seus critérios.
E04	Vários modos de se chegar a um mesmo raciocínio ou mesma resposta.	Experiências diferentes, que possam explicar uma determinada “coisa, função”.
E05	Esses modelos já foram criados para facilitar os estudos, e eles vem sendo passado já de grandes cientistas do passado até os dias atuais.	Eles vem para entender melhor ou melhor dizendo, explicar como ocorre o porque, como chegou a tal ideia porque funciona e é representado através desses modelos.
E06	Representa a evolução dos diversos pensadores para se chegar a um modelo exato.	Atribui entender o avanço dos diferentes modelos e consequentemente da realidade.
E07	Nada, pois sem uma explicação boa não será fácil compreender e tirar dúvidas de certos assuntos.	Não. Pois o uso de livros didáticos não são usados no cotidiano do aluno. E também não tira a dúvida de um aluno quando ele tiver.
E08	São atribuídos devidos a vários estudos e pesquisas assim surgindo vários modelos.	Devido a várias pesquisas diferentes.
E09	A evolução de conhecimento, pesquisas mais avançadas que cada vez mais se aproximam da realidade, isso baseia-se em cada descoberta, fazendo que esse modelo mude.	Após a criação de cada modelo criou-se alguma dúvida e alguém que tentou esclarece-la, assim sendo o modelo evoluiu e cada vez mais se aproximou do que hoje chamamos de realidade.
E10	São vários teóricos com várias formas de pensamentos e que podem ser vista de alguma maneira diferente, um pode pensar diferente do outro.	Desde o princípio, a busca pela descoberta da estrutura da matéria sempre houve um tipo de teoria que no momento dava certo, mas depois vinha outro estudava mais a fundo e acabava criando outro modelo fazendo com que o anterior fosse “inútil”.
E11	Sim, cada cientista pesquisou ou melhorou o modelo do outro.	Sim, cada modelo tem sua importância. Um cientista descreve o átomo de um jeito, o outro já muda a representação e acrescenta algo novo e desconhecido e assim por diante.

E12	Constitui na frequente tentativa de tornar o modelo o mais próximo possível da realidade. Dessa forma, são instituídos novos modelos de acordo com a evolução da concepção a respeito do assunto e o modelo atômico é uma representação clara da tentativa de adaptação de conceitos e a formulação de novos.	A um processo evolutivo, de aperfeiçoamento dos modelos já existentes, em função da melhoria das conclusões e informações apresentadas a respeito do assunto. Serve desta forma para suprir as defasagens não compreendidas por modelos anteriores.
E13	Sim. Atribui a novas formas de equações.	Sim. Pois conforme o século os cientistas evolui mais ou seja eles estudam e descobrem vários outros modelos.
E14	Para cada um há uma adequação diferente, cada um aproxima-se mais com o que adequasse melhor.	Sim, para explicar as diferentes modificações dos átomos, as mudanças sofridas, até a apresentação da física quântica.
E15	A evolução das pesquisas.	Com o avanço das pesquisas alguns modelos foram sendo substituídos. Um exemplo é a teoria de Dalton que foi substituída assim que Thomson provou a existência de elétrons.
E16	Os pesquisadores para serem diferenciados mais facilmente.	As experiências realizadas anteriormente por outros cientistas.
E17	Para exemplificar melhor, dando mais detalhes do assunto.	Ao passar do tempo os modelos vem evoluindo com várias ideias por determinado assunto. Com isso alguns modelos ficam ultrapassados e com um conhecimento vago.
E18	Diferentes cientistas estudando esse assunto, isso pode levar a diferentes modelos.	Diferentes visões, formas de se entender e também a cada novo modelo damos um passo para chegar ao verdadeiro modelo atômico.
E19	As diferentes concepções dos átomos, a maior complexidade em pesquisas, as diferentes formas de pensar. Sei lá.	A evolução científica: as descobertas, a evolução das próprias necessidades de entendimento.
E20	Aos estudos para se encontrar um modelo atômico mais parecido com a realidade.	De acordo com as descobertas e os níveis de avanço destas, foram se construindo modelos cada vez mais aperfeiçoados, mais próximos do que poderia ser o real.
E21	A existência de diversos modelos é para que seja feita a melhor compreensão.	Cada um desses modelos tem uma representação, isso desde o surgimento do primeiro modelo atômico, o de suas transformações até o atual (ou ainda ou mais utilizado).
E22	Devido ao surgimento de novos estudos, curiosidade, etc.	Aos diversos e diferentes estudos realizados ao longo dos anos acerca destes modelos.

E23	Conforme os estudos que foram feitos e os materiais que foram usados surge um tipo de modelo.	Os modelos atômicos foram mudando ao longo de estudos realizados, tendo em vista as falhas de cada um. Então os modelos de certa forma foram “evoluindo” por isso há vários modelos.
E24	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Que há anos tentam aproximá-los da realidade mas poucos conseguem.
E25	Atribuo a diferenciação de séries, cada série tem um grau de aprendizado.	Ao descobrimento de novos modelos.
E26	Com o decorrer do tempo novos estudiosos foram apresentando mais modelos atômicos e assim provando que estavam certos.	Existem vários modelos pois sempre um foi questionando o outro e assim substituindo-os.
E27	Ao meu recordar, seja pelas formas que sendo adquiridas chegando outros modelos.	Que esses diferentes modelos vem surgindo por causa de algumas descobertas que acontecem com o modelo atômico. Assim tentando se aproximar do real.
E28	Existe mais de um modelo devido a diferentes descobertas atribuídas a épocas e pensadores diferentes.	São estabelecidos diferentes modelos pois foram vários os cientistas que se propuseram a estudá-lo em diferentes épocas também. Vale ressaltar que a existência desses diferentes modelos atômicos se estabeleceram de evolução, ou seja, uma teoria partia da análise da anterior.
E29	Em muitos anos de estudos, os cientistas foram se aprofundando a cada vez tentando ampliar seus conhecimentos, formulando novos modelos.	A cada vez mais os cientistas foram se aprofundando, e criando diferentes modelos através de pesquisas e entendimentos.
E30	A tecnologia se aprofundando cada vez mais na ciência.	Cada pesquisador entende o seu modelo atômico por fatos estudados por ele mesmo. Através de suas teorias e dado o seu modelo atômico.

TERCEIRO EIXO: CONCEPÇÕES SOBRE A ESTRUTURA DA MATÉRIA

Questão 8: *A partir da sua formação escolar (das aulas de Química e Física) o que você entende por átomo?*

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	O átomo é a menor partícula que existe, no qual tem um núcleo onde estão os nêutrons e a sua volta giram prótons e elétrons, ambos com carga positiva e negativa respectivamente. Estes não se tocam, ou então se repeliriam. Por isso um elétron está sempre ligado a um próton e vice-versa.	A menor partícula da matéria, indivisível e que forma toda a matéria. Do grego: a-não, tomo-divisível.
E02	Uma pequena partícula de uma matéria, a menor, que compõe toda uma matéria.	É a menor partícula da matéria, composto por núcleo, prótons, elétrons, nêutrons, eletrosfera, camadas eletrônicas.
E03	São partículas de matéria.	É a menor parte da matéria, onde alguns tem elétrons, nêutron, núcleo.
E04	É uma partícula minúscula que sempre pode ser dividida que possui elétrons, prótons.	Pode ser tanto partícula ou massa, varia de cada cientista sua interpretação, e ainda não foi possível vê-lo, é a menor partícula divisível infinitamente.
E05	Átomo é um corpo existente na matéria e que está presente em células como exemplo.	Átomo é um corpo muito pequeno que recebe e dá energia dentro de um sistema por exemplo.
E06	- Indivisível - Possui prótons e elétrons.	- Indivisível - Menor partícula da matéria.
E07	Átomo é uma partícula com diferentes contribuintes nele.	Que o átomo é uma fonte de energia.
E08	É uma partícula que é constituída de prótons, elétrons e nêutrons que formam a matéria.	Átomo é matéria, pode ser constituídos de elétrons e partículas.
E09	Toda matéria é composta de átomos, este é menor das menores coisas que existe, e ele é sempre composto de algo, exemplo: um átomo de hidrogênio.	É algo minúsculo que é essencial para a constituição da matéria.
E10	Uma partícula indivisível, por mais que você tente separar, sempre vai ter mais moléculas.	A – não; TOMO – divisível. Estrutura da matéria, tendo um núcleo e elétrons em volta, orbitando não sabendo ao certo onde estariam, isso foi o mais próximo que chegou a “ciência/física”. Podendo ser partícula ou não.

E11	Átomo é uma partícula.	Átomo é uma partícula que tem núcleo, elétron e nêutron.
E12	É a menor partícula da matéria, cuja formação consiste em um núcleo composto por prótons e nêutrons e ao redor há elétrons em órbita na denominada eletrosfera.	Basicamente até o modelo de Rutherford o átomo não compreende aspectos de ordem física, apenas química, exceto pela lei da atração (Thomson). Desta forma, o que atualmente entende-se por átomo é que consiste em um núcleo com massa em que estão os prótons e nêutrons e em órbita encontram-se os elétrons. Enfim sua composição está ligada a partículas subatômicas. No entanto há ainda a existência de outras como os quarks, por exemplo.
E13	Átomos são partículas pequenas, que representa em átomos positivos, negativos e neutros, tendo também os elétrons e outros.	Átomo é a menor partícula existente, onde alguns cientistas diz ser divisível e outros já diz o contrário, outros falam que o átomo é maciço enfim sempre existe renovação.
E14	É uma matéria que possui núcleo. É maciço. É o que dá forma (composição) as coisas (pessoas), etc.	É o começo de toda matéria, contendo núcleo, elétrons, prótons.
E15	Uma pequena partícula, que compõe a matéria.	Uma pequena partícula divisível que constituiria a matéria, a princípio foi dada como redonda, maciça e indivisível, depois surgiram os elétrons com Thomson, Rutherford mostra a existência de um núcleo e Bohr postula as camadas.
E16	Átomo é vazio e neutro e pode se ligar com alguns átomos que haja cargas dentro.	É uma partícula com carga positiva.
E17	É uma matéria que contém massa e é muito pequena, não se vê a olho nu.	É uma matéria ou massa não visual, que com energia e propriedades.
E18	O átomo é a partícula fundamental da matéria.	Átomo é a menor parte da matéria ou a menor partícula existente. Ele é visto como a partícula fundamental da matéria.
E19	É a menor parte de algo. Tem um grande poder em seu núcleo.	É a parte elementar da matéria, a constituição de tudo, é uma partícula que guarda muitos segredos, alguns já foram em tese descobertos, mas são só aproximações.
E20	É a menor parte que pode ser encontrada resultante de inúmeras divisões da matéria, da simplificação desta.	O átomo é conhecido como a menor parte da matéria, resultante de inúmeras divisões. É a “partícula elementar da matéria”.

E21	Átomo é um elemento composto por elétrons, prótons e nêutrons.	Átomo é uma partícula de prótons e elétrons.
E22	Uma pequena partícula de uma matéria.	É uma partícula muito pequena. Uma porção da matéria.
E23	Que é uma partícula não divisível, mas que se pararmos para pensar ele já dividido pois ele tem um núcleo, e isso já seria uma divisão.	Bom, o átomo é a menor partícula da matéria e está em tudo, nunca foi visto e antigamente era indivisível.
E24	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Átomo é uma partícula de qualquer coisa que tenha massa.
E25	É a força que gera o mundo e a humanidade.	O átomo é o que forma tudo o que nos rodeia e inclusive a nós mesmos.
E26	Átomo é uma matéria maciça divisível.	Átomo é a composição essencial da matéria.
E27	Átomo é uma partícula que toda matéria possui e que mesmo dividindo, ele sempre existirá.	Entendo que ele tem partículas como elétron, prótons (negativas e para ficar neutro é necessário de positivo).
E28	Átomo é um elemento composto por prótons, nêutrons e elétrons, sendo estas partículas positivas, neutras e negativas (respectivamente) que permitem a constituição da matéria.	O átomo vem a ser uma partícula existente, impossível de se ver a olho nu. Este é constituído de partículas positivas, negativas e neutras (prótons, elétrons e nêutron, respectivamente) constituindo assim uma partícula neutra. Ressalta-se que sua constituição vem sendo analisada desde a antiguidade.
E29	São cargas (positivas, negativas, neutro).	Átomos são partículas elementares que contém o neutro, elétron e próton.
E30	É uma matéria que se divide.	Átomo é uma partícula de matéria onde constitui, um núcleo, elétron e próton.

Questão 9: O que você entende por partículas fundamentais da matéria?

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Partículas que estruturam toda a matéria, que são as peças fundamentais do quebra-cabeça da matéria.
E02	Principais partículas, as mais necessárias.	O que é essencial a matéria como um núcleo central.
E03	São partículas que envolve a formação dos átomos.	Elétron, próton, nêutron.
E04	São átomos que compõe a matéria.	São as de base como por exemplo: H, as mais leves.

E05	Em minha opinião é o que dá vida a matéria e a raiz. Sem ela talvez a matéria não teria existência.	Partículas é algo concreto muito mas muito pequeno e que faz parte da matéria.
E06	São as partículas que compõem a matéria, sendo as mais importantes e indispensáveis.	São as partículas que explicam a constituição e a origem da matéria. Como o nome já diz, são fundamentais para o entendimento da mesma.
E07	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Que as partículas fazem parte do átomo, e sem as duas não terá ligação.
E08	São partículas que são de extrema importância para a formação da matéria.	São partículas de extrema importância na constituição do átomo.
E09	Um átomo com seus prótons, elétrons e nêutrons.	Os prótons, nêutrons e elétrons que constituem o átomo.
E10	O átomo.	Estrutura principal, o início, a base do começo, enfim tudo.
E11	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Toda matéria tem sua partícula fundamental. O átomo tem sua partícula fundamental que é o núcleo.
E12	Elementos capazes da construção da matéria, ou seja definem a sua composição.	Algo que impreterivelmente constitui a matéria. Ao longo da história as concepções a respeito do assunto se intensificaram em quantidade significativa. Essas partículas fundamentais em física moderna denominam-se quantum.
E13	Seria a massa, volume...	Seria o estudo das causas naturais do mundo.
E14	São pequenos pedacinhos, onde, sem eles não existiria matéria.	Núcleo, elétrons e prótons (substâncias).
E15	Algo que contribui para a formação da matéria.	Princípio da existência da matéria seria o átomo.
E16	Partículas fundamentais são as partes principais. São as partes que se não tiver ali não existirá nada.	São as partículas que estão presentes em quase todas as coisas, partículas indispensáveis.
E17	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*
E18	Partículas fundamentais são partículas que sejam indispensáveis para a existência da matéria.	São partículas muito importantes para a formação da matéria.
E19	São as partículas que dão origem a matéria eu acho.	Átomo e suas divisões.
E20	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	São as minúsculas partículas responsáveis pela formação da matéria como um todo. Pequenos pedaços que constituem a matéria e são feitos dela conseqüentemente.
E21	São as partículas principais para que a matéria exista.	Partícula fundamental é a que dá origem a matéria.

E22	Algo extremamente necessário para a formação da matéria.	É algo necessário para a constituição da matéria.
E23	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	É o átomo com seus elétrons e prótons.
E24	São as partículas que contribuem para existir um certo objeto.	São elas que contribuem para tal matéria existir, tais partículas formam a matéria.
E25	As partículas formam a matéria, a matéria é formada por partículas as vezes invisíveis quando sozinha mas unindo-se formam um corpo.	Partícula é o começo de tudo, para existir a matéria é preciso ter partículas porque matéria é formada por partículas.
E26	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Partículas são as determinadas matérias do mundo atômico.
E27	Que a matéria necessita dessas partículas para demonstrar do que ela é feita ou algo assim.	Que o átomo possui um núcleo, que a sua volta tem um campo magnético onde está localizado as cargas negativas.
E28	Entendo que são as partículas que sem as quais não existiria matéria, por isso são fundamentais.	Partícula fundamental vem a ser a estrutura fundamental da matéria, parte dela que a constitui como um todo.
E29	Entendo que faz parte do átomo.	É algo muito pequeno.
E30	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Os pedacinhos mais pequenos de um átomo.

Questão 10: [texto a ser lido]

A questão da constituição de todas as coisas, desde as pequenas até as maiores como os astros na abóbada celeste, remete-nos à ideia da elementaridade, das substâncias básicas e daquilo que denominamos *interações fundamentais*. A busca pelo entendimento da estrutura da matéria tem uma longa história. Teve início com os gregos na Antiguidade. Prossegue nos dias de hoje e, presumivelmente, nunca terá fim. Hoje denominamos as substâncias básicas de *partículas elementares*.

Para o autor, a busca pelo entendimento da estrutura da matéria nunca terá fim. Você concorda com esta afirmação? (sim/não). Justifique.

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	Não, a estrutura de uma matéria são átomos. E já foram descobertos e classificados quase todos os átomos.	Sim, mesmo com avançadas tecnologias nunca se pode observar um átomo. A estrutura da matéria pode ser diferente em outros corpos e talvez nem exista ou seja totalmente diferente do que já foi estudado até hoje.

E02	Sim. No decorrer da história sempre haverá uma nova pergunta, cada época vai alterando por um motivo ou outro, mas vale lembrar de que o fundamental desse estudo da estrutura da matéria nunca vai ser alterado as substâncias básicas em si, continuam sendo elas.	Sim. Sempre surgirá novas teorias para definir o que existe na matéria.
E03	Sim, pois a matéria é algo infinito.	Sim, como todos sabemos, esta busca ainda ocorre em nossa vida, muitos estudiosos, ainda estão na busca, com intuito de buscar sempre mais e nos propor mais conhecimento.
E04	Não, pois a ciência está cada vez mais evoluindo e um dia terão total certeza do que é feita a estrutura da matéria.	Sim, pois há certas coisas que a nossa mente não é capaz de perceber (saber) não que elas não existam, quem sabe.
E05	Concordo, pois tantos estudos já tentaram explicar, e não se chegou a uma ideia de certeza, porque este assunto é algo que não consegue explicar, falta argumentos lógicos.	Sim, pois constantemente vem se descobrindo mais e mais coisas, sobre a existência da Terra, do universo como começou e sempre terá algo novo para se descobrir.
E06	Sim. Pode surgir novos questionamentos e novos cientistas que podem provar que a matéria possui outra estrutura.	Sim e acredito que sempre haverá questionamentos a respeito da matéria e novas teorias que podem provar o contrário do que já conhecemos.
E07	Não, por causa de tudo que tem um início tem um fim e com certeza a matéria um dia terá o seu fim.	Não. Tudo que tem começo tem um fim. E não existe nada que não terá um fim.
E08	Sim, pois sempre está surgindo novos estudos, novos métodos para se entender a física. Esse "entendimento" citado acima é contínuo.	Sim, pois sempre estará aparecendo novas teorias e questionamentos sobre.
E09	Sim. Acredito que ainda sejamos leigos com relação ao conhecimento do universo e da vida, ainda há muito o que aprender. Baseado na matéria, constituímos todo, mas acredito que haja coisas além disso.	Sim. Porque para se conhecer a estrutura da matéria precisa-se ver o que se fala e para isso necessita-se de luz e luz é energia, o que faz com que o estado da matéria seja alterado.
E10	Sim, a cada dia aparece coisas novas, inventos e a tecnologia nunca para.	Sim. Por mais que se crie algo, para se provar é difícil e com as mudanças que ocorrem diariamente é extremamente complicado provar algo em que por um longo tempo não se resolveu.
E11	Sim, pois o homem não deve se contentar com o conhecimento que tem ele sempre estará buscando cada vez mais.	Sim, pois tudo muda o átomo já foi conhecido de tantas maneiras e ainda hoje pode mudar e tudo que nós estudamos se perde.

E12	Sim, pois são formadas diferentes concepções a respeito do assunto, e conforme o avanço dos estudos sempre poderão ser formulados novos conceitos. Isso ainda é constante como na antiguidade, em que diversos filósofos incitavam discussões a respeito do elemento fundamental constituinte da matéria (ar, água, fogo, etc).	Sim, visto que ao longo de novas descobertas sempre poderão surgir novos questionamentos. Quanto mais aprofundado o estudo, novas informações passam a ser consideradas. No entanto é importante se considerar as limitações e capacidades de compreensão do ser humano.
E13	Sim. Pois sempre estão em constante evolução e experiências.	Sim. Pois o estudo da matéria não terá fim pois eles sempre estarão em constante continuidade, cada vez em avanço.
E14	Sim, pois sempre surgirão coisas novas, partículas a serem desvendadas.	Sim, pois sempre há alguém que irá desvendar algo novo que poderá substituir o atual. Se isso se dá ao fato de ter começado com os gregos na antiguidade e até hoje se discute o fato sempre haverá mudanças.
E15	Sim, pois são muitas as teorias, o que faz com que tenhamos uma grande evolução não dando fim ao ciclo.	Sim, pois com a evolução das pesquisas novos modelos são construídos no momento que algumas teorias são derrubadas isso faz com que gere um ciclo que não tem fim.
E16	Sim, pois com o passar dos anos podem surgir novas experiências para que surjam novas estruturas.	Sim. Porque as experiências mudam muito e tenho certeza de que descobrirão outras teorias melhores do que as já existentes.
E17	Sim, pois tudo tem um começo para se dar a uma matéria.	Sim, a estrutura da matéria pode definir como algo já existente mas não certo, a incerteza faz parte da nossa opinião assim atendendo os estudos a algo mais concreto.
E18	Sim, pois existem muitas perguntas ou dúvidas sem respostas ou que ainda não tem um sentido claro a nós.	Sim pois ainda não conseguimos nem explicar ou definir um modelo físico do átomo, que é a partícula fundamental da matéria. Então essa busca ainda não terá fim.
E19	Sim, porque o conhecimento independente da área não é infinito, nunca se saberá tudo a respeito de alguma coisa, pois mais que o conhecimento aumente ele nunca será total.	Sim, pois ainda se tem muito para descobrir, muitas coisas que estão ocultas e que ainda precisam de muitas pesquisas para que possam ser aproximadas.
E20	Sim. Os cientistas e físicos sempre buscarão descobrir e aprimorar mais sobre os conhecimentos já existentes.	Sim, porque cada vez mais, os cientistas querem dar uma explicação e se aproximar do real modelo atômico, para, quem sabe, poder explicar de onde vieram todas as coisas e como elas são formuladas.

E21	Concordo, pois com o avanço da tecnologia que surge a cada dia, novas buscas, novas concepções, poderão fazer com que o entendimento da estrutura da matéria se modifique.	Acredito que nunca terá fim, pois novos estudos e experimentos podem surgir. Porém, acredito que nunca teremos uma resposta concreta.
E22	Sim. Pois é uma questão muito ampla.	Sim. Porque é uma questão muito ampla da qual se exige muito estudo algo que não tem fim.
E23	Sim. Apesar da tecnologia que existe hoje e dos estudos avançados eu acredito que se tivesse que ter uma teoria sobre o entendimento da matéria já teria e constituir uma agora seria muito difícil.	Sim. É muito difícil conseguir explicar todo que acontece ao nosso redor, e a estrutura da matéria é algo que prossegue até hoje e mesmo com a nossa tecnologia não foi explicada.
E24	Sim. Pois os cientistas querem sempre mais, saber de onde vem a matéria, as coisas etc.	Sim pois nem tudo o que vemos e tocamos tem uma explicação exata, e requerem muitos anos de estudo para chegarem a uma explicação que chegou perto ao exato, mais exata mesmo é pouco provável.
E25	Sim, porque sempre surgirão dúvidas se foi mesmo do jeito que pensam que foi, por isso sempre estarão procurando novas explicações.	Sim, porque o que se pensa hoje, amanhã pensaremos diferente, sempre surgem novas teorias para explicar o que as pessoas pensam que já sabem e tudo recomeça.
E26	Sim, pois a cada ano que passa novas teorias vão sendo pesquisadas.	Sim, pois ainda há vários conceitos que com as teorias atuais não foram provadas e assim tentam buscar a realidade.
E27	Sim, pois a tecnologia está permitindo que possamos chegar mais próximo das descobertas, ou até mesmo do real.	Sim. Pois a cada relações de pesquisas que acontecem é sempre ocorrida modificações. As vezes totalmente.
E28	Essa é uma questão a ser repensada, pois não há como afirmar que realmente haverá ou não um fim. Apesar que desde a Antiguidade isso é uma questão que vem sendo analisada e estudada, mas como estes estudos assim como os recursos tecnológicos vem se aperfeiçoando cada vez mais, pode ser que ainda seja desvendado o entendimento da estrutura da matéria.	Sim, pois esta é uma questão muito ampla e complexa, pois a exemplo do átomo não há como visualizá-lo e, para tanto seria preciso luz para tal efeito, porém com o uso deste recurso, os elétrons ganham energia saltando de uma órbita para outra não havendo como observá-lo.
E29	Sim. Pois ao longo dos anos vão sendo feitas novas buscas para o aprofundamento da matéria e surgindo novos entendimentos.	Sim. Porque sempre haverá estudos em relação a matéria, e poderá haver novos conceitos sobre o mesmo.

E30	Sim, os estudos estão cada vez mais aperfeiçoados, e assim criara, meios para que não se obtenha o fim da matéria.	Sim como estudamos durante este trimestre, as mudanças apresentadas pelo modelo atômico é uma prova disso os estudos não terão fim estarão sempre se renovando.
-----	--	---

QUARTO EIXO: CONCEPÇÕES ACERCA DA FÍSICA ENQUANTO CIÊNCIA

Questão 11: Você saberia explicar por que a Física Quântica surgiu?

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	Para tentar entender como o universo surgiu e como ele “funciona”, para atender as novas exigências do mundo moderno.	Para explicar o quantum, a menor matéria existente. Para entender os meandros do átomo, explicar o seu funcionamento, a forma e outras características.
E02	Não.	O modelo atômico de Niels Bohr abriu caminho para a física quântica, uma mecânica moderna que tem ponto de partida a incerteza.
E03	Não sei.	Física Quântica surgiu para nos afirmar que significa o quantum, ou seja, é a menor da parte da matéria.
E04	Porque surgiu a necessidade de se aproximadamente ou seja não precisa ver exato a quantidade ou tamanho por isso é aproximadamente não é certo.	Para quantizar algumas coisas que são incertas.
E05	Para se aprofundar em estudos sobre o fenômeno da natureza, como agem, como ocorrem, de quais princípios.	Para quantizar é a quase certeza das coisas ela bate de frente, põe seu conceito e até substitui como exemplo a Física Quântica substitui a teoria do descontínuo pelo contínuo ou seja explicar o porque.
E06	Não.	Surgiu a partir dos questionamentos do qual a física clássica não conseguia explicar, ou seja, o entendimento da realidade.
E07	Não.	Bom que todos os estudos sobre energia e o átomo a energia quântica é que chega mais perto da nossa realidade.
E08	Devido a necessidade de estudar a natureza e seus fenômenos mais detalhadamente.	Surgiu um novo conceito e diferente da física clássica, está relacionada a quantidade.

E09	Acredito que ela tenha surgido através da necessidade de explicar a vida na Terra, e sabendo que somos apenas um entre 6,4 bilhões de indivíduos existentes em um único planeta da galáxia, ter noção de qual é o nosso impacto no Universo. Acho que é isso.	Para explicar ou tentar explicar os pequenos corpos, como o porque eles existem. É uma forma de estudos, o que é o átomo e o que é a menor matéria existente.
E10	Não estudei.	Física quântica → Leis do Átomo. Na minha opinião surgiu como interesse pela busca de resposta, uma física inteiramente dedicada ao átomo e toda suas incertezas.
E11	Para melhorar os conhecimentos do homem.	Surgiu a partir do descobrimento do salto quântico, que é onde o átomo faz um salto de uma camada a outra.
E12	Como forma de melhor caracterizar os fenômenos da natureza, mesmo que contrapondo os conceitos e modelos propostos e aceitos até atualmente. Surge como forma de questionar os conceitos adotados e propor ideias inovadoras que melhorem a concepção instituída ao redor do assunto.	Para complementar os conceitos compreendidos pela Física Clássica, visto que suas explicações se mostraram insuficientes com relação a explicação e descrição da natureza, de suas manifestações, comportamento, etc...
E13	Não sei falar a respeito.	Surgiu para explicar a natureza.
E14	Não sei.	Pela necessidade da explicação para realidade das coisas, sendo ela feita pela teoria.
E15	Não.	A Física Quântica surgiu a partir do momento que teorias lógicas não explicavam a realidade. Bohr introduz a quântica para explicar o que deu errado no modelo de Rutherford onde o elétron se colidiria com o núcleo.
E16	Para melhor descrição de alguns acontecimentos da natureza.	Para suprir algumas falhas que haviam em outras teorias.
E17	Não.	Por falta de certezas, com fim de provar a existência de partículas energizadas com o auxílio de contas e problemas.
E18	No momento não.	A Física Quântica surgiu com a finalidade de ajudar ou melhorar a física clássica, pode-se dizer que surgiu para arrumar os problemas até então sem respostas.
E19	Para aumentar a área de estudo físico e pela necessidade de maior conhecimento pela área que ela ocupa.	Pela necessidade de se explicar alguns fenômenos que não tinham explicação na física clássica. Veio para criar conceitos de inteiros, trabalhos com probabilidades, etc.

E20	Não.	Para poder explicar o mundo das pequenas coisas e o quanto elas são importantes para estudar as coisas que elas constituem como na estruturação do modelo atômico que necessita da física quântica para fazer sentido.
E21	Não, pois não tenho muito conhecimento sobre o que é a Física Quântica. Mas acredito que a Física Quântica é a física que envolve a natureza.	Surge para explicar a física através de quantidade.
E22	Não.	Para determinar quantidade, definindo não as propriedades mas as probabilidades.
E23	Não sei.	A Física Quântica surgiu com o quantum que é a quantidade elementar da matéria, e o quantum serviu para Bohr "arrumar" uma limitação do modelo atômico de Rutherford.
E24	Para saber explicar a existência das coisas e do mundo.	Para estudar sobre árvores, animais, para ajudar a ciência nas suas explicações.
E25	Não.	Surgiu para explicar o inexplicável, nem mesmo quem inventou a Física Quântica entende ela.
E26	Não sei.	A Física Quântica surgiu para explicar o interior do átomo. Ela é o estudo dos átomos.
E27	Não, nem imagino.	A Física Quântica sobre descontinuidade e continuidade, passando aos indivíduos a lei da probabilidade.
E28	Não.	A Física Quântica surgiu devido as limitações apresentadas pela física clássica, pois esta só dava conta de explicar o mundo macroscópico, a velocidade que fosse abaixo da velocidade da luz, entre outras. Já a Física Quântica traz uma proposta mais elaborada a respeito da constituição da realidade, em função de uma teoria atômica.
E29	Não sei.	A Física Quântica surgiu por buscas, e para o entendimento de todas as coisas.
E30	Não.	Para um melhor entendimento da teoria das matérias. Mas esta Física Quântica deixou um entendimento mais complexo.

Questão 12: Os conteúdos de Física vistos ao longo destes dois anos constituem parte integrante da Física Clássica. Você acredita que esta física é capaz de explicar todos os fenômenos do mundo natural (sim/não) Por quê?

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	Não, porque a ciência nunca será totalmente explicada. Há muitos fenômenos ainda não explorados totalmente como a relação espaço-tempo.	Não, porque a partícula fundamental da matéria não foi descoberta, e ela poderia explicar fenômenos complicados de serem descobertos.
E02	Não. Os fenômenos do mundo natural compõe-se de muito mais do que a física clássica.	Não, pois é descontínua e não tem essa capacidade de explicar mais a realidade como a física quântica.
E03	Não, porque alguns fenômenos são mistérios no meu ponto de vista.	Não, porque a física é apenas um apoio para nos ajudar a compreender, mas sempre deixa alguma coisa no ar, pois o mundo natural ainda há muitos mistérios.
E04	Não, pois nem tudo há explicações, vai da crença de cada ser.	Não porque nada e ninguém é capaz de explicar tudo o que acontece.
E05	Não, vários fenômenos ocorrem, várias dúvidas se tem e nem tudo se tem explicação, e se fica a dúvida no ar, que a física não consegue explicar.	Não porque são muitas coisas que não conseguimos entender, e que é quase impossível ter a resposta correta, e ainda assim cientistas vem explicando, mostrando como chegou em tal resultado, mas muitas coisas não terá resposta alguma.
E06	Sim. A partir das fórmulas utilizadas, surge o entendimento dos fenômenos naturais, através do resultado da possível equação.	Não. Depois destas últimas aulas, acredita-se que tais fenômenos só podem ser explicados pela física quântica.
E07	Não. Muitos fenômenos que acontecem nem a física e nem o homem saber por causa do seu motivo. Eles até buscam entender e não conseguem.	Não, pois tem muitos fenômenos que não contém explicação de forma alguma.
E08	Não, devido a falta de tempo não é possível se aprofundar em alguns conteúdos. A física é "divida" em grupos, não é só física clássica.	Não, pois as teorias são muito complexas e sempre aparece mais estudos.
E09	Não. Acredito que existem coisas inexplicáveis ou que pelo menos ainda não foi explicado.	Não, porque não somos conhecedores de tudo e acho que nunca vamos ser.
E10	Não, porque na maioria das teorias os "cientistas, pensadores" se baseavam em fatos, fatos estes que respondem muitas perguntas, mas na verdade quem vai garantir a autenticidade dos fatos.	Todos os fenômenos não. Acredito que abrange muita coisa, muitos fatos em que cálculos estão presentes fica fácil, mas há partes que a dúvida que não pode ser respondida tudo complica.

E11	Não, pois tudo está mudando e evoluindo existem coisas que a física clássica não é capaz de explicar.	Não, pois muitas coisas a física clássica deixa a desejar aí entra a física quântica para explicar.
E12	Ainda não, mas é possível que no decorrer dos estudos passam ser comprovadas grande parte das teorias formuladas e ainda em construção. Isso se deve à possibilidade de aprofundamento a respeito do assunto, inclusive dos recursos a serem utilizados nesse processo.	Não. É a partir daí que a Física Moderna tem seu marco inicial. Surge com a intenção de suprir tais defasagens não compreendidas pela Física Clássica.
E13	Não. Pois existem outros estudos aprofundados para explicar a física natural.	Não. Pois há outras formas de física e assim há várias explicações para compreender os fenômenos da natureza.
E14	Não, pois sabemos que existem outros tipos de física, outras explicações, maneiras de entender.	Na teoria sim, na prática há coisas que jamais iremos desvendar como o fato da força gravitacional.
E15	Não, porque é muito vasto o campo da pesquisa e não haveria respostas para todas as perguntas.	Não pois se isso ocorresse não haveriam mais pesquisas.
E16	Não, pois nem todos os fenômenos tem explicação na física.	Sim, porque ela é composta através de pesquisas da nossa própria realidade.
E17	Sim, com algumas limitações eu acredito que grande parte dos fenômenos naturais sejam explicados.	Com uma incerteza, alguns fenômenos podem ser explicados.
E18	Não, acredito que a Física apenas dá uma suposição palpável a nós.	Não, ela dá uma “luz, cabe a cada um aceitar aquilo que vê.
E19	Não, nem toda teoria explicaria na íntegra o que realmente é esse “mundo natural”. Existem várias coisas que fogem do nosso domínio e da nossa capacidade de compreensão.	Não, porque agora sabemos que a física clássica possui algumas falhas que são corrigidas pela sua evolução “quântica”.
E20	Todos não mas muitos podem ser explicados pelas leis da Física, que buscam desvendar as causas e consequências dos fenômenos naturais.	Não. Porque ela não explica a estruturação do átomo que faz parte do mundo natural. Mas a física nos ajuda a entender muitas coisas ao nosso redor.
E21	Não, pois senão não haveria a Física Quântica, que trata sobre os fenômenos da natureza.	Não é capaz, e foi por esse motivo que surgiu a criação da física quântica.
E22	Sim. Porque é explicado os fenômenos de uma forma mais fácil de ser entendida e não de uma forma complexa.	Não. Pois para a Física Clássica há uma única representação o qual não é capaz de explicar todos os fenômenos do mundo natural.
E23	Sim. Porque diante de todos os conteúdos que estudamos até agora, conseguimos explicar vários acontecimentos normais de nosso cotidiano.	Não. A alma é um exemplo de “fenômeno” no qual a física clássica não consegue explicar.

E24	Não, porque nem tudo se pode explicar, há coisas que foram criadas que até hoje não se sabe o certo como e quando.	Não. Porque existe coisas que é inexplicável, mesmo que algum tente explicar não chegará a exata conclusão e sim mais próximo da conclusão exata.
E25	Não, porque depende do ponto de vista de cada um.	Não acredito, porque não tem como explicar o que não se vê.
E26	Acredito que não, pois a física é uma matéria que abrange muitos aspectos.	Acredito que não, pois só com a física clássica não podemos ao certo descrever a verdadeira realidade, pois há várias teorias que não se aplica com determinadas matérias.
E27	Não sei dizer se todos. Mas acredito a grande parte, pois temos base de onde procurar ou ver porque teve aquele acontecimento.	Não. Porque ela está tentando colocar o que acontecem ao nosso mundo natural, consegue explicações para boa parte desses fenômenos mas nem todos tentam sair da crença.
E28	Sim, pois foram abordadas diversas teorias explicativas a respeito do mundo natural, que permitem seu entendimento assim como os fenômenos que o permeiam.	Não, pois esta apresenta limitações (se restringe ao mundo macroscópico, estuda a velocidade que seja abaixo da velocidade da luz) surgindo assim a física quântica.
E29	Ao mesmo tempo sim e não. Pois são muitos os fenômenos que a física é capaz de explicar, mas nem sempre de uma forma tão clara.	Não.
E30	Não, o mundo está cada dia se modificando, se alternando a ação do homem e isso se acarreta em fenômenos que não se enquadra na física clássica.	Não, porque a cada dia que passa a natureza se revela para o homem de maneiras diferentes, e a física não está assim tão rápida para explicar todos os fenômenos isso leva tempo.

Questão 13: *Com o surgimento da Física Quântica, a descrição da natureza se mostrou mais complexa do que aquela representada pela Física Clássica. Tal fato se deve a que?*

Aluno	Questionário Inicial	Questionário Final
E01	A novas descobertas, a estudos mais profundos, pela inconformação de alguns cientistas que não aceitaram as teorias antigas.	A natureza até então era entendida como contínua, com seu ritmo e interações entre partículas que explicaria tudo. A Física Quântica mostrou que tempo e espaço são relativos, há uma descontinuidade no tempo e que há campos de interação que explicaria o comportamento dos corpos.

E02	Aos novos estudos que incluíram na Física Quântica as novas teorias da natureza.	A <u>incerteza</u> de que toda a teoria que já sabemos. A Física Quântica mostra essa incerteza das coisas por isso torna muito mais complexa.
E03	Não sei.	Se descreve através de seus critérios pois como já sabemos significa a menor parte da matéria.
E04	Porque a clássica se prende a valores, números certos precisos, já a quântica é com aproximações resultados aproximados.	A uma necessidade de quantizar as coisas.
E05	A física quântica dá argumentos é muito complexa e tenta esclarecer muitos fatos e a física clássica esclarece através de cálculos como se chega ao resultado de algo que se tem dúvidas.	A Física Quântica dá muitas certezas e se deve a explicar os fatos como ocorrem porque acontece a Física Quântica dá essas respostas.
E06	A questionamentos que provem ao contrário das ideias utilizadas anteriormente.	Com a Física Quântica houve novas descobertas e novos questionamentos, provando que a realidade era um pouco diferente do que a física clássica dizia.
E07	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Sim, pois teve mais clareza em algumas dúvidas que tive durante o ano.
E08	Deve-se a forma em que se relata a física. Por uma ser mais detalhada que a outra.	Submete-se no fato de que tudo ser incerto, a Física Quântica tenta mostrar que nem tudo é o que parece ser.
E09	Nos foi abordado a tamanha influência que fazemos sobre o mundo e o quão “realmente” somos importantes para a sobrevivência da terra, nos colocando no nosso devido lugar (somos inúteis).	A física clássica explicava o mundo real o visível o mundo material e a quântica explica o que sabemos que existe mas não sabemos o que é.
E10	Não sei.	Pela incerteza, na física clássica as teorias podem ser comprovadas com cálculos, mas na quântica tudo é incerto não tem como provar, mesmo com a tecnologia que se tem hoje.
E11	Não sei.	Na física clássica se aceitava tudo não se questionava, os cientistas começaram a questionar e buscar entender a partir da física quântica.

E12	A reformulação dos conceitos. Um exemplo disso é o conceito de luz, que de onda adquiriu o caráter de matéria segundo novas concepções advindas dessas novas teorias.	Deve-se ao fato da explicação de não apenas do que se constitui a matéria, mas saber distinguir a forma como se comporta para a construção de tal. Agora o átomo não é apenas a menor partícula da matéria, pois a partir de então passa-se a considerar a existência de partículas subatômicas além é claro a existência de explicações como a descontinuidade ou a incerteza dos fatos.
E13	Não sei.	A Física quântica explica a probabilidade, continuidade, descontinuidade.
E14	Aos estudos da física quântica serem voltados na maioria para a natureza, mais complexos.	Pois a Física Quântica trata de coisas como números contínuos e descontínuos e principalmente porque usamos mais os descontínuos números inteiros.
E15	Na física clássica as respostas eram mais objetivas por não haver tanta pesquisa na área.	Não são mais descartados argumentos o que gera o princípio da incerteza o que só tende complementar sem ser nada descartado.
E16	Não sei.	Não ela se tornou mais fácil.
E17	Pelo fato de envolver tudo que nos rodeia.	O átomo contém energia, e ela não pode circular sobre o átomo, se faria uma explosão e a Física Quântica vem explicando isso e descartando o pudim de ameixas.
E18	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	Pela forma diferente da Física Quântica ver o mundo digamos que agora temos uma visão microscópica e uma macroscópica.
E19	O trabalho feito focado nessa área talvez, uma maior atenção em explicar os fenômenos deste fator.	Ao aprofundamento dos estudos, a necessidade de entender todos os elementos e explica-los com a "quântica".
E20	Não sei.	Se deve ao fato de que a Física Quântica estuda a matéria a partir da teoria do "quantum elementar", da menor partícula da matéria.
E21	Se deve ao fato de estudos específicos e detalhados.	Se deve a estudos específicos, que puderam ser vista pelo estudo da menor quantidade.

E22	Acredito que se deva ao aprofundamento do estudo da Física partindo para um estudo mais complexo da mesma.	Ao surgimento de probabilidade onde, na física clássica o modelo era definido de determinada forma, onde também não poderia ser modificado. Já com o surgimento da Física Quântica surgiram comprovações de que tal modelo poderia sofrer modificações.
E23	Não sei.	A Física Quântica expõe muitas possibilidades e questões que não eram feitas na física clássica.
E24	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*	A explicar melhor os fenômenos da natureza e aumentar suas probabilidades.
E25	Se deve a necessidade de explicar o que para muitos é inexplicável.	Se deve ao fato de querer explicar com palavras o que são apenas suposições.
E26	Não sei.	Com a Física Quântica foram entrando vários conceitos incertos, esse fato se deve a incerteza, onde os fatos tem várias probabilidade e as vezes não sabemos descrever se é certo.
E27	Não sei.	As descrições da natureza e como ela é observada, e de tal maneira definidas. Acredito que se deva ao provável, ou ao surgimento da probabilidade.
E28	Este fato pode ser dado através de estudos mais aprofundados, diante a descrição da natureza, um aperfeiçoamento deste que permite uma maior complexidade para seu entendimento.	Se deve a maior complexidade que seus estudos abrangem a respeito da estrutura da matéria, mostrando que esta apresenta dualidade quanto a seu comportamento.
E29	Não sei.	*DEIXOU EM BRANCO A QUESTÃO*
E30	Não sei.	Por ela não chegar a um ponto final, por ela demonstrar que há uma continuidade a mais nas matérias.

ANEXO 11 – DIÁRIOS DE BORDO DAS ESTUDANTES

D01:

A aula me fez ter a ideia de uma representação do real, o fato do modelo é algo material, mas não chega a ideia de algo concreto, pois lvo. em várias coisas que nos leva a imaginar, com a dinâmica do modelo, nos levou a uma descrição de algo, que passamos a sentir e entender, mas não chegamos ao certo o estado dentro do modelo.

A ideia de um modelo é algo complexo, podemos chegar a uma ideia, mais não podemos dizer que aquilo é concreto, mais não chegar muito próximo da realidade. O modelo deve ser muito concreto, a chegar a um modelo usado como exemplo de realidade, pois com a dinâmica mostrou que não é simples, por vários aspectos, não se pode ter nada sem o trabalho da realidade e o imaginário.

Todos alunos se esforçaram, procuram descrever tudo o que se passou por suas cabeças, mais o sentido da imaginação foi mais forte, e a descrição no final foi grande.

D02:

O presente texto diz respeito a aula número 2 da disciplina de Física, realizada no dia 09/11/2011, destinada aos alunos da 4ª série A, do Curso Formação de Docentes.

A aula teve início com a retomada da explicação de processo pelo qual serão realizadas as aulas de física até o encerramento de ano letivo de 2011, sendo esta uma proposta diferenciada, que contará a participação efetiva de todos os alunos para um bom encaminhamento e rendimento das mesmas.

Em seguida, partiu-se para o conteúdo central da presente aula "O modelo como representação do real", que se iniciou com um diálogo entre o professor e os alunos, para que se identificasse qual a visão deste sobre o que vem a ser um modelo da realidade. A princípio a turma ficou um pouco apressada ao responder, mas após uma retomada/rescapitulação, feita pelo professor, da mesma questão, houve a participação da grande maioria no debate.

O que tornou a aula ainda mais interessante foi a atividade prática seguinte realizada por meio da divisão da sala em quatro grandes grupos. Cada grupo recebeu uma caixa lacrada, e dentro de cada uma delas, poderia ou não haver algum tipo de objeto. E sem poder ser estratégico e sem mesmo saber o grupo correspondente, deveria através

da movimentação da caixa tentar formular um modelo do objeto que estava ali dentro, especificando suas características, propriedades, formato e assim por diante.

Considerando que eram quatro grupos no entanto, quatro caixas, todos os grupos tiveram que se falar através de um radiotelefone.

Através desta atividade, os alunos puderam ter a noção de como um modelo muitas vezes não representa plenamente a realidade, pois se deram conta que acreditavam ver o objeto (o modelo deste), foram poucos os que se aproximaram do que realmente eram estes objetos lacrados. Esta descrição foi feita em uma folha distribuída pelo professor.

Por fim, a aula foi finalizada com a exposição dos objetos que cada caixa possuía feita por cada um dos grupos, o que possibilitou além da interação entre os alunos, uma visão diferenciada de uma aula de física, distante do tradicionalismo. E assim uma melhor compreensão sobre o que se trata a representação da realidade através de um modelo.

D03:

No dia nove de novembro de dois mil e onze foi assistido a primeira aula de física referente à física quântica. O tema a ser abordado foi modelo.

Um modelo é algo que se aproxima do real e é tomado como um padrão para tal assunto, como por exemplo o modelo atômico. A princípio isto é muito útil no dia-a-dia, criando forma àquilo que não é visto. No entanto deve ser lembrado que modelos podem não passar de "suposições", ou seja, a forma ou tamanho não são precisamente identificados. Para entender melhor este assunto, foi feita uma dinâmica, na qual foi dividido em quatro grupos os alunos em sala de aula. Cada grupo recebeu uma embalagem verde nela estava um objeto e em seguida os grupos analisaram o restante das embalagens. Os grupos discutiam o que poderia estar nas embalagens, a partir de audição

e tato. Partindo da reunião das conclusões tiradas com as sensações, foi feita uma aproximação do objeto que nele estava, fazendo um modelo. Retirados os objetos das embalagens observou-se que muitos modelos estavam errados, principalmente por suas formas. Sem dúvida foi repensado sobre as teorias, modelos e assuntos que a ciência aborda.

Esta aula foi muito construtiva no sentido de se questionar o que normalmente é aceito em sala de aula. Não se pretende com isso dizer que a ciência foge à realidade, mas que é preciso refletir. Em primeiro lugar a ciência é construída a partir disso, de perguntas mal suspostas.

D04:

O presente relatório refere-se à aula de Física do dia 09-11-2011, cujo conteúdo trabalhado foi o conceito de modelo.

Primeiramente o professor perguntou o que os alunos caracterizavam como modelo, e se esse descrevia fielmente a realidade. Após alguns comentários e opiniões deu-se início a uma dinâmica.

A sala foi dividida em quatro grandes grupos. Cada grupo recebeu uma caixa fechada e embrulhada onde havia um objeto distinto dos demais, baseado no peso, som e movimento deveriam extrair um modelo deste objeto.

① Durante a execução da experiência a turma se mostrou bastante eufórica e ansiosa para representar o que havia no interior das caixas. Após ter sido revelado, houve muita decepção na sala, pois mesmo algumas pessoas se aproximando do modelo, muitos não chegaram nem perto.

Com base nisso conclui-se que a aula foi de extremo proveito, pois a informação que o professor quis transmitir, deu-se de forma que possibilitou a compreensão e a constatação de que "um modelo não é 100% a representação do real", por isso a cada descoberta o "modelo" sofre uma variação.

D05:

O presente texto reflete-se a aula de física de dia dez de novembro de dois mil e onze, que teve a redefinição de modelos que é a representação do real, como uma tentativa de aproximação. Depois disso o professor deu um texto para os alunos fazerem a ditura, "De atomismo à teoria de Dalton" que é um texto que trata de vários pontos da física.

Enquanto o professor falava, algumas palavras começaram a idar e a não ser o conteúdo em alguns momentos era mais construtivo.

Os alunos achavam que a água, o ar e algo indeterminado foi algum tempo depois os quatro elementos passaram a ser a água, ar, fogo e terra.

Na minha opinião a metodologia mais dinâmica da aula de dia nove de onze de dois mil e onze, foi melhor e mais fácil de ser compreendida, por ter como base a prática e usou um pouco de teoria.

Conclui-se que a aula foi bem interessante, apesar de ter muito conteúdo e não ter prática e alguns alunos não respeitaram a aula.

D06:

Este presente texto tem por finalidade relatar a aula de Física do dia dez de novembro de dois mil e onze aos alunos do 4^a ano A, formação de docentes com o professor Tiago.

Inicio desta aula foi um pouco tumultuada pois a professora da aula anterior acabou usando alguns minutos da mesma, logo que terminou começou a aula de física.

O professor deu início, abordando a dinâmica feita na aula anterior e pediu com que os alunos entregassem uma atividade, que fosse realizada na aula passada com perguntas para casa. Após isso, o professor começou a falar, sobre Modelo, e pelo que eu entendi, isso seria uma representação do real, seria algo que sabemos que existe e para se ter uma noção cria-se um "modelo", um exemplo seria o DNA, ninguém nunca viu mas sabemos que é um "espiral" com pontes específicas. Mas nem sempre se é fácil fazer um modelo de algo, não é simples.

Aproximadamente vinte minutos de aula o professor entregou um texto informativo e nos deu quinze minutos para leitura. O texto se baseava na ideia da composição da matéria.

Terma início com a introdução a filosofia, passando para os filósofos que criaram várias teorias com várias hipóteses de surgimento do universo. Acredito que só houve este interesse pelo surgimento da vida para que a Religião fosse tirada como verdade absoluta.

No fim do texto Dalton era o destaque com a teoria do Átomo e as leis empíricas.

Conclui-se que a aula foi produtiva, tendo em alguns momentos muita conversa e até mesmo pessoas dormindo mencionando o desinteresse e desrespeito com o professor e os colegas.

D07:

No aula de Física realizada no dia dez do onze de dois mil e oito, o assunto debatido em sala foi Ciências/Modelos, no qual o objetivo era trazer um maior entendimento sobre o que são modelos.

No desenvolvimento de aula o professor conseguiu, de uma maneira aceitável, explicar o que são modelos; que nada mais é do que uma tentativa de representar o real ou uma aproximação do real.

Nesse momento de explicação, notava-se em algumas alunos um certo desinteresse com o assunto em questão, pois em vários momentos dava pra perceber assuntos distintos de aula.

Após a explicação do que era um modelo, foi passado um texto para os alunos fazerem uma leitura silenciosa. Nesse momento de aula era notório o desinteresse de vários alunos, pois no momento que era para ser realizada a leitura algumas alunos dormiram.

O texto passado se tratava de uma narrativa informativa sobre como chegamos a um determinado modelo ato-

mico. No texto foi citado os primeiros filósofos gregos que se depararam com a questão de todas as coisas serem constituídas de uma substância básica. Após o questionamento dessa questão começou a surgir várias teorias a respeito do mesmo.

Após várias discussões e mudanças, foi criada uma teoria, a teoria Atômica de Matéria, que no começo se quiz os pedacinhos gregos. Ela só foi sofrer alterações no séc. XIX por John Dalton que finalmente conseguiu reunir evidências seguras para estabelecer a Teoria Atômica de Matéria.

Com o fim da leitura, iniciou-se uma discussão sobre os assuntos debatidos no texto.

D08:

No dia dez de novembro de dois mil e onze, foi realizada a aula de número três com o orientador Tiago, cujo tema central foi a especulação teórica da disciplina de Física.

O professor regente, aplicou uma aula tradicional, dando continuidade para discussão sobre "modelos" e uma introdução a respeito da composição da matéria. Houve tempo determinado para a leitura de um texto histórico e informativo, no qual se encaixa em filosofia. Explicação breve do professor em relação ao conteúdo, devido ao tempo da aula e atividade para próxima aula.

Em relação ao comportamento da turma, estava calma, porém conversas paralelas durante a leitura e a explicação do professor. Alunos supostamente cansados, pois estavam ditados em suas devidas cadeiras. Havia uma má formação nas filas (não estavam alinhadas). O ambiente estava agradável pois nenhum barulho em volta da sala estava incomodando.

Observou-se que devido a alguns não leram o texto "Do atomismo à teoria de Dalton" lido pelo professor, o que implica na aprendizagem de cada um deles em relação

ao conteúdo.

Acredita-se que foi uma aula agradável, diferente das outras dadas pelo professor, inovando assim para que a aprendizagem ocorra como planejado.

Conclui-se, portanto que através das explicações dadas em sala de aula, ocorreu o processo ensino aprendizagem de cada integrante em níveis básicos de Física. Explicações das coisas de nosso cotidiano, sendo realidade ou não o que nos tentam provar, a ciência ^(teorias) se modifica ao passar dos tempos.

D09:

O presente relatório refere-se a aula do dia dezesseis de novembro de Dois mil e onze, com o professor Tiago na sala do 4º ano de Formação de Docentes estava presente em sala somente meninas.

A aula se iniciou quinze minutos atrasada por motivos da eleição de Diretores.

O professor começou sua aula com um questionamento sobre o surgimento do átomo e o porquê da sua existência.

O descobrimento da matéria se iniciou a duzentos anos atrás. A partir do século XVIII surgiu a química que vem a estudar a combinação e a física vem a estudar as propriedades.

Dalton dizia que o menor átomo era o de hidrogênio. Só que em 1896 Thomson viu mostrar com seus estudos que o átomo era divisível e constituído por partículas negativas dando o nome de elétrons.

Para um melhor entendimento sobre este assunto o professor passou um vídeo de como o

Thomson chegou a distinguir o átomo como um "bolo de passas".

Só que no final do século XIX Rutherford fez a descoberta do próton e "desmorbou" a ideia de Thomson.

A sala estava durante toda a explicação do conteúdo em silêncio, um número reduzido de alunas entre elas duas estavam dormindo, tirando isso a aula foi bem aproveitada durante o tempo da explicação.

D10:

O presente relatório refere-se a aula de física com o professor Tiago realizada no dia dezesseis de novembro de dois mil e onze com o quarto ano de formação docente.

A aula teve início duas e cinco, com quinze minutos de atraso devido a interrupção da direção.

Em seguida o professor perguntou a turma porque surgiu o átomo e qual a sua importância. A turma ficou um pouco confusa pois ninguém sabia explicar, mas para todos entenderem melhor essa questão foi passado alguns slides para a turma.

O professor voltou a aula passada na atividade das coxinchas para poder explicar que o modelo é algo que não podemos ver e sim se aproximar do real. Até então era pouco que estavam entendendo a aula, pois haviam duas alunas dormindo e também muitas alunas dispersas.

No decorrer da aula o professor ao explicar os slides disse que a descoberta da matéria teve início a duzentos anos atrás. Explicou também que a palavra átomo significa não divisível.

No século XVIII surgiu a química que explica as combinações e a física as propriedades. Mas só em mil e oitocentas e dez que passamos a entender que a matéria é formada por átomos.

Cumta com a explicação dos slides o professor explicou para todos que Dalton acreditava que o menor átomo era o de hidrogênio. O químico do século XIX só sabia que o átomo era uma bolinha maciça.

Em 1896 Thomson construiu um dispositivo parecido com a lâmpada fluorescente para explicar que o menor átomo não é o de hidrogênio, pois o componente que existia na lâmpada era 1860 vezes menor que o átomo de hidrogênio. A partir daí começa a explicação física para o átomo pois através da descoberta de Thomson o átomo passa a ser divisível com partículas de carga negativa chamadas corpúsculos ou melhor elétrons. Em seguida foi passado um vídeo para entendermos melhor a história de como surgiu o elétron.

Conclui-se que a aula foi bastante teórica com muitas informações importantes mas nem todos se concentraram para entender. Mas apesar de tudo foi uma aula muito importante para aprimorar nossos conhecimentos sobre o átomo.

D11:

modelo Atômico

A nossa aula começou às 14:05 hr, sendo que o horário normal de início seria às 13:50 hr.

A aula teve início com uma retomada dos conceitos de modelos, citando a modelagem. Um texto de Rubem Alves sobre Realidade mostrando que os palpites, as diferentes opiniões, é o que faz com que a Física e as outras áreas também. e isso surge com uma boa argumentação, novos modelos e formas de compreensão de que não se vê.

Nos foi mostrado que a diferença entre Química e Física é basicamente o fato da Química se preocupar com a combinação de elementos e a Física se ocupa das propriedades.

Mostramos através dessa aula que realmente os modelos vão se transformando, não é uma verdade absoluta ela se modifica conforme as pesquisas mais profundas com base dos modelos já criados.

Conclui-se que da parte da turma a aula

foi muito boa, aprendemos bastante e, nos podemos realmente compreender o conceito de MODELAGEM. teve colaboração da turma mais a interrupção de 15m de nossa aula de fato atrapalhou e não podemos ler um texto que o professor havia preparado.

D12:

Aos dezesseis dias do mês de novembro de dois mil e onze, a aula de Física com o Professor Tiago, ocorreu da seguinte forma:

O professor relembrou a aula anterior, falando um pouco, sobre o modelo atômico de Thomson. Em seguida, analisou junto com a turma, que se mostrou atenta e interessada, o modelo atômico de Rutherford.

A aula despertou o interesse e a curiosidade de muitos alunos, pois levou-os a refletir se mais tarde virá alguém a descobrir mais sobre o átomo e todo o conhecimento apurado até o momento sua "perdido" em vão.

Para o desenvolvimento da aula foram utilizados slides e vídeos, e o professor solicitou a leitura de um texto em casa.

D13:

O presente relatório visa descrever o conteúdo da aula de Física Moderna, aplicada no dia 17 de novembro de 2011.

A julgar pelo horário de início da aula, sucedeu com pontualidade, conforme cronograma. Com relação ao comportamento e interesse dos alunos (em relação) na aula observou-se certa calma e aparente interatividade, pressupondo certa curiosidade sobre o assunto.

A aula foi iniciada retomando conceitos abordados na aula anterior, cuja temática consistiu na análise dos modelos atômicos propostos por Thomson, destacando a descoberta dos denominados "corpúsculos negativos", convenientemente distribuídos no átomo e a sua negligência com relação à existência do próton. Foi mencionada também a teoria atômica de Dalton, contrapondo-a ao modelo proposto por Thomson, priorizando a evolução das descobertas com relação à configuração do átomo.

A partir de então introduziu-se a discussão a respeito dos modelos atômicos propostos por Rutherford, sendo este o tema central da aula. Segundo explicações o modelo foi formulado com base em um experimento realizado pelo físico

Ernest Rutherford, denominado "Modelo planetário". Conforme sua teoria, o átomo teria um núcleo positivo, e ao seu redor, em órbitas a uma altíssima velocidade estariam os elétrons (partículas de carga negativa), num local chamado "Eletrosfera". No entanto, essa afirmação só foi absorvida após uma breve ex-

pliação sobre radioatividade, a fim de melhor explicar o experimento realizado pelo físico, explanando sobre como é calculada a intensidade da radiação (através de um vídeo), e utilizando slides definiu as radiações alfa (α), beta (β) e gama (γ). Para encerrar sua explicação sobre o experimento, mostrou o vídeo, demonstrando as emissões radioativas na fina lâmina de ouro colocada de forma proporcional à frente de uma placa de propriedade fluorescente, com a finalidade de descrever a trajetória da radiação. A partir disso, concluiu que a maioria das partículas atravessa a folha sem desviar, e portanto os átomos eram estruturas praticamente vazias e não esferas maciças, exceto pelo minúsculo núcleo.

Conclui-se, que o conteúdo da aula foi adequadamente abordado, promovendo o entendimento do assunto. A aula decorreu de forma clara e objetiva, e os tópicos que compõem o assunto foram bem explanados. Desta forma, é possível concluir também a importância de conhecer sobre o assunto, visto que, o modelo de Rutherford traduz um avanço com relação aos modelos propostos antes por Dalton e Thomson e serviu de base para a formulação do modelo atômico atualmente. Observa-se desta forma, significativa contribuição do físico para o progresso da configuração de um modelo atômico capaz de representar o mais próximo possível do real a composição da matéria.

D14:

O presente relato diz respeito a aula de física do dia dezesseis de novembro, na referida aula o conteúdo tratado foi sobre o modelo atômico planetário de Rutherford.

Antes da aula houve alguns tumultos dos alunos ao saber que não teria a seguinte aula para ter continuação de um projeto que tomaria o tempo do conteúdo desse dia, depois de algumas conversas com a pedagogia a solução foi voltar à sala para ter as aulas como programada, sem atrapalhar a sequência desse conteúdo.

Depois disso, a aula se iniciou tranquilamente, o professor como de costume relembrou as últimas aulas mostrando o modelo atômico de Dalton, de Thomson e apresentando nessa, o de Rutherford.

Além de alguns alunos despersos e até dormindo, os que estavam prestando atenção interagem e perguntavam. Em um momento há um questionamento em sala sobre a substituição dos modelos atômicos, pois hoje aprendemos uma teoria que é aceitável, mas amanhã essa teoria pode ser substituído por um novo modelo.

Portanto, observou-se que os alunos por interagir na

aula puderam absorver o conteúdo, surgindo algumas dúvidas no assunto da radioatividade por ser só pincelado durante a aula, mas mesmo assim chegou a criar que alcançou o objetivo final que era entender o modelo atômico de Rutherford, que já por ser conhecido não houve dificuldades em sua explicação.

D15:

O presente relatório refere-se à aula dada no dia dezeto de novembro de dois mil e onze.

Nesta aula o professor começou a aula falando sobre "física quântica" onde nem de água, onde apenas uma aula conseguiu chegar nesta resposta. Em seguida ele pediu para a turma se dividir em duplas para interpretar o texto entregue através das perguntas propostas, toda a turma foi bem participativa, todos trabalharam em busca das respostas.

Após no final da aula começou um debate entre a turma e o professor colocando as respostas, e sendo o que estava certo e errado e em seguida ele pediu para ser entregue a folhas com as respostas.

Enfim foi uma aula bem produtiva e nem vi o tempo passar pois o assunto que chamou atenção de todos.

D16:

O presente relatório trata-se da aula de Física ocorrida no dia dezeto de novembro de dois mil e onze, no Colégio Estadual [REDACTED] com o professor Thiago.

A aula foi iniciada às onze horas e cinquenta e quatro minutos. O professor iniciou a aula questionando sobre o que seria a Física Quântica, alguns alunos responderam coisas as qual pediram ser.

O professor depois da discussão, pediu então, para que os alunos sentassem-se em duplas ou trios, e entregou a todos os grupos o texto "Continuidade - discontinuidade", um texto didático e de fácil interpretação.

Após a leitura do texto, foram respondidas quatro questões relacionadas que estavam ao final do texto.

Antes que o professor corrigisse as questões com a turma, ele explicou a diferença sobre a grandeza contínua e a grandeza descontínua. Ao explicar a diferença entre as grandezas ele corrigiu uma das questões.

Para finalizar a aula o professor nos explicou que nós já aplicaríamos o quantum, porém não sabíamos.

Conclui-se que a aula foi bem produtiva, os alunos

participaram respondendo à todos as questões, tendo interesse de alguns alunos que no início da aula estavam discutindo sobre outros temas ocasionando um pequeno tumulto.

D17:

O texto a seguir refere-se a aula apresentada no dia dezito de novembro de dois mil e onze no qual o professor iniciou a aula às 13:54h.

A aula começou e o professor perguntou o que é física quântica. Nenhum dos alunos soube responder corretamente à pergunta. Então o professor pediu para que a turma se dividisse em duplas ou trios, entregou um fragmento, o tema era continuidade e descontinuidade, no qual tivemos que ler e responder a quatro questões.

A turma estava bastante atenta e produtiva, apesar de ter achado o texto um pouco complicado.

Após esse processo, o professor explicou o texto e o tema. A aula terminou às 14:43 com a definição de "quantum".

D18:

O presente relatório refere-se a 6ª aula de física, no Colégio Estadual [REDACTED], no dia dezito de novembro de dois mil e onze, com orientação do Professor Tiago.

Na aula referida o professor orientou a turma para ser feita duplas ou trios, distribuiu um texto com o tema: "Continuidade e Descontinuidade", havendo quatro questões para serem respondidas de acordo com a interpretação de cada aluno, e o mesmo foi feito em folha separada para ser entregue e foi dado um tempo estipulado para esta atividade.

Após o professor explicou o significado de algumas palavras, dando vários exemplos, que até então estava difícil de compreender, mas no meu ver parece que a maioria dos alunos obtiveram (e) um bom entendimento.

A turma estava participativa e a aula rendeu bastante.

D19:

A aula que vou relatar é do dia 21 de novembro de 2011, que deu início às 13:10 e terminou às 13:50, aplicada no Colégio Estadual [REDACTED] como professor Thia.

O professor iniciou a aula lembrando alguns pontos importantes da aula passada. Em seguida, apresentou um vídeo, onde explicou sobre a teoria contínua, física quântica e descobertas. Um ponto importante que o vídeo mostrou foi o experimento de Einstein, o "chamado efeito fotoelétrico".

O professor explicou o vídeo, e passou dois exercícios relacionados, para resolver em sala, ele ajudou a fazer o 1º exercício e o 2º ele deixou os alunos resolverem.

Os alunos no início da aula estavam agitados, mas conforme o decorrer eles ficaram calmos e mostraram estar prestando atenção, a sala tinha poucos alunos.

No meu ponto de vista a aula foi muito importante, pois nos esclareceu a existência da luz e de vários acontecimentos importantes.

D20:

A aula começou um pouco tumultuada, demorou para a turma se acalmar, somente quando o professor iniciou a retomada da aula anterior que a turma se acalmou.

O professor Sérgio citou alguns exemplos sobre continuidade e descontinuidade. Em seguida, passou um vídeo de aproximadamente vinte minutos sobre a teoria quântica, luz, quantum e átomo.

Após o decorrer do vídeo a turma se acalmou tanto que até a [REDACTED], a [REDACTED], entre outras, estavam dizendo um cochilo (dormindo) e outras pessoas estavam praticamente "fazendo" (dormindo sentada e de olhos "abertos").

Após o término do vídeo o professor começou sua explicação sobre: quantização de energia, modelos matemáticos.

É para finalizar realizamos dois exercícios. Foi sua aula por um milagre não foi tão interrompida como nas aulas anteriores.

D21:

Os vinte e um dias do mês de Novembro de dois mil e onze durante a aula do Professor João foi passado um vídeo sobre a teoria. O vídeo relatava os experimentos de Albert Einstein e Planck. O respeito do efeito fotoelétrico. Planck achava sua hipótese quanto aos elétrons um edifício. Mas, Einstein previu através de um experimento que os fótons luz independente da quantidade radiação elétrica na mesma frequência, foi então que surgiu o efeito fotoelétrico.

Na mesma época foi um experimento com vários resultados em que enquanto um achava uma coisa, outro fez e realizou um experimento provando a certidão de que a outra pessoa.

O turma participou ativamente de tudo e, ao final foi resolvido um problema junto com o Professor.

Concluiu-se portanto que foi uma aula proveitosa, com uma boa participação dos alunos que estiveram presentes em sala.

D22:

O presente relatório relata sobre a aula de física do dia oito de novembro, foi trabalhado na aula um texto sobre a constituição de átomos e moléculas que se trata sobre resultados de experiências, e também sobre os modelos atômicos de Thomson e Rutherford, logo após três questões destinadas ao teste.

Foi trabalhado também a evolução dos modelos estruturais da matéria, o modelo de Dalton que é individual, modelo de Thomson dividido composto por elétrons e o modelo de Rutherford modelo dividido composto por prótons e elétrons e o modelo planetário.

Concluiu-se que aula de física relatou sobre modelos atômicos as diferenças dos modelos de Dalton, Thomson e Rutherford.

D23:

O presente relatório diz respeito à aula de Física, elaborada pelo professor Tiago, realizada no Colégio Estadual [REDACTED]

no dia vinte e três de dois mil e onze. O tema desta aula refere-se da evolução dos modelos e a estrutura da matéria.

A aula ocorreu da seguinte maneira: o professor organizou a turma em duplas, e distribuiu um texto com quatro questões no final, para serem respondidas e entregues. Logo após fizemos discussões sobre o mesmo, sendo feito um resgate à introdução de Niels Bohr, mil novecentos e treze. Falamos sobre os três modelos atômicos, onde o modelo indivisível foi elaborado por Dalton, o divisível e conhecido como pudim de passas, por Thomson e o divisível e conhecido como planetário por Rutherford.

Estávamos finalizando a aula, quando

fomos interrompidos pela coordenadora de curso de formação de docentes para nos repassar informações sobre o mesmo.

Durante a aula também houve conversas paralelas.

Conclui-se que com essa aula, descobrimos um pouco mais sobre a elaboração e matéria dos três modelos atômicos e também a certeza de que o modelo estável é o de Thomson e o que se aproxima mais do real é o de Rutherford.

D24:

O presente relatório refere-se à aula de física da data vinte e três de novembro de dois mil e onze, sobre o modelo atômico.

A aula se iniciou às 13 h e 50 min. com a entrega das atividades solicitadas anteriormente ao professor Tiago. Após, ele pediu para que formássemos duplas para respondermos quatro questões referente a introdução do texto "Sobre a constituição de átomos e moléculas" por Niels Bohr, de 1913.

O texto tinha como base o modelo atômico, Bohr cita o modelo de J. J. Thomson que é formado por uma esfera de eletrização positiva uniforme, dentro da qual os elétrons se movem em órbitas circulares. É o modelo de Rutherford, no qual o átomo é constituído por um núcleo carregado positivamente, rodeado por um sistema de elétrons ligados pelas forças atrativas do núcleo.

No fim do texto Bohr cita uma limitação ao modelo de Rutherford e assim ele já propõe uma solução para corrigir este modelo. Esta solução seria introduzir nas leis do movimento dos elétrons a constante de Planck, ou, como é designada, a quantum elementar, da ação.

Após, as questões respondidas foram entregues ao professor e com isso ele iniciou uma explicação sobre a evolução dos modelos de estrutura da matéria. O primeiro modelo foi o de Dalton que define o átomo como sendo indivisível, este modelo é conhecido como linha de Charles. Depois veio o modelo de J. J. Thomson, onde o átomo já seria divisível e neutro, este modelo é conhecido como pudim de passas. Através de uma experiência sobre a dispersão dos raios α pela matéria, o Rutherford criou uma nova estrutura para os átomos. Surgiu então o modelo planetário no qual o átomo seria um grande vagão com um núcleo positivo, com elétrons orbitando em volta dele.

O problema do modelo de Rutherford é que os elétrons iriam colidir com o núcleo, assim sendo teria que ser explicada a teoria quântica para dar conta de resolver este problema.

Conclui-se que a aula foi de bom proveito, pois ficou ainda mais as questões dos modelos atômicos e mostrou que o modelo de igual "seguintes" tem um problema, e que isso pode ser resolvido através da teoria quântica. Assim, uma vez compreendido bem, e todos os valores presentes realizaram as atividades propostas.

D25:

O presente relatório refere-se a aula de Física 09, de dia 24 de novembro de 2011, com início às 13:55, onde o professor Tiago chegou em sala, e começou a explicar o modelo atômico de Bohr e passou alguns slides sobre o modelo atômico, após explicou os postulados que Bohr criou para definir o modelo, a eletrom. do átomo energia fixa, estado estacionário, e estado estacionário permitidos, absorção e emissão de luz.

Em seguida o professor finalizou a aula explicando um exemplo do modelo atômico.

D26:

A seguinte aula se trata do dia 24/11/11 que aconteceu no colégio [REDACTED] com os alunos do 4ºA de Formação de Docentes.

A aula começou com o professor comentando das automatizações já feitas, e que os próximos fossem sem pendengas comunitárias e fez direito ao ponto, o professor comentou os assuntos da aula passada, que o modelo atômico de Rutherford era estável e o de JJ Thomson se aproximava mais do verdadeiro, depois o professor falou do modelo que Bohr criou para corrigir Thomson e Rutherford, o modelo de Bohr foi criado em 1913, depois o professor falou sobre Postulados, que são os seguintes - 1- Energia fixa bem definida; 2- Estado estacionário; 3- Estados (ST) permitidos; 4 - absorção e emissão de luz. Depois o professor passou as fórmulas das forças elétricas e Forças Centrípetas. Durante a aula a aluna [REDACTED] dormiu, [REDACTED] e [REDACTED] ficaram comentando os demais pareciam estar prestando atenção.

Conclui-se que estas aulas são diferentes e mais

aproveitadas se aprendi melhor desse modo. Foi o cálculo do raio do átomo de Bohr que ficou um pouco confuso mais até a próxima aula eu sei que me esforçarei e aprenderei.

D27:

Hoje, 25/11/2011, o professor trouxe alguns alunos para fazer uma prova em nossa sala; a nossa turma está bastante cansada, tem até alguns debuzados nos carteirairos, fizemos dois dias de estágio, no cernei e na escola, mas a pior vai ser na semana que vem.

A [REDACTED] saiu do sala, estava sonolenta, o professor está explicando sobre modelo Atômico de Bohr; mais Bohr, diz que o químico produz as cores através da teoria de Bohr, falou sobre quantização de rampa, de degraus e que se levantamos um objeto ele ganha energia, se baixar ele perde energia; nos comodos eletrônicos, uma força atrai, e outra repele. O [REDACTED] está dormindo, o [REDACTED] também, os contos são intermi-náveis, eu não entendo nada, mas ainda lembro que não vai ter prova desta matéria, o professor explica, mas apenas alguns seguem seu raciocínio, eu e a maioria não entendemos nada, não sei para que precisaremos disto, mas serve para piorar ainda dos de cabeça.

D28:

Este presente relatório refere-se a aula de física de número 10, realizada no dia vinte e cinco de novembro, nas dependências do [REDACTED] e sendo destinada aos alunos do quinto ano do curso de Formação de Docentes.

A aula iniciou-se pontualmente, com a retomada da aula anterior e a explicação do raio de Bohr. Tal explicação consistiu na hipótese de que o modelo atômico de Bohr apresenta um núcleo, órbitas bem definidas, salto quântico (excitação do elétron) e a ideia de quantização (o elétron não pode ficar em qualquer lugar). Porém, servindo apenas para átomos monoelétrônicos. Ou seja, pode ser explicado pelo espiral da morte do elétron e pela espectroscopia (luz visível = contínuo, atômica = descontínuo).

Após a discussão sobre o átomo de Bohr, realizou-se o cálculo da órbita fundamental do elétron e a energia associada a ele no átomo de hidrogênio, cujo resultado do raio foi igual a $0,529 \text{ \AA}$ e da energia foi de aproximadamente $-13,6 \text{ eV}$.

Por fim, a aula foi finalizada com o entendimento de que o modelo atômico de Bohr foi muito importante, abrindo caminho para a mecânica quântica.

Portanto, pode-se concluir que essa aula foi diferente das demais, sendo colocada em prática, através do cálculo da expressão do raio e da

energia do átomo, que apesar de ser uma matemática básica, assustou de certa forma a alguns alunos, justamente pelo tamanho do valor. Basta ressaltar que apesar da duração da turma e da saída de duas alunas [REDACTED], conseqüências estas, dos estágios realizados nos CMEI's e escolas, a aula foi muito boa e de suma importância.

D29:

O presente relatório refere-se à aula de Física assistida no dia vinte e cinco de Novembro de dois mil e onze, nas dependências do Colégio [REDACTED].

A aula foi uma continuação da explicação da Teoria de Bohr, que surgiu para "explicar e aprofundar" a Teoria de Rutherford.

No decorrer da aula havia algumas alunas desinteressadas no conteúdo proposto, onde começaram a dormir em sala fazendo com que fossem convidadas a se retirar da aula.

O conteúdo da aula deu a impressão de ser complexo, por dizer muitas informações e fórmulas, mas que com o passar da aula com as explicações do professor foram se tornando mais claras.

A aula encerrou-se com a redução de algumas contas, um pouco cansativas de resolver por serem um pouco longas, mas com o conhecimento anterior aplicado torna-se mais fácil.

Portanto, a aula foi produtiva pois aprimorou as contribuições que já se tinha sobre a Teoria Atômica e

D30:

A seguinte aula se trata no dia 28/11/11 que aconteceu no Colégio [REDACTED] com os alunos do 4.º Ano de Docentes.

A aula começou a 13:00 com um vídeo "Tudo sobre incerteza".

A diferença da energia quântica é que a luz é como um voto para a energia quântica. O vídeo deixou a aula toda. A sala em geral estava quieta, pois o consórcio de estágio pelo manhã.

Conclui-se que há diferenças nas aulas pois são mais claras e produtivas. Eu tento me esforçar para compreender melhor algumas coisas que fico em dúvida.

D31:

O presente relatório refere-se a uma aula de Física realizada no dia vinte e oito de novembro de dois mil e onze com o objetivo de adquirir uma nova visão com relação ao mundo dos átomos.

A aula iniciou com um vídeo com o seguinte título "Sudo sobre incerteza" onde nos dá a seguinte visão, o mundo atômico seria algo muito confuso onde o homem busca sempre novas respostas, e a física quântica nos dá um olhar diferenciado não seria lógico como a segunda lei de Newton, quem veio para desbançar esse raciocínio foi Einstein com a teoria da relatividade.

A física quântica não tem como intuito investigar e responder questões pois busca algo além.

Em um experimento realizado tinha-se a seguinte dúvida saber se o elétron seria uma

partícula ou uma onda, haviam duas fendas onde era emitido partículas de luz primeiro apenas em uma fenda, depois no outro e por último nas duas juntas, quando isso ocorria, aquilo que era uma partícula se transformava em onda.

Em um mundo em que a natureza se mostra incerta despertou o interesse em buscar o início de tudo uma visão ampla.

Existiriam dois mundos onde seriam distintas as realidades um não saberia da existência do outro, devemos compreender os dois sem os descartar.

Com o término do vídeo se encerra a aula.

Conclui-se que a incerteza faz parte do mundo a muito tempo, no passado muitas buscaram respostas para ela, a física quântica tem como objetivo admitir buscando ampliar sua visão.

D32:

No dia vinte e oito de novembro de dois mil e onze foi realizada a aula de física com o professor Tiago.

No decorrer da aula o professor passou um vídeo na TV em que aborda o momento transitório entre o modelo atômico de Bohr e a mecânica quântica.

O átomo é um núcleo que é orbitado por vários elétrons. No mundo dos átomos nada é o que parece, são elementos microscópicos. As regras dentro do átomo é a mecânica quântica. Todas as armas intelectuais não funcionam na mecânica quântica, nós não temos uma experiência do real.

O vídeo também aborda a questão das ondas, uma onda é uma transmissão de energia em um meio, ondas não são matéria são probabilidade.

Einstein juntou a luz e a corrente elétrica, a luz parece ser tanto onda quanto partícula. Partícula tem posição, velocidade, massa, rotação e então não é mais probabilidade é uma realidade.

O fóton é uma quantidade de energia onde pode se ganhar ou perder. Por fim assistimos a experiência do gato na caixa, onde podemos perceber que existe várias probabilidades do que aconteceu com o gato, mas necessitamos olhar dentro da caixa para vermos a verdadeira realidade.

A aula foi bem tranquila, os alunos colaboraram com o silêncio e assim podendo ter um melhor aproveitamento dos temas abordados no vídeo.

D33:

A aula começa uns 5 min atrasada por que havia uma professora na sala, e professor estava bem animado e disposto para iniciá-la, começando com um vídeo.

O vídeo relatava a dualidade que é a imagem com duplo sentido, uma imagem de vídeo via uma das rotas se olhando, mas no centro havia uma taça. E você só pode ver uma das imagens, ou a rotar a taça, como no vídeo. No vídeo se fala sobre o princípio da Incerteza de Heisenberg e impossível que se a posição ou a velocidade, e também que ninguém nunca ultrapassou de 30000 km/h.

O professor explica que no mundo microscópico a matéria nos limites daqueles que podemos conhecer. É que a matéria eletrônica se propaga das duas formas, sendo assim você pode escolher como calcular a luz, em forma de onda ou de partícula. Nos mostrou muitas coisas através da prática na sala também com demonstra-

tração sobre as medidas.

As partículas são minúsculos pedaços de matéria, pode ser um fóton, um átomo ou algo muito pequeno. Ondas são qualquer balança no espaço, sendo mecânicas ou eletromagnéticas e são reproduzidas no vácuo.

Não houve interrupções na aula e a mesma foi bem dinâmica, e de fácil entendimento.

D34:

A aula de física do dia vinte de novembro de dois mil e onze foi iniciada com comentários sobre o vídeo "Ondas e incertezas", ~~(anexo)~~ utilizado no dia vinte e sete.

Após os comentários dos alunos o professor deu continuidade no assunto, dizendo sobre a mecânica clássica e mecânica quântica, explicando a relação de cada uma.

Com base em duas imagens burruas com dois ou mais desenhos formando diferentes imagens, podemos perceber que não conseguimos olhar todas de uma vez, mas sim descobrindo cada uma.

Por fim o professor relembra que não podemos esquecer que a física pertence e se refere ao mundo material diferente do real.

Em relação ao comportamento dos alunos, todos participaram da aula tornando-a produtiva.

Deixei duas dúvidas comentadas na aula,

uma, o universo é infinito ou não? outra, será que algum dia alguém conseguirá medir um átomo? ninguém sabe certo, ninguém sabe, só o futuro dirá.

E não esquecendo que no mundo microscópico a natureza limita o que podemos conhecer, descobrindo cada vez mais suas capacidades.

D35:

No dia 30 de novembro de 2011, foi realizada uma aula de Física, na qual foi discutido sobre o documentário: Tudo sobre incertez. Nesse documentário é retrato que nem tudo é o que parece.

Foi discutido sobre a mecânica clássica, que refere-se ao mundo macroscópico e baixas velocidades. Também foi falado sobre a mecânica quântica - 1920 que fala sobre o funcionamento do átomo.

Os conceitos de dualidade, onda, partícula, princípio da incerteza e complementariedade se encaixam na parte de mecânica quântica.

Não podemos deixar de ressaltar que "mecânica" quer dizer movimento.

Foi mostrada duas imagens subliminares, na qual pode se observar que nem tudo é o que parece.

O elétron ele pode ser uma partícula ou uma onda, isso vai variar devida a forma em que está sendo analisado.

O conceito "Princípio da incerteza" existe

desde 1927, foi obtido através de um experimento mental.

As ondas são responsáveis apenas pela transmissão de energia através de um meio. Os partículas tem muitas qualidades definidas que contém massa.

Pode se concluir que no mundo microscópico a natureza limita aquilo que podemos conhecer.

D36:

Trata-se do relato da aula de dia trinta de novembro de dois mil e onze.

A aula começou às 14:00 horas, a turma estava atenta. O professor começou a explicação relembrando a aula de segunda-feira (28-11) baseada no filme, questiono sobre o filme com a turma das palavras-chaves que são mecânica quântica, elétron, etc.

O professor passou algumas anotações do quadro para a turma sobre: mecânica clássica, mecânica quântica

Nesse momento ainda havia algumas perguntas, a turma demonstrava cansaço. Depois os mesmos alunos que participam da aula.

Já no método da aula o professor utilizou o recurso da TV por diure, a classe demonstrou interesse, foi mostrado o um vídeo.

A turma começou a participar mais da aula.

O professor voltou a fazer anotações do quadro, o que mais se destacou foi o "princípio da incerteza" (1927) a turma interagiu mais com o exemplo de "um fóton muito raso, na (segunda) frequência contínua as anotações do princípio da incerteza.

O professor citou uma frase no final da aula: "No mundo microscópico a matéria limpa e que podemos conhecer"

No final da aula o professor comentou sobre o disquete x pen drive.

É a última coisa a ser feita foi a chamada.

D37:

A aula começou com uma descontracção, pois o ano já está acabando. Discorreu o fechamento do módulo de física moderna, e pediu autorização para utilizar nossos nomes.

Relembramos algumas coisas que foram citadas nas aulas anteriores, sobre o desenvolvimento do átomo e sua evolução passando por Dalton, Thomson onde surgiu a parte física onde a soma das partículas é igual a zero ($\sum Q = 0$), Rutherford com a descoberta do próton e o modelo planetário. Com a teoria quântica de Bohr surge a criação do núcleo e a existência de camadas e ocorrendo a transferência com a adição de energia no mesmo.

Com o modelo da mecânica quântica (modelo Bohr + dualidade + incerteza) foi reestruturado o mesmo e criou-se o modelo orbital, onde a esfera toda é preenchida e para melhor entendimento foi citado o exemplo de uma hélice de um ventilador parado e jogar uma

mostrando assim um erro no modelo de Rutherford que falava que é um imenso feixe.

Com o ventilador ligado a pedrinha volta mostrando a ideia de orbital onde está localizado o elétron e quem nos impede de ter certeza.

Em 1932 houve a descoberta do neutrão, aí surgiu a física de partículas envolvendo quarks, léptons, etc.

Prótons, elétrons e neutrões não é a menor parte do átomo.

A força que menos conhecemos é a força gravitacional.

Com a teoria de Big Ben onde diz que tudo surgiu de uma explosão de uma partícula, mas de onde surgiu esta partícula? segundo Böson, chamou de Böson de Higgs - "partícula de Deus" e se esta teoria for provada toda essa explicação terá mais sentido e surgirão muito mais explicações para o surgimento das coisas.

Após essa explicação foi passado um texto: "física e realidade" para responder três questões.

D38:

O presente relatório trata-se da aula de física do dia um de dezembro de dois mil e nove.

A aula teve início às quatorze horas com um atraso de dez minutos, ao início realizou-se uma recapitulação da aula anterior.

O átomo é esférico pois é mais fácil de representar esse modelo funcionava bem para a química e não para a física.

A teoria de Thompson de quanta de cargas ajudou na descoberta do elétron que é uma partícula subatômica, no modelo de Thompson tinha o negativo e o positivo que da zero, mas ele foi superado.

foi o modelo de Rutherford era um núcleo de prótons com elétrons ao seu redor em termos físicos é o que mais se aproxima do real.

A teoria quântica ela consegue resolver vários problemas, não são produzidos os valores quânticos.

O modelo de Bohr funciona para átomos monoelétricos e ele também explica o espectro atômico. Esse modelo também é tratado como partícula e é considerado semi-clássico.

A região orbital é onde se pode encontrar o movimento do elétron. Para Rutherford é considerado vazio.

O núcleo foi descoberto no ano de 1932. O nêutron é uma partícula sem carga e há partículas elementares nele.

É no ano de 1945 no Japão detonaram a primeira bomba atômica.

A força gravitacional é a força de que menor sabemos.

No minha visão essa foi a aula que mais aprendi e considero que para muitos colegas também, pois todos participaram muito bem, mesmo a aluna [REDACTED] pois esta encontrava-se doente em seu lugar.

Acredito que com esta recapitulação que entendemos algumas coisas que em outras aulas não conseguimos compreender.

A aula foi encerrada às quatorze, trinta e dois para que o professor fizesse a chamada e entregar o texto "física e realidade" para leitura e responder as questões em casa.

D39:

Este presente relatório refere-se à aula de física, do dia primeiro de dezembro de dois mil e onze.

A aula iniciou com a resgate das aulas anteriores. A definição de modelo que significa a representação de algo, discussão sobre o modelo atômico, e que um primeiro momento era apenas uma especulação. Após estudos para a 1ª Teoria de Dalton, que era um modelo indivisível e maciço. A segunda foi a de Thomson que contribuiu para a descoberta do elétron, que ~~os~~ soma das cargas é igual a zero. A terceira Teoria foi a de Rutherford que é o modelo planetário que contém núcleo, prótons e elétrons.

Essas teorias não tinham a resposta para os estudos.

Depois destas teorias surgiu a Teoria Quântica de Bohr, com os níveis de níveis Quânticos, com Traça energética, e funciona para

na átomos monoelétricos:

O modelo de Bohr é semi-clássico.

Apartir de duas ideias a dualidade e a incerteza, o modelo de Bohr foi reinterpretado. Após isso em 1932 foi criado o nêutron que não contém carga alguma.

Alguns elementos que são utilizados para a Teoria de Física de Partículas são:

Quarks, léptons, Bósons, Mésons e Hádrons.

Também concluímos que nunca tivemos a definição da matéria unificada, pois sempre tem novas ideias e novos estudos.

D40:

Este presente relatório trata-se da décima terceira aula de física que ocorreu no dia primeiro de dezembro de dois mil e onze, com o professor Tiago.

A aula se iniciou às quatorze horas, e todos os alunos estavam prestando atenção. Foi no início, a celular da aluna [REDACTED] tocou, e o professor pediu para que desligasse.

Para começar a aula, o professor fez perguntas a turma sobre os modelos de Dalton, Thomson, Rutherford e Bohr. E a cada explicação era colocado os teóricas no quadro.

A aluna Estela foi tirando suas dúvidas com algumas perguntas. Em seguida, as quatorze e quinze alunos do primeiro ano batem na porta para passar um recado, mas o professor pediu para que voltassem mais tarde.

Seguindo a aula, o professor fez uma ilustração de um ventilador para explicar o conteúdo. Com os alunos começam a se lembrar dos desenhos de anos passados (primeiro ano) quando tivemos aula de

filosofia.

Seguindo o raciocínio, no momento da explicação a servente vai entregar os cartezinhos dos alunos que chegaram atrasadas, era às quatorze e vinte e cinco horas.

Voltando a matéria, foi comentado sobre o assunto de gravidade, qual Estela fez uma comparação ao desenho as espíãs (que passa na rede global), sobre o calor.

Para finalizar a aula o professor passa um texto "Física e realidade", qual é uma revisão para avaliação que terá na próxima aula e também com três perguntas para responder.

Esta foi a descrição da aula, com todos os acontecimentos detalhados da aula.