

UNESP  UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Faculdade de Ciências

Programa de Pós-Graduação em Educação para a
Ciência

**DISCURSOS DE PROFESSORES E DE LIVROS
DIDÁTICOS DE FÍSICA DO NÍVEL MÉDIO EM
ABORDAGENS SOBRE O ENSINO DA FÍSICA
MODERNA E CONTEMPORÂNEA: ALGUMAS
IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS**

Tese

Maria Amélia Monteiro

Bauru, São Paulo, 05 de março de 2010

Maria Amélia Monteiro

**DISCURSOS DE PROFESSORES E DE LIVROS DIDÁTICOS
DE FÍSICA DO NÍVEL MÉDIO EM ABORDAGENS SOBRE O
ENSINO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA:
ALGUMAS IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências da Universidade
Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru,
como requisito para a obtenção do título de Doutora em Educação para as Ciências,
sob a orientação do Prof Roberto Nardi, Dr e co-orientação do Prof Jenner Barreto
Bastos Filho, PhD.

Banca Examinadora:

Presidente:

Prof^o: Roberto Nardi, Dr (orientador)

Departamento de Educação /FC - UNESP – Campus de Bauru

Titular: Prof^o Aguinaldo Robinson de Souza, Dr

Departamento de Química /FC - UNESP - Campus de Bauru

Titular: Prof^o João Zanetic, Dr

Instituto de Física - USP

Titular: Prof^a Lizete Maria Orquiza de Carvalho, Dr^a

Departamento Física e Química/FEIS - UNESP

Titular: Prof^a Maria José Pereira Monteiro de Almeida, Dr^a

Departamento de Metodologia de Ensino /F E - UNICAMP

Bauru, São Paulo, 05 de março de 2010

Banca Examinadora:

Suplente Interno:

Prof^o Marcelo Carbone Carneiro, Dr

Departamento de Ciências Humanas /FAAC - UNESP – Campus de Bauru

Suplente Externo:

Prof^o Alberto Villani, Dr

Instituto de Física - USP

Bauru, São Paulo, 05 de março de 2010

Monteiro, Maria Amélia.

Discursos de professores e de livros didáticos de física do nível médio em abordagens sobre o ensino da física moderna e contemporânea: algumas implicações educacionais / Maria Amélia Monteiro, 2010.

440 f. : il.

Orientador: Roberto Nardi

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Ciências, Bauru, 2010

Agradecimentos

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP – Bauru, os quais contribuíram para a construção desta etapa.

Ao prof Roberto Nardi e o ao prof Jenner Barretto Bastos Filho pelas orientações e tudo que compartilharam.

Aos professores que participaram da qualificação e da defesa da presente pesquisa.

Aos professores de Física da educação básica que aceitaram participar das entrevistas.

Aos vários colegas pela acolhida e solidariedade, notadamente, Edval Viveiros, Beatriz Cortela, Glória Georges Feres, Serginho Boss e Wellington Queiroz.

Aos amigos Regina Helena Munhoz, Sérgio Camargo e Eliza Lippi, pela presença e apoio incondicional.

Aos funcionários da Pós-Graduação, especialmente Ana Grijo, Toninha e Andressa Talon

Ao prof Paulo Lisboa Filho, pelo apoio e encorajamentos durante minha estada em
Bauru.

A Elayne Siqueira e Silva, por toda a confiança.

Ao prof Elialdo Andriola, pelos incentivos e encorajamentos, muito antes do inicio do
presente estudo.

Ao prof Lourivaldo Mota Lima, pelo apoio no momento do meu retorno a Campina
Grande, pela compreensão e solidariedade.

A Lepê Correia, pela generosidade e companheirismo.

DISCURSOS DE PROFESSORES E DE LIVROS DIDÁTICOS DE FÍSICA DO NÍVEL MÉDIO EM ABORDAGENS SOBRE O ENSINO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: ALGUMAS IMPLICAÇÕES EDUCACIONAIS

Resumo

Este estudo tem como objetivo compreender a importância que dez professores de Física atribuem ao ensino da Física Moderna e Contemporânea, como também as dificuldades de introduzirem a mencionada Física nas respectivas aulas. Os professores foram entrevistados individualmente, através de entrevistas semi-estruturadas. Na época das entrevistas, os professores haviam concluído a formação básica a menos de cinco anos. Para proceder com o presente estudo utilizamos referenciais da Física Moderna e Contemporânea, da análise de discurso da escola francesa e da teoria educacional crítica. Contatamos que um dos principais impedimentos para os professores introduzirem a Física Moderna e Contemporânea da educação básica deve-se a uma formação pautada em preceitos da racionalidade técnica. Outra parte do estudo investiga as abordagens de oito livros didáticos, destinados ao nível médio da educação básica, os quais foram indicados pelos professores entrevistados como os livros preferencialmente utilizados. Contatamos que, via de regra, as recomendações das pesquisas sobre o ensino da Física Moderna e Contemporânea ocorridas nas últimas décadas e as recomendações dos documentos oficiais brasileiros não deixam marcas significativas nas mencionadas abordagens.

Palavras-chave: Ensino da Física Moderna e Contemporânea; Análise de livros didáticos; Formação inicial de professores.

**HIGHSCHOOL TEACHER'S AND TEXTBOOK'S PHYSICS SPEECH
APPROACHES MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS' TEACHING: A
FEW EDUCATIONAL IMPLICATIONS**

Abstract

This study has as purpose to understand the importance given by ten Physics professorsto Modern and Contemporary Physics teaching and also their difficulties to introduce them in their classes. The teachers were individually interviewed, through semi-structured interviews. By the time of the interview the teachers had finished their highschool at least 5 years earlier. To proceed with this study we used Modern and Contemporary Physics, French school's speech analysis and critical educational theory references. We realized that one of the major impediments for teachers to introduce Modern and Contemporary Physics in highschool is caused by na education ruled bt technical reasonable principles. Other component of this study investigates eight textbook's approaches, aiming the highschool and elementar school which were indicated by the interviewed teachers as the mostly used books. We verified that, usually, the last decades researches' recommendations about Modern and Contemporary Physics teaching the Brazilian's oficial documents' recommendations didn't leave significative marks in the mentioned approaches.

Keywords: Modern and Contemporary Physics teaching; Textbooks' analysis; Teachers' preservice education.

Sumário

	PALAVRAS INICIAIS	14
Capítulo 1	A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	20
	1.1 Aspectos Legais e Reais do Ensino de Física no Brasil: A Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica	22
	1.2 O Que Dizem os Defensores da Introdução da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica? Algumas Justificativas e Tendências	30
	1.3 O Lugar Ocupado Pela Física Moderna e Contemporânea nos Currículos e nos Planejamentos de Ensino	36
	1.4 A Introdução da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica: Investigando as Limitações e Possibilidades dos Professores de Física	39
	1.5 Os Livros Didáticos na Educação Científica e as Abordagens Sobre a Física Moderna e Contemporânea	43
	1.5.1 O Lugar Ocupado Pelos Livros Didáticos na Educação Científica e Nas Políticas Públicas Brasileiras	43
	1.5.2 A Física Moderna e Contemporânea nos Livros Didáticos da Educação Básica	47
	1.6 Questões a Serem Investigadas na Presente Pesquisa	53
	1.6.1 Questões a Serem Investigadas nos Discursos dos Professores de Física	53
	1.6.2 Questões a Serem Investigadas nos Discursos de Livros Didáticos de Física da Educação Básica Brasileira	54
	Referências	55
Capítulo 2	OPÇÕES E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	60
	2.1 Delineando as Opções Pela Pesquisa	62
	2.2 A Pesquisa	63
	2.3 Os Professores	64
	2.3.1 A Participação dos Professores na Pesquisa: Estabelecendo Critérios	64
	a) Primeiro critério para a participação dos professores na pesquisa	64
	b) Segundo critério para a participação dos professores na pesquisa	64
	2.3.2 O Contato Inicial Com os Professores	65
	2.3.3 As Entrevistas	66
	2.3.4 As Condições de Produção dos Discursos: Os Lugares Sociais Ocupados Pelos Professores Entrevistados	68

	Quadro 1: Especificações do tempo de atuação e componentes curriculares cursadas pelos dos professores entrevistados	69
	2.4 Os Livros Didáticos	69
	2.4.1 Os Livros Didáticos Analisados: Escolhas e Procedimentos	69
	Quadro 2: Livros Didáticos Analisados	70
	2.5 Delineando os Procedimentos Utilizados Para Análise do Discurso dos Professores e dos Autores dos Livros Didáticos	70
	Referências	72
Capítulo 3	A ANÁLISE DE DISCURSO FRANCESA COMO FUNDAMENTO TEÓRICO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS DISCURSOS DOS PROFESSORES E DOS LIVROS DIDÁTICOS	73
	3.1 Situando a Análise de Discurso da Escola Francesa	75
	3.2 A Abordagem Discursiva em Relação aos Estudos Lingüísticos	78
	3.3 As Distintas Épocas da Análise de Discurso Francesa	79
	3.4 Texto, Discurso, Enunciado e Enunciação	81
	3.5 As Condições de Produção dos Discursos	86
	3.6 A Heterogeneidade dos Discursos	88
	3.7 As Noções de Sujeito, Autor e Autoria na Análise de Discurso Francesa	91
	3.8 As Formações Discursivas, Os Efeitos de Sentido e a Ideologia	94
	3.9 O Leitor e as Condições de Produção de Leitura	97
	3. 10 A Análise e a Interpretação dos Discursos	99
	Referências	104

Capítulo 4	A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA: CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS E ALGUMAS IMPLICAÇÕES NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	106
	4.1 O Paradigma Mecânico Newtoniano e a Natureza da Luz	108
	4.2 As Equações de Maxwell e os Referenciais Absolutos	111
	4.3 A Velocidade da Terra em Relação ao Éter e o Interferômetro de Michelson- Morley	115
	4. 4 As Transformações de Lorentz para o Espaço e o Tempo	118
	4. 5 A Teoria da Relatividade Especial ou Restrita	120
	4. 6 Sobre a Natureza da Matéria e da Radiação	123
	4. 7 A Natureza Dual da Luz: Restabelecendo hipóteses Contraditórias	132
	4.8 Bohr e o Modelo Atômico Com Propriedades Quânticas	135
	4. 9 A Natureza Dual da Luz e da Matéria: Onda e Partícula	138
	4.10 A Mecânica Matricial e o Princípio da Indeterminação	141
	4.11 A Mecânica Ondulatória	143
	4. 12 O Princípio da Complementaridade	145
	4. 13 Os Confrontos Com a Tradição de Copenhague	147
	Referências	150
CAPÍTULO 5	A TEORIA SOCIAL CRÍTICA E A MODERNIDADE OCIDENTAL	153
	5.1 A Modernidade Ocidental e o Estatuto da Razão	155
	5.2 O Iluminismo e o Ideal de Educação Emancipatória	157
	5.3 A Instrumentalização da Razão e a Crise da Racionalidade Moderna	159
	5.4 Perspectivas Teóricas da Teoria Social Crítica	160
	5.5 A Razão Comunicativa Como Alternativa ao Predomínio da Razão Instrumental	166
	5.6 Esclarecimento e Emancipação na Perspectiva da Teoria Social Crítica	175
	Referências	178

CAPÍTULO 6	TEORIAS EDUCACIONAIS CRÍTICAS: CORRELACIONANDO POSTURAS EMANCIPATÓRIAS E A ATUAL PERSPECTIVA DA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA NO BRASIL	180
	6.1 Situando a Gênese das Teorizações Educacionais Críticas	182
	6.2 A Teoria da Ação Comunicativa e a Educação	186
	6.3 A Educação Problematizadora Freireana	189
	6.4 A Pedagogia Radical e os Estudos Culturais de Henry Giroux	194
	6.5 Situando a Formação de Professores de Ciências da Natureza no Brasil: Aspectos Legais e Alguns Pressupostos	201
	Referências	208
CAPÍTULO 7	INTERPRETANDO OS DISCURSOS DOS PROFESSORES E DOS LIVROS DIDÁTICOS SOBRE O ENSINO DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA	211
	7.1 Interpretando os Discursos dos Professores Sobre o Ensino da Física Moderna e Contemporânea	213
	7.1.1 O Silêncio dos Professores Acerca da Necessidade de Introdução da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica	213
	7.1.2 A Relevância que os Professores Atribuem ao Ensino da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica	226
	7.1.3 Os Impedimentos Para os Professores Introduzirem a FMC na Educação Básica	233
	7.1.4 A Formação dos Professores e o Ensino da Física Moderna e Contemporânea	242
	7.2 Análise e Interpretação dos Discursos Presentes nas Abordagens dos Livros Didáticos Sobre a Física Moderna e Contemporânea	251
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₁	251
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₂	258
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₃	278
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₄	394
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₅	306
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₆	324
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₇	342
	Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L ₈	351
	Referências	365

CONSIDERAÇÕES FINAIS	368
a) Os Discursos dos Professores	369
b) Interpretação dos Discursos presentes nos Livros Didáticos	372

ANEXOS

Entrevistas Com os Professores

Anexo 1 – Entrevista Com o Professor P ₁	376
Anexo 2 – Entrevista Com o Professor P ₂	384
Anexo 3 – Entrevista Com o Professor P ₃	392
Anexo 4 – Entrevista Com o Professor P ₄	400
Anexo 5 – Entrevista Com o Professor P ₅	405
Anexo 6 – Entrevista Com o Professor P ₆	409
Anexo 7 – Entrevista Com o Professor P ₇	416
Anexo 8 – Entrevista Com o Professor P ₈	423
Anexo 9 – Entrevista Com o Professor P ₉	428
Anexo 10 – Entrevista Com o Professor P ₁₀	435

Palavras Iniciais

Para situar a presente explanação, abordarei sobre alguns motivadores que me levaram a optar pelos contornos da presente pesquisa. Discorrerei também sobre algumas opções adotadas, bem como sobre possibilidades viabilizadas ao longo do percurso em si, as quais também definiram os contornos intermediários e finais desta. Para apresentação desse panorama, lanço como diretriz o seguinte questionamento:

Por que a intenção de construir e interpretar discursos de professores e de livros didáticos de física da educação básica sobre o ensino e as abordagens sobre a Física Moderna e Contemporânea?

Para aclarar o questionamento acima, se faz necessária uma breve retrospectiva ao meu percurso profissional, no sentido de me reportar a aspectos do contexto que, em minha maneira de perceber, deixaram suas marcas desde as intenções iniciais até o contexto atual da presente pesquisa.

As primeiras atuações como professora de física na educação básica ocorreram a partir dos últimos três anos da década de oitenta. Nessa época, ainda não havia concluído a formação básica como licenciada em física. Inicialmente, atuei em escolas públicas estaduais, haja vista o quantitativo insuficiente de professores. Para tal, fui submetida a um processo “seletivo”, onde requeriam apenas que os participantes tivessem concluído o quarto período do curso de física, modalidade licenciatura. Na segunda etapa, ocorria o preenchimento das vagas pela ordem decrescente da média curricular dos respectivos candidatos.

Também no período em que a minha formação básica ainda não havia sido concluída, desempenhei atribuições de professora de matemática em escolas particulares do nível de ensino fundamental.

Já nas primeiras atuações como professora de física, conduzida por um senso fortemente empírico haja vista o distanciamento da configuração em que ocorria a minha formação como professora de física e as necessidades do contexto escolar, algumas percepções e experiências vivenciadas causavam-se inquietação: o gosto de muitos participantes pela rotina, pelas hierarquias, pelas proibições, no qual pareciam alojar-se a idéia de que aquela era a única

condição possível, como que resultante de um “fenômeno natural”. Como consequência, não raras vezes, o resultado inevitável foi o confronto direto com os dirigentes, em especial, com aqueles que se apresentavam como sendo do “corpo técnico” da escola. Não raras vezes, também tentaram fazer-me incorporar a postura de que possuía dificuldade de em aceitar o cumprimento de normas.

Atuar em escolas do nível médio da educação básica teve continuidade durante toda a década de noventa. Nos últimos anos desta década, ingressei em um programa de pós-graduação em ensino de ciências, na cidade do Recife, no qual concluí o mestrado.

Embora no período em que cursava o mestrado, o ensino da Física Moderna e Contemporânea na educação básica não fosse o objeto da minha investigação, não me faltava interesse pela temática. Tanto que, sempre que possível, procedia com alguma leitura localizada na literatura específica. Interessava-me notadamente os debates envolvendo questões de caráter ontológico e epistemológico da Física Moderna e Contemporânea.

Ciente da necessidade de construir uma formação mais consistente no tocante aos pressupostos conceituais da Física Moderna e Contemporânea, após a conclusão do curso de mestrado, dei continuidade a leituras que focavam aspectos epistemológicos e ontológicos deste campo. Ainda com o intento de ampliar o conhecimento acerca da mencionada Física, também optei em cursar componentes curriculares relacionadas a essa temática, em programas de pós-graduação da área de “ciências da natureza”.

No período anterior ao ingresso no presente doutoramento, tive a oportunidade de me vincular a uma instituição, na qual tenho trabalhado com a formação de professores de física. Assim, estudar a complexidade que envolve o ensino-aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea ampliou-se para além de um interesse pessoal e tornou-se uma necessidade profissional bem mais urgente, haja vista a constante interação com os licenciando e as tentativas de entendimento sobre os percursos formativos deles no tocante as abordagens das epistemológicas e ontológicas ocorridas componentes curriculares que contemplavam a Física Moderna e Contemporânea. Como seria a introdução desta Física na educação básica por estes estudantes? Quais as pressuposições que adotaria?

Em virtude do percurso apontado anteriormente, quando decidi submeter-me à seleção em um programa de doutoramento, o que mais se mostrava inquietante, configurava-se em torno da formação dos professores no tocante a possibilidade de trabalharem a Física Moderna e Contemporânea na educação básica.

Tendo em mente o intento acima, submeti-me ao processo seletivo de doutoramento no Programa de Pós-Graduação em Educação Para a Ciência da UNESP - Campus de Bauru – SP, tendo sido aprovada, iniciando em março de 2006.

Outros aspectos também deixaram suas marcas na presente construção. Ao longo do meu percurso formativo, como por exemplo, a pressuposição de que o ato de conhecer não é apenas permeado por metas cognitivas, mas um ato eminentemente político-social. Esta pressuposição cada vez mais foi ganhando espaço e sedimentando-se. Vale salientar que a clareza teórica em relação a esta postura nem sempre foi das mais satisfatórias. Muitas vezes, assumi posturas que, embora se compatibilizassem com a mencionada dimensão, não possuía clareza da mesma, ou mesmo, assumia posturas que contrariavam a mencionada perspectiva.

Tendo em vista o delineamento acima, em toda a planificação-desenvolvimento da presente pesquisa, adotei como pressuposição guia que não basta introduzir a Física Moderna e Contemporânea na educação básica. É imprescindível que o ensino e a aprendizagem da mencionada Física na educação básica tenham como meta contribuir para a construção de uma educação científica permeada por perspectivas culturais e emancipatórias.

Entendo que, para o intento acima, é condição *sine qua non* que o professor tenha tido uma formação compatível, cujos fundamentos tenham questionado as pressuposições da racionalidade técnico-instrumental, tão presente nos meios educacionais. Caso contrário, esse professor tornar-se-á um mero repetidor de um formalismo conceitual, cujo conhecimento produzido não converge para a construção da emancipação humana. Torna-se impotente frente aos mecanismos de “desmantelamento” da razão que vivenciamos na contemporaneidade. Deste, o contexto educacional brasileiro não permanece a margem.

Na presente pesquisa, fiz a opção em interpretar os discursos de um grupo de professores de física, os quais tiveram formação básica em uma mesma universidade pública, localizada em uma capital do Nordeste brasileiro. No momento das entrevistas, todos os professores atuavam no nível médio da educação básica, como professores de física.

Os discursos construídos a partir das abordagens sobre a Física Moderna e Contemporânea nos livros didáticos citados pelos professores entrevistados como os mais recomendados, também constituem o corpus da presente pesquisa.

Com o intento de apresentar a presente pesquisa, o texto encontra-se constituído por oito capítulos, cujo teor encontra-se explicitados a seguir:

- No primeiro capítulo - *A Física Moderna e Contemporânea e a Educação Científica* - procedo com uma revisão da literatura, visando situar o contexto ensino-aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea na atualidade. Assim, destaco as recomendações contidas em documentos oficiais brasileiros para o ensino de física, recomendações de pesquisadores para se introduzir a Física Moderna e Contemporânea no nível médio da educação básica, a incorporação da mencionada física em planejamentos de ensino, na formação de professores e ainda nas abordagens dos livros didáticos de física.
- No capítulo dois - *Opções e Procedimentos Metodológicos da Pesquisa* - apresento os percursos metodológicos da pesquisa, bem como a caracterização dos objetos de investigação.
- No terceiro capítulo - *A Análise de Discurso Francesa Como Fundamento Teórico Para a Interpretação dos Discursos dos Professores e dos Livros Didáticos* - contemplo alguns conceitos da análise de discurso da escola francesa, avaliados como necessários ao contexto da pesquisa.
- No quarto capítulo - *A Física Moderna e Contemporânea: Considerações Históricas e Algumas Implicações na Educação Científica* – procedo com uma abordagem histórica da mencionada Física, notadamente aquela que foi contemplada pelos livros didáticos.

- No quinto capítulo - *A Teoria Social Crítica e a Modernidade Ocidental* - situo, em linhas gerais, aspectos da moderna racionalidade ocidental e a emergência da Teoria Social Crítica, inicialmente desenvolvida na Escola de Frankfurt.
- No capítulo seis - *Teorias Educacionais Críticas: Correlacionando Posturas Emancipatórias e a Atual Perspectiva de Formação de Professores de Física no Brasil* - discorro sobre algumas pertinências da teoria crítica no campo da educação. Em seguida, situamos o panorama da formação de professores no Brasil, sobretudo no âmbito legal, associado com uma racionalidade pertinente.
- O sétimo capítulo - *Interpretando os Discursos dos Professores e dos Livros Didáticos Sobre o Ensino da Física Moderna e Contemporânea* - é constituído de duas partes. Na primeira, encontram-se as interpretações dos discursos dos professores, as quais são conduzidas pelas questões de pesquisa e pelos referenciais teóricos mobilizados. Na segunda parte do capítulo, encontram-se as interpretações dos discursos dos de livros didáticos construídos a partir das abordagens sobre Física Moderna e Contemporânea, conduzidas a partir das questões de pesquisa formuladas e pelos referenciais teóricos mobilizados.
- Finalizo a exposição da presente pesquisa, com um capítulo com algumas conclusões e considerações pertinentes.

1.1 Aspectos Legais e Reais do Ensino de Física no Brasil: A Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica

Há pouco mais de uma década a educação brasileira está regulamentada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN) – Lei 9.394/96 – Lei Darcy Ribeiro, sancionada pelo executivo nacional em 20 de dezembro de 1996. Embora a LDBEN tenha sido a primeira lei regulamentadora da educação brasileira a ser implementada no período pós-regime militar, a mesma é frequentemente citada por pesquisadores como bastante controversa, tendo em vista incorporar avanços e retrocessos em relação aos seus processos, conforme destacaremos ao longo do texto.

Em termos de educação básica regular, o artigo 21º da LDBEN estabelece três etapas: educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. Segundo o artigo 35º da LDBEN, o ensino médio deverá ter uma duração mínima de três anos e é entendido como a etapa final da educação básica.

Além da educação básica regular, a LDBEN também dispõe acerca da regulamentação de outras modalidades educacionais: educação de jovens e adultos, educação profissional, educação especial e a educação indígena¹.

Ainda no artigo 35º, a LDBEN trata das finalidades do ensino médio, assinalando que, dentre outros aspectos, objetiva-se:

- I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

¹ Através do artigo 78 da LDBEN, a educação indígena ganhou base legal como sistema diferenciado. Foi assegurado o ensino bilíngüe e a preservação da cultura e da ciência própria. Através do Referencial Curricular Nacional para as Escolas Indígenas (RCNEI), são pontuadas idéias básicas para o conjunto de áreas do conhecimento e ciclos escolares, que delinham escolarização fundamental dessas comunidades.

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Conforme o exposto anteriormente, preceitua-se que, em linhas gerais, o nível médio da educação básica brasileira, além da sua dimensão ética, deverá pautar-se em preceitos reflexivos, ultrapassando os limites do ensino propedêutico e em sintonia com os avanços científicos e tecnológicos.

Apesar de certos avanços incorporados a LDBEN, Carvalho (1998) menciona que essa legislação encontra-se permeada por preceitos neoliberais, os quais foram disseminados no Brasil a partir do período correspondente ao término dos governos militares. No entanto, a partir da década de noventa, a adoção de tais preceitos foram intensificados. Oliveira (1995) considera o governo do ex-presidente Fernando Collor de Melo como aquele cujos procedimentos neoliberais foram mais evidentes, apesar da não conclusão do mandato.

Em consonância com o artigo 35º, no contexto do artigo 36º da LDBEN, são especificados os princípios norteadores para as metodologias de ensino e avaliações de aprendizagem. Estas deverão estimular as iniciativas dos estudantes, como também propiciar condições para que eles possam dar prosseguimento aos estudos.

Disposições sobre a organização curricular do nível fundamental e do nível médio encontram-se no artigo 26º da LDBEN. Estabelece que o currículo deverá incorporar uma base comum em nível nacional e outra diversificada, a qual atenderá as especificidades regionais, culturais e econômicas locais.

Acerca das diretrizes norteadoras dos conteúdos mínimos nos currículos, o artigo 9º da LDBEN delega à União - Ministério da Educação e Conselho Nacional de Educação – a seguinte obrigatoriedade:

IV - estabelecer, em colaboração com os Estados, o Distrito Federal e os Municípios, competências e diretrizes para a educação infantil, o ensino fundamental e o ensino médio, que nortearão os currículos e seus conteúdos mínimos, de modo a assegurar formação básica comum.

No artigo 26º da LDBEN, além do conhecimento do mundo físico e natural, também encontra-se a obrigatoriedade do estudo da matemática, da língua portuguesa, da realidade social e política, notadamente a brasileira e outras áreas do conhecimento.

Com o intento de alinhar-se as orientações internacionais para a educação básica, no ano de 1990, o Brasil participou da Conferência Mundial de Educação para Todos, em Jomtien - Tailândia, conferência convocada pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), Fundo das Nações Unidas Para a Infância (UNICEF), Programa das Nações Unidas Para o Desenvolvimento (PNUD) e Banco Mundial. Além desta conferência, nove países assinaram a Declaração de Nova Delhi (1993), dentre eles, o Brasil. Os países assinantes assumiram compromisso em imprimirem esforços no intuito de assegurarem a universalização da educação fundamental.

Sobre a interferência do Banco Mundial em assuntos educacionais, ao final da década de sessenta do século XX, esse passou a financiar políticas educacionais e a definir princípios e diretrizes para sua política de crédito e assistência à educação nos então chamados países do Terceiro Mundo. Segundo as diretrizes do Banco Mundial, a educação deveria ser integrada ao trabalho, visando o desenvolvimento das “competências” requeridas pelas necessidades do desenvolvimento. Até a metade dos anos sessenta do século XX, os financiamentos do Banco Mundial destinavam-se, prioritariamente, aos projetos de infra-estrutura física em apoio ao crescimento econômico. Porém, a partir da perspectiva de que se necessitava assegurar “a participação dos pobres nos benefícios do desenvolvimento econômico”, iniciaram-se os financiamentos aos projetos do setor social (FONSECA, 2007).

Ressaltando a interferência de organizações internacionais, principalmente do Banco Mundial, nos planejamentos educacionais dos países atualmente chamados em desenvolvimento, Torres (1996) assinala:

.../ o Banco Mundial (BM), transformou-se, nos últimos anos, no organismo com maior visibilidade no panorama educativo global. .../ O BM transformou-se na principal agência de assistência técnica em matéria de educação para os países em desenvolvimento .../ p. (125-126).

Com a intervenção destes organismos internacionais na educação básica brasileira, a mesma vai alinhando-se aos ditames econômicos do neoliberalismo, conforme mencionado anteriormente por Carvalho (1998), Santos e Andrioli (2005).

Com o intento de estabelecer diretrizes que norteariam as mudanças curriculares, bem como o trabalho pedagógico nas unidades escolares, ao final de 1996, o Ministério da Educação encaminhou à apreciação do Conselho Nacional de Educação (CNE), diretrizes educacionais denominadas Parâmetros Curriculares Nacionais

(PCNs). Conforme ressaltam Santos e Andrioli (op. cit.) estas diretrizes foram elaboradas durante o governo Fernando Henrique Cardoso, a partir de interações com intelectuais da Espanha, Chile, Bolívia e Argentina com o intuito de alinharem a educação brasileira aos preceitos neoliberais, a despeito do que já havia se iniciado nos mencionados países. Logo, embora incorporem determinados avanços, os PCNs também trazem as marcas do neoliberalismo.

Acerca dos principais propósitos do neoliberalismo, Frigotto (2007) assinala:

A idéia-força balizadora do ideário neoliberal é a de que o setor público (o Estado) é responsável pela crise, pela ineficiência, pelo privilégio, e que o mercado e o privado são sinônimos de eficiência, qualidade e equidade. Desta idéia-chave advém a tese do Estado *mínimo* e da necessidade de zerar todas as conquistas sociais, como o direito a estabilidade de emprego, o direito à saúde, educação, transporte públicos, etc. Tudo isso passa a ser comprado e regido pela *férrea* lógica das leis de mercado. Na realidade, a idéia de Estado *mínimo* significa o Estado suficiente e necessário unicamente para os interesses da reprodução do capital p. (83-84).

Enfatizando as marcas no neoliberalismo no contexto educacional brasileiro, principalmente a partir do início dos anos 90, destacamos alguns aspectos pontuados por Santos e Andrioli (2005), os quais se harmonizam com a citação de Frigotto (op. cit.), a saber: a expansão das universidades privadas; a prioridade dos ensinos médio e fundamental como responsabilidade dos Estados e Municípios; a formação mais abrangente e profissionalizante; a aceleração da aprovação compulsória dos alunos para desocupação de vagas, sem que haja uma preocupação com a qualidade; o aumento da quantidade de matrículas como um jogo de marketing; a divisão do ensino médio em regular e profissionalizante, com a tendência em priorizar este último², tendo em vista uma maior disponibilização de mão-de-obra e menos consciência crítica; autonomia apenas administrativa às escolas.

Para se alinharem aos preceitos neoliberais, os currículos e as programações tendem a ser centralizados, utilizando cada vez mais os critérios de produtividade e eficiência empresarial, ou seja, maior resultado com menos custos e o modismo da “qualidade total em educação”.

² O aumento do quantitativo de Institutos Federais de Educação Tecnológica não seria uma consequência desta política?

A terminologia “qualidade total em educação” é, segundo Frigotto (2007), um das categorias e conceitos que se re-significam e se metamorfoseiam ao operarem no campo ideológico, vindo a dificultar uma compreensão da profundidade da extensão da crise do capitalismo real no final do século XX. O autor alerta que essa categoria, como várias outras pertencentes ao ideário neoliberal, operam no contexto educacional e impõem a atomização e fragmentação do sistema educacional, assim como nas etapas do conhecimento escolar.

Frigotto (2007) também discute que a crise do socialismo constitui um marco para apoletas de intelectuais conservadores, tais como Fukuiama, declarando o fim da história e Toffler, o desaparecimento do proletariado e a emergência do cognitariado. Com isso, querem dar ao entender que a estrutura de exploração do capitalismo foi superada, sem que as relações capitalistas tenham sido. Frigotto (op. cit.) ressalta ainda que a crise do socialismo constitui-se marco para intelectuais, tradicionalmente ligados a tradições de esquerda, aderirem às teses pós-modernas.

No contexto brasileiro, para o nível médio da educação básica, foram elaborados os Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM).

Os PCNEM sinalizam com algumas orientações, as quais poderão prestar-se como parâmetros ao trabalho pedagógico das unidades escolares, bem como às práticas dos professores.

Tanto na LDBEN quanto nos PCNEM, a individualidade das disciplinas é assegurada, embora, a concepção de áreas do conhecimento seja bastante fortalecida. Neste sentido, Carvalho (2001) destaca que algumas interpretações atribuídas às áreas de conhecimento têm diminuído significativamente a quantidade de aulas disponibilizadas para algumas disciplinas científicas. A autora alerta que, no estado de São Paulo, por exemplo, não é incomum encontrarem-se escolas públicas com apenas uma aula semanal de Física. Acerca do quantitativo de aulas nas escolas públicas do estado de São Paulo, Zanetic (2006) discute que, no contexto do final do século XX, havia defendido que deveriam introduzir a FMC no nível médio da educação básica, antes que o século acabasse. Porém, tomando como referencial o quantitativo das aulas de Física nas escolas públicas do nível médio do estado de São Paulo, como também a forma de atribuições de aulas que vem sendo adotada pela Secretaria Estadual de

Educação³, o autor menciona que neste início de século, tem defendido uma postura bem mais urgente. Assinala:

/.../ eu diria que precisamos colocar a física de qualquer século na sala de aula antes que ela (a física na escola) acabe!
(ZANETIC, 2006, p. 41).

Através da Resolução nº 3 de 26 de junho de 1998, a Câmara de Educação Básica do Conselho Nacional de Educação instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais Para o Ensino Médio. Segundo o artigo 1º, o propósito básico da mesma se constitui em um conjunto de definições a serem observadas na organização pedagógica e curricular de cada unidade escolar. As Orientações Curriculares Para o Ensino Médio são explanadas em três volumes, destinadas às três áreas distintas. O volume 2 – Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias, contempla as orientações para o Ensino de Física (BRASIL, 2006).

Apesar das disposições legais contidas nas diretrizes educacionais, a real transposição para o contexto da sala de aula perpassa por várias questões, dentre elas, a própria formação dos professores. Conforme tão oportunamente ressalta Carvalho (1998), a LDBEN, por si só, não possui o poder de alterar a realidade educacional brasileira. No tocante a formação de professores, o autor relembra ainda que a primeira LDB, promulgada em 20 de dezembro de 1961, foi regulamentada durante o regime militar, logo, com toda uma formatação direcionada para determinados princípios ideológicos implantados pelo regime político em vigor.

³ No ano de 2001, em muitas escolas de ensino médio da rede pública de São Paulo, a atribuição de aulas de física, por exemplo, ocorreu segundo a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Dessa forma, um professor de biologia de uma determinada escola ficaria também com as aulas de química, física e matemática. É o retorno do professor polivalente que tanto foi combatido, pelas comunidades científica e educacional, em meados da década de 70, quando, através da Resolução 30/1974 do Conselho Federal de Educação (CFE), tentou-se introduzir as licenciaturas de curta duração em ciências, nas universidades públicas do País. Naquela época vários conselheiros do CFE, entre eles, o professor Walnir Chagas, defendiam o ensino da Ciência Integrada. Em julho de 1975 a Assembléia Geral da Sociedade Brasileira de Física (SBF) manifestava-se sobre essa noção, num documento contrário à Resolução 30, através das seguintes palavras: A resolução fundamenta-se num conceito de ciência integrada (física, química, biologia e geologia ensinadas como uma única ciência) que não parece baseado na atual situação em que se encontra a ciência como pesquisa. Explicando melhor: a ciência é pesquisada em departamentos estanques que guardam fracos laços de integração entre si. Portanto, se não existe uma ciência integrada sendo pesquisada, como entender uma ciência integrada sendo ensinada? (Um resumo dos debates sobre a tentativa de implantação das licenciaturas de curta duração e trechos desses documentos da SBF encontram-se em: Uma polêmica longa sobre a licenciatura curta, Revista de Ensino de Física, v. 2, n. 3, 1980, p. 67/82) (ZANETIC, 2006, nota 2, p. 41).

Diante da perspectiva de que a legislação por si só não poderá alterar a realidade educacional brasileira, como também lembrando que muitos professores tiveram tanto a sua formação profissional quanto a formação educacional básica ainda na perspectiva ideológica do regime governamental acima, seria pertinente os seguintes questionamentos: Que papel esses professores atribuem à escola? Que concepção de educação científica, por exemplo, os mesmos incorporaram em suas práticas profissionais? Não pretendemos aqui debater estas questões, haja vista que foge do escopo dos propósitos deste capítulo.

Vale ressaltar também que, apesar das orientações curriculares, os reflexos desses documentos estão distantes das salas de aula, como também o desconhecimento dos professores sobre eles. Possivelmente este quadro deve-se à própria elaboração do documento: proposta elaborada para um país de dimensões continentais, com grande diversidade cultural, econômica e social, porém centralizado nas orientações de um grupo, sem que tivesse ocorrido uma discussão mais ampla com os professores da educação básica, bem como uma discussão mais sistemática com os formadores de professores e pesquisadores da educação científica.

No tocante à formação dos professores de física, além das lacunas peculiares a uma formação deficiente e ultrapassada, temos também que ressaltar o quantitativo de professores que não obtiveram formação básica específica. Por isso, não é incomum encontrarmos nas escolas brasileiras professores de física que ainda não concluíram a sua formação básica, ou que essa formação tenha ocorrido em outra área do conhecimento. Como exemplo concreto desta situação, através de pesquisa realizada junto a professores de física de um município do estado de São Paulo, Camargo (2007) constatou que apenas 36% dos professores de física em uma amostra de 17 professores, haviam concluído a formação básica compatível.

Constatação semelhante a de Camargo (2007) foi obtida por Machado e Nardi (2003), ao pesquisarem sobre a formação acadêmica dos trinta e nove professores de física que atuavam em escolas públicas estaduais de uma cidade localizada no estado do Paraná. Dos trinta e nove professores atuantes na cidade, vinte e quatro participaram da pesquisa respondendo a um questionário. Sobre a formação básica dos professores, os autores da pesquisa constataram que apenas sete haviam cursado formação específica – dois haviam cursado a Licenciatura em Física; três a Licenciatura em Física e Matemática e dois, Licenciatura em Ciências com habilitação em Física.

Baseando-se no Censo Escolar da Educação Básica 2007, a diretoria de estudos estatísticos do Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira (INEP) divulgou que o número de professores com formação em física e que atuam no ensino médio brasileiro é de 12.355. Destes, 11.490 são licenciados e 865 não possuem licenciatura. No entanto, o número de professores que atuam no Brasil na disciplina física é de 44.566, dos quais 40.804 são licenciados e 3.762 não possuem licenciatura.

O resultado do censo do INEP também revela que 15.170 professores que lecionam física no Brasil possuem licenciatura em matemática. Ou seja, um percentual de 34% dos 44.566 que atuam como professores de física são professores licenciados em matemática. Logo, podemos concluir que a quantidade de professores licenciados em matemática que leciona física - 15.170 - é superior ao quantitativo dos licenciados em física atuantes.

No documento do INEP, mencionado acima, também chama a atenção o fato de que somente 57% dos docentes que atuam na pré-escola, no ensino fundamental e no ensino médio brasileiros, possuem formação específica. Ressaltam ainda que, apesar do aumento da procura pelos cursos de licenciatura, as áreas de Ensino de Física e Ensino de Química requerem uma política específica no intuito de suplantarem o déficit de profissionais qualificados.

A constatação de que o quantitativo de professores de física no Brasil é insuficiente para atender à demanda da educação básica não é recente. Conforme comenta Almeida Júnior (1979; 1980), durante a realização do I Simpósio Nacional de Ensino de Física (I SNEF), ocorrido em janeiro de 1970 na Universidade de São Paulo, participaram em torno de duzentos professores de física, oriundos de diversos estados brasileiros. A partir deste encontro, algumas constatações foram apontadas, dentre elas, a quantidade insuficiente de professores de física para atuar no correspondente ao nível médio da educação básica. Outra constatação dos participantes deste encontro foi que na formação dos professores de física priorizava-se a formação em conteúdos específicos da física e da matemática, em detrimento da formação pedagógica do futuro professor.

Chamamos ainda a atenção para a hipótese pontuada no documento INEP, mencionando que nada assegura que a quantidade de professores de física com formação específica esteja exercendo a função. Ora, isso é fato conhecido dos vários professores de física brasileiros e reflete a ausência de uma política profissional para este setor. O que leva um profissional a não atuar na área em que se profissionalizou, mesmo havendo carência de profissionais?

Diante da perspectiva pontuada anteriormente, opinamos que não basta ampliar o quantitativo de professores com formação em Física se as políticas públicas não delinearem a possibilidade de uma política de profissionalização da atividade, através de alguns fatores: política salarial para os professores, condições físicas minimamente satisfatórias, além de materiais didáticos, tendo em vista que a maioria das escolas públicas ainda se limita a oferecer ao professor o quadro e o giz; aos estudantes, um livro didático. Não são apenas esses parâmetros, porém, sem os mesmos, é impossível a construção de um ensino de Física minimamente satisfatório para propiciar uma educação científica, qualquer que seja a opção pedagógica adotada.

Com o intuito de propiciar uma educação científica básica sintonizada com uma perspectiva que rompe com o ensino propedêutico, vários enfoques educacionais têm sido sugeridos, inclusive no contexto brasileiro. Por exemplo, os enfoques Ciência, Tecnologia e Sociedade; a Interdisciplinaridade, História e Filosofia da Ciência e dentre tantas outras proposições, a inserção dos conteúdos da Física Moderna e Contemporânea na educação básica, sobre a qual particularizaremos o foco da nossa investigação, porém, analisando a conexão da mesma com a racionalidade subjacente.

1.2 O Que Dizem os Defensores da Introdução da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica? Algumas Justificativas e Tendências

Constata-se na literatura específica que nos últimos anos intensificou-se a existência de uma tendência internacional congregando justificativas que ressaltam a necessidade de uma atualização dos currículos da educação básica. Uma destas proposições transcorre em torno da introdução da Física Moderna e Contemporânea nos currículos da educação básica.

Os propósitos de algumas justificativas existentes na literatura acerca da introdução da FMC na educação básica são distintos, porém, muito frequentemente, são complementares entre si. Abaixo, explanaremos acerca de alguns deles.

Defendendo que o conhecimento científico produzido mais recentemente seja alcançado por todos, Taylor e Zafiratos (1991) sugerem que os princípios básicos da Física Contemporânea sejam incorporados nos cursos, destinados a estudantes que não pretendem continuar com estudos científicos posteriores.

Apoiando-se em uma perspectiva predominantemente epistemológica, Gil et al (1987) defendem que o ensino de tópicos da Física Moderna aos estudantes da educação básica poderá contribuir para que os mesmos obtenham uma visão mais coerente da

Física, como também da própria natureza do trabalho científico. Os autores também acreditam na possibilidade de que a FMC neste nível de ensino poderá contribuir para a superação da visão de que o desenvolvimento da ciência seja linear e cumulativo.

Stannard (1990) pesquisou as motivações de estudantes universitários de Física com o intuito de identificar as motivações dos mesmos pela opção do curso. Constatou que o interesse em tópicos da Física Moderna, tais como a Relatividade, as Partículas Elementares, a Teoria Quântica, bem como a Astrofísica foram os que mais influenciam os estudantes pela opção do curso. Assim o autor defende que a introdução destes tópicos na educação básica poderá fomentar o interesse dos estudantes pela ciência, interesse esse que certamente se prolongará por toda a vida deles. Além disso, o conhecimento desses tópicos também poderá auxiliar esses jovens a explorarem a própria curiosidade sobre os temas.

Defendendo a introdução de tópicos da FMC na educação básica, a partir da pressuposição de que o conhecimento é um produto cultural, Torre (1998) apresenta algumas razões para tal proposição, a saber: a) conectar o estudante com a sua história; b) protegê-lo do obscurantismo e das pseudociências; c) possibilitar que o aluno possa localizar corretamente o ser humano na escala temporal e espacial da natureza; d) Física Moderna e Contemporânea possui múltiplas e evidentes conseqüências tecnológicas; e) pela sua beleza como também pelo prazer do conhecimento, tendo em vista que é uma parte inseparável da cultura e que o saber nos faz livre e valoriza a humanidade.

Semelhantemente a Torre (1998), já em 1986, Aubrecht argumentava que a inserção de tópicos da Física Moderna na educação básica, possibilitaria que muitos estudantes compreendessem os princípios físicos de artefatos presentes no cotidiano deles. Nesta perspectiva Torre (op. cit.) assinala:

O uso de tópicos da física moderna poderia contribuir para que os professores mantenham ou mesmo acentuem o interesse pela ciência que os estudantes trazem para a escola /.../ Esse interesse, em muitos casos, é suprimido pela confiança em textos e planos de aulas convencionais (p. 540).

A partir de argumentos mais amplos, Shabajee e Postlethwaite (2000) enfatizam o descompasso entre os conteúdos da física ensinados nas escolas e aqueles que são relevantes para a compreensão de tecnologias disponíveis no dia-a-dia de muitos estudantes ingleses que freqüentam a educação básica ou pré-universitária. Em quatro linhas de argumentação distintas, porém complementares, os autores defendem a

necessidade de introduzir-se, urgentemente, a física do século XX nos currículos. São eles:

- 1) Reportam-se a pesquisas no campo da cognição e mencionam que crianças têm dificuldades de mudar a sua estrutura cognitiva acerca de questões que foram assimiladas em uma perspectiva limitada. Os autores defendem que a omissão da física no século XX nos currículos dificultará à aprendizagem subsequente dos estudantes, em relação aos conceitos atinentes a mencionada física;
- 2) A introdução dos conceitos da física do século XX nos currículos da educação científica básica poderá oportunizar as crianças a desenvolverem um entusiasmo mais duradouro pela ciência;
- 3) A Física Moderna poderá ser tratada como um importante elemento cultural. Caso contrário, a relevância da física trabalhada na escola será reduzida;
- 4) A ausência da Física Moderna nos currículos poderá limitar a imaginação pedagógica dos participantes do contexto educacional.

Seguindo uma linha de entendimento compatível e complementar com a perspectiva apresentada pelos autores acima, porém, em um contexto mais geral, Pérez e Solbes (2003), discorrem sobre quatro justificativas para se introduzirem conteúdos da Física Moderna na educação básica. São elas:

- 1) Conhecer a construção da Física Moderna possibilita o estudante construir uma visão não linear da ciência, como também traz evidências que a Física Clássica não explicava alguns problemas emergentes em dada época. Tal limite teórico provocou uma crise na Física Clássica, desencadeando a gênese da Física Moderna.
- 2) Possibilitaria ao estudante perceber a influência da Física Moderna na sociedade, seja em termos das aplicações tecnológicas, como também pela influência no pensamento e na cultura do seu tempo.
- 3) O estudo de conceitos da Física Moderna sintoniza-se com o interesse e a curiosidade que os estudantes desenvolvem por questões mais teóricas.
- 4) Conhecendo a Física Moderna, o estudante poderá ter uma melhor compreensão da própria Física Clássica, haja vista mostrar os limites de validade desta, bem como as próprias diferenças entre ambas.

Apesar das preocupações com a inserção da FMC na educação básica terem se intensificado nas duas últimas décadas, na década de cinquenta, por exemplo, este debate já circulava em alguns contextos dos Estados Unidos da América. A Física

Moderna foi contemplada no volume 3 do PSSC (Physical Science Study Committee), cuja primeira edição desse projeto foi publicada em 1960⁴.

Também no contexto estadunidense, temos outra evidência que reflete uma intenção para a inserção da FMC na educação básica. Em abril de 1986, ocorreu a *Conferência Sobre o Ensino da Física Moderna*, realizada no Fermilab, Illinois. O principal propósito da mencionada conferência foi alertar para a necessidade de que tópicos da Física Moderna, principalmente a cosmologia e a física das partículas, fossem inseridos em cursos introdutórios nas faculdades e universidades. Nesta conferência, também participaram por volta de uma centena de professores de física da educação básica, os quais interagiram com renomados físicos estadunidenses (AUBRECHT, 1986).

Através da nossa revisão bibliográfica, percebemos que a maioria das justificativas apontadas pelos defensores da introdução da FMC na educação básica, tende a focar os interesses motivacionais e disponibilidades cognitivos dos estudantes. Em menor quantidade, identificamos justificativas focadas em defesa da necessidade de que os estudantes desenvolvam uma compreensão mais alargada acerca da natureza da ciência e do trabalho científico.

A partir da constatação apontada no último parágrafo, pontuamos os seguintes questionamentos: será que esse foco de justificativa para introdução da FMC na educação básica é realmente válido para o contexto educacional brasileiro? Será que atende as expectativas dos professores, estudantes e a sociedade como um todo? Não seria esse um ponto de vista demais ingênuo para um país que incorpora um dos maiores índices de desigualdades sociais do mundo?

A importância política do conhecimento acerca da FMC, enquanto estratégia de soberania coletiva, ou mesmo autonomia individual, parece-nos que não está sendo devidamente contemplada pelas pesquisas. Neste sentido, afirmamos a necessidade de analisar-se a contribuição do ensino da FMC a partir de uma perspectiva político-social mais alargada e os questionamentos que lançamos no início da seção ainda carecem de um amplo debate no âmbito dos professores de física da educação básica. Avaliamos que a citação de Zanetic e Mozena (2007) amplia e reafirma esta necessidade. Os autores assinalam:

⁴⁴ Segundo Almeida (2003) a tradução deste projeto no Brasil têm a primeira edição de 1963. A autora acrescenta que este projeto influenciaria vários outros projetos desenvolvidos posteriormente no Brasil.

É preciso deixar de lado uma visão ingênua sobre o papel da ciência que a considera como um empreendimento neutro, objetivo e que nos conduz em direção ao progresso e à felicidade /.../ É necessário trabalhá-la como uma atividade cultural como quaisquer outras atividades culturais (ZANETIC e MOZENA, 2007, p. 239).

Em nossa maneira de perceber, não se trata apenas de justificar-se ou não a introdução de determinados conteúdos no currículo. Talvez, como resultado de uma produção humana, a introdução da FMC nas salas de aula, por si só, já se justifique sem maiores discussões. Contudo, faz-se necessário esclarecer que, se acreditamos que o nível de educação científica de uma população poderá contribuir para o exercício da autonomia crítica dos seus cidadãos e cidadãs, condição imprescindível para a autonomia de um país, seja mais que necessário a FMC nos currículos, porém trabalhada em uma perspectiva crítica.

Adotando uma postura mais ampla em relação à educação científica, Zanetic (1991) argumenta que a Física deverá fazer parte da formação geral do cidadão contemporâneo, independentemente dos interesses individuais ou das motivações profissionais dos mesmos. Em uma defesa mais específica, Zanetic (2006) também argumenta que continua convencido de que o ensino de física não poderá prescindir da História e da Filosofia da Ciência, bem como de outras ligações com a cultura. Essa é uma postura que vem sendo defendida pelo autor ao longo de duas décadas (ZANETIC, 1989). Dentre outras possibilidades, o ensino de Física articulado com várias áreas do conhecimento, favoreceria uma educação “problematizadora” e em sintonia com questões sociais mais amplas (ZANETIC, 2005).

Abordagens no ensino de física em articulação com a cultura encontram eco em recomendações contidas nos documentos oficiais brasileiros. A título de exemplo, a menção abaixo, contida nos PCN+, no tocante aos objetivos do ensino de ciências:

“Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea. /.../ Compreender formas pelas quais a Física e a tecnologia influenciam nossa interpretação do mundo atual, condicionando formas de pensar e interagir” (BRASIL, 2002, p. 68).

A perspectiva de que a ciência e a tecnologia sejam trabalhadas como parte integrante da cultura, vai ao encontro de outra perspectiva contida nos PCN+. A valorização da contextualização dos conteúdos didáticos, as aplicações tecnológicas e não apenas a mera exposição dos conteúdos. Embora nos PCNs a terminologia

contextualização não esteja devidamente aclarada, grosso modo, interpretamos que se trata de relacionar os conteúdos como dos fenômenos próximos a vivência dos estudantes.

Outro aspecto igualmente recomendado pelos PCN+ é que o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico seja reconhecido como conhecimentos que propiciam o exercício da cidadania (BRASIL, 2002).

As recomendações acima para o ensino de física vão ao encontro da perspectiva centrada na demonstração de equações pelos professores e a consequente memorização pelos estudantes, a substituição de variáveis e a apresentação dos conceitos sem a relação com o contexto histórico-cultural.

Acerca de algumas justificativas presentes na literatura para a introdução da FMC na educação básica, avaliamos oportuno pontuarmos os seguintes questionamentos:

- Até que ponto as justificativas apresentadas por pesquisadores dos chamados países desenvolvidos acerca do ensino da FMC na educação básica contemplam as necessidades educacionais e os anseios requeridos pela sociedade brasileira?
- Com qual intento que pesquisadores defendem que a FMC seja incluída no contexto da educação básica brasileira?

Na literatura, existem recomendações de posturas metodológicas diferenciadas no intuito de se viabilizar a introdução da FMC tanto na educação básica, quanto na formação de profissionais. Tais recomendações são classificadas em três grupos:

i) Em uma abordagem metodológica, Helmut Fischler e Michel Lichtfeldt (1992) da Universidade de Berlin propõem a não utilização de referência aos modelos semi-clássicos, como por exemplo, o átomo de Bohr, ao se inserir conteúdos da FMC na educação básica. Os autores argumentam que referências aos modelos da Física Clássica poderão funcionar como um obstáculo para a aprendizagem conceitual dos tópicos da FMC pelos estudantes.

ii) Outra abordagem metodológica é defendida por Gil Perez e Jordi Solbes (1993) da Universidade de Valência, para os quais a FMC deverá ser apresentada na educação básica a partir da evolução histórica dos conceitos. Os autores defendem que os limites da Física Clássica sejam debatidos, aclarando assim os limites de validade desta. Defendem os autores que a ausência de referências às dificuldades da Física Clássica poderá favorecer o surgimento de erros conceituais por ocasião da interpretação dada pelos estudantes acerca da construção da ciência moderna.

iii) Uma terceira perspectiva metodológica, defendida por Arnod Arons (1990) da Universidade de Washington, EUA, propõe a seleção de alguns tópicos em relação aos quais considerações essenciais devem ser abordadas na educação básica. Arons focaliza sua atenção em relação à complexidade matemática subjacente à Teoria da Relatividade. No entanto, o autor defende que se deve buscar sustentação nos tópicos da Física Clássica no ensino dos tópicos da FMC.

Diante das justificativas apresentadas pelos pesquisadores acerca da introdução da FMC na educação básica, bem como das recomendações de posturas metodológicas para tal intento, analisemos o lugar que tem sido ocupado pela mencionada física nos currículos oficiais.

1.3 O Lugar Ocupado Pela Física Moderna e Contemporânea nos Currículos e nos Planejamentos de Ensino

Lobato e Greca (2005) analisaram os currículos oficiais da educação básica de vários países⁵ e constataram que nos mesmos encontra-se incorporada a FMC em suas programações, notadamente a Teoria Quântica. Assim denotam intenções em colocarem os conteúdos curriculares em sintonia com o mundo em torno dos estudantes. Notadamente em relação à Teoria Quântica, as autoras buscaram analisar os conteúdos selecionados e as perspectivas de abordagens sugeridas pelos currículos oficiais.

Stannard (1990) analisou currículos da educação científica básica de vários países europeus e declarou que pareciam ter sido propostos há mais de 100 anos. Em nenhum deles havia sido incorporada a Física desenvolvida no século XX. Fazendo contraponto com as constatações de Lobato e Greca (2005) evidencia-se assim que na década de noventa, bem como na metade da década seguinte, a FMC foi oficialmente incorporada em várias propostas curriculares.

Vale salientar que a presença da FMC nos currículos oficiais não assegura que a mesma esteja de fato sendo trabalhada em sala de aula, como também não assegura que esteja sendo trabalhada em sintonia com as perspectivas defendidas pelos pesquisadores ou com as recomendações contidas nas políticas públicas. Ou ainda, em sendo as proposições destes setores insatisfatórias, não se assegura que a FMC esteja sendo trabalhada na perspectiva de atender aos anseios dos envolvidos na comunidade

⁵ As autoras visitaram os sites oficiais dos governos de Portugal, Espanha, França, Reino Unido, Dinamarca, Suécia, Canadá, Itália, Finlândia e Austrália.

escolar, ou mesmo em uma perspectiva que vise contribuir com uma educação científica crítica.

Ao final da década de oitenta, Aubrecht (1989) requeria a atualização curricular estadunidense. Como argumentação, reportava-se a uma menção de dois físicos da universidade de Maryland, a qual havia sido proferida sobre os livros didáticos, na década de sessenta. Os mesmos assinalaram:

Se um físico do século XIX fosse solicitado a ensinar física em um nível introdutório usando um texto atual, ele o faria sem grandes dificuldades. Entretanto, se o mesmo físico tentasse ler *Physical Review Letters* ou *Physical Review* ou falar sobre as pesquisas atuais em física, isto seria impossível para o mesmo (Wilson e Redish, apud AUBRECHT, p. 355).

No contexto brasileiro, mais recentemente vários pesquisadores têm defendido que a FMC faça parte da programação curricular da educação básica (ZANETIC, 1989; ANGOTTI E DELIZOICOV, 1991, TERRAZZAN, 1992, apenas para citar alguns). Terrazzan (1992), por exemplo, alerta que as programações curriculares reais limitam-se, majoritariamente, a conceitos da Física que foram desenvolvidos entre os anos de 1600 e 1850. Além disso, nem toda a programação é cumprida. Acerca desta constatação, Terrazzan (op.cit.) assinala:

É comum os programas mais completos de física no 2º grau se reduzirem apenas à Cinemática, Leis de Newton, Termologia, Óptica Geométrica, Eletricidade e Circuitos Simples (p. 211).

Sobre a organização dos conteúdos nos livros didáticos, entendemos que referem-se a uma articulação com diretrizes mais amplas. Acerca desta questão, Bernstein (1996) argumenta que a seleção, a organização e a avaliação do conhecimento educacional refletem tanto a distribuição de poder como os princípios do controle social. Bernstein (op. cit.) opina ainda que tanto a transferência de textos e discursos entre contextos distintos, encontra-se submetidos a processos de interpretação e lutas dos grupos dominantes socialmente.

A partir das orientações contidas nos PCNs, a recomendação oficial vigente no Brasil é que a FMC seja introduzida no nível médio da educação básica. Recomendações contidas nos PCN+ perseguem os entornos das aplicações tecnológicas decorrentes das teorizações da Física, bem como suas articulações com a ética e a cidadania.

Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, por exemplo, estabelecendo contato com os avanços das

novas tecnologias na medicina, por meio de tomografias ou diferentes formas de diagnóstico; na agricultura, nas novas formas de conservação de alimentos com o uso das radiações; ou, ainda, na área de comunicações, com os microcomputadores, CDs, DVDs, telefonia celular, tevê a cabo (PCN+, p. 68).

Apesar da relevância do propósito de introduzir-se a FMC nas salas de aula com o intuito de possibilitar aos estudantes compreenderem o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, em nossa forma de perceber, essa é uma visão bastante restrita. Tão importante quanto se conhecerem as tecnologias decorrentes da FMC é conhecerem-se os impactos das mesmas; desvelarem-se com que propósitos foram elaboradas e a que se prestam; desvelar-se a que grupos essas tecnologias estão a serviço; desvelar-se no contexto da sala de aula, a inacessibilidade de muitos aos benefícios dessas tecnologias, por exemplo, apesar de muitas terem sido desenvolvidas a partir de financiamentos públicos. Essas são questões que, em nossa maneira de perceber, estão além da simples compreensão dos avanços tecnológicos, porém imprescindíveis para despertar uma educação científica crítica.

Em sintonia com as sugestões oficiais apontadas anteriormente acerca da introdução da FMC na educação básica, destacamos a crescente quantidade de materiais didáticos produzidos com tal finalidade, no contexto brasileiro. Podemos mencionar, por exemplo, a produção de softwares, livros paradidáticos, etc.

Apesar das sugestões apresentadas acima, será que a FMC encontra-se nos currículos reais e nos planos de ensino dos professores? Se a mesma encontra-se nos planos de ensino das unidades escolares, o que assegura que esteja sendo trabalhada no dia a dia das salas de aula? Além disso, como está sendo trabalhada? Ou seja, com quais propósitos os professores estão introduzindo a FMC na educação básica? Seria apenas para atender determinações impostas aos mesmos pelos planejadores de currículos, os quais normalmente encontram-se bastante alheios à realidade do contexto escolar? Ou será que os professores estão introduzindo a FMC nos planejamentos de ensino por convicção de que a mencionada Física não poderá ficar a margem da educação científica contemporânea?

Entendemos que muito mais importante do que defender uma atualização curricular por meio da introdução da FMC nos programas de ensino, é perseguirmos uma nova maneira de olharmos para a educação científica. É buscarmos uma educação científica sem o domínio generalizado dos ditames da razão instrumental. É

considerarmos o potencial emancipador da educação científica e o uso político da mesma. Acreditamos que tal linha de entendimento nos possibilitará outra maneira de olharmos não somente para o ensino da FMC, mas também do ensino da Física Clássica e por que não, uma nova maneira de olharmos o ensino da “Física” Pré-Clássica?

A partir da perspectiva defendida no último parágrafo, acreditamos que o ensino da FMC na educação básica brasileira, não deverá prescindir de alguns questionamentos, os quais ora elegemos como importantes, porém, sem desprezarmos a existência de vários outros. A saber:

- Por que é relevante o ensino da FMC na educação básica?
- Em que medida a FMC incorporada à educação científica poderá contribuir para a emancipação humana?
- Poderíamos situar o conhecimento da FMC com outras formas de conhecimento, os quais foram historicamente construídos?
- Estariam as intenções de introdução da FMC na educação básica compatíveis com as “condições concretas” que os professores brasileiros encontram-se? Quais os obstáculos a serem superados?
- Que educação científica queremos e que o que esperamos da mesma?

Na próxima secção, trataremos das possibilidades e limitações dos professores de física da educação básica introduzirem a FMC nas aulas de física, conforme evidenciam os resultados de algumas pesquisas.

1.4 A Introdução da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica: Investigando as Limitações e Possibilidades dos Professores de Física

Em relação ao ensino da FMC no contexto brasileiro, identificamos a existência de propostas didáticas, bem como o relato de várias experiências educacionais implementadas no nível médio da educação básica. Porém, estas últimas parecem ser pontuais, principalmente com finalidades exploratórias de investigação. Interpretamos essa perspectiva como uma evidência de que a FMC ainda não faz parte dos planos de ensino dos professores da educação básica, com a frequência desejada.

Apesar da várias justificativas para a introdução da FMC no nível médio da educação básica, dos materiais didáticos analisados e produzidos com tal finalidade, bem como das propostas didáticas e experiências educacionais já implementadas, percebemos que as dificuldades e possibilidades dos professores de física para

introduzirem a FMC em planos de ensino, não têm recebido a mesma atenção dos pesquisadores.

Pesquisas investigando as dificuldades e possibilidades dos professores de física em introduzir a FMC na educação básica seriam bastante valiosas, não somente visando a formação continuada dos professores. Também trariam evidências no sentido de oferecer diretrizes aos formadores de professores de física para a educação básica.

Como justificativa para a necessidade de se compreender as dificuldades e possibilidade dos professores de física em introduzir a FMC, destacamos algumas pesquisas realizadas no contexto brasileiro, as quais revelam aspectos bastante peculiares das reais condições dos professores de física.

Em pesquisa realizada com vinte e quatro professores de física, dos trinta e nove atuantes em vinte escolas públicas estaduais pertencentes a um município localizado no estado do Paraná, Machado e Nardi (2003) constaram que 50% dos professores participantes atribuíam um alto grau de importância ao ensino da FMC no ensino médio. Vale aqui salientar que, apenas 29% dos vinte e quatro professores mencionaram abordar temas da FMC com uma certa frequência; 38%, às vezes; 8%, raramente e 21%, nunca abordou. Porém, a falta de tempo foi um dos fatores apontados pelos professores como dificultando a inserção da FMC na sala de aula.

Sobre as razões que levaram os professores investigados por Machado e Nardi (2003) a inserirem a FMC nas programações, 25% dos professores mencionaram a possibilidade de atualização do conhecimento científico; 17% dos professores citaram evidenciar os avanços científicos e tecnológicos. Os autores também apresentam outros motivos que foram mencionados apenas uma vez pelos professores: apresentar a Teoria da Relatividade; atender o interesse espontâneo dos estudantes; estimular o interesse espontâneo dos estudantes e evidenciar que sempre resta algo a conhecer no universo.

Ainda na mesma pesquisa, Machado e Nardi (op. cit.) constataram que, apenas sete dos professores que participaram da pesquisa possuíam formação compatível com o ensino de física – dois licenciados em física; três são licenciados em física e matemática e dois, licenciados em ciências com habilitação em física. Os demais professores que participaram da pesquisa possuíam formação diversificada. Um professor com formação em administração de empresas; três com formação em engenharia; três com formação em ciências; um com formação em ciências exatas; sete com formação em matemática e um professor absteve-se em responder ao item do questionário.

Em outra pesquisa, Souza e Fagan (2005) utilizaram questionário e investigaram o perfil da formação de vinte professores de física de uma cidade da região Sul do Brasil, como também a implementação de propostas de ensino da FMC em suas aulas. Oito dos professores do total investigado havia concluído a licenciatura em Física (grupo A) e consideraram que as respectivas formações em FMC haviam sido satisfatórias. Os demais professores (grupo B) haviam concluído a licenciatura em Matemática, com habilitação em Física e não tinham tido formação em FMC.

Apesar de todos os professores que fizeram parte da pesquisa de Souza e Fagan (op. cit.) considerarem relevante a introdução da FMC na educação básica, quatro professores pertencentes ao grupo A não introduziam a FMC em suas aulas. Os demais desse grupo trabalharam superficialmente, apenas os conteúdos existentes na programação de um concurso de acesso a uma universidade pública. Em relação aos professores do grupo B (doze professores), os autores informaram que apenas dois haviam trabalhado alguns conceitos da FMC em suas aulas de Física.

Em um município da região Sudeste brasileira, Oliveira et al (2007) pesquisaram as opiniões de dez professores de física, atuantes em escolas públicas e particulares, acerca da introdução de tópicos da FMC no nível médio da educação básica, em particular o tópico raios X. Os autores da pesquisa identificaram que todos os professores mostraram-se favoráveis à introdução da FMC na educação básica, porém, sete dos professores nunca haviam introduzido qualquer tópico da FMC em seus planos de ensino. Três destes professores já haviam trabalhado com tópicos da FMC nas aulas de Física, porém, reconheceram que foi por meio de uma abordagem bastante superficial.

Oliveira et al (op. cit.) identificaram que as principais dificuldades apontadas pelos professores em não trabalharem a FMC no nível médio foi o tempo reduzido para as aulas de física, principalmente nas escolas públicas, como também a não exigência dos conteúdos em programas de vestibulares. Esta última questão foi alertada principalmente em relação às escolas particulares, as quais priorizam em suas programações curriculares os conteúdos que são exigidos no programa da mencionada seleção.

Pelo exposto nas últimas pesquisas, acima citadas, há indícios de que as justificativas apresentadas pelos pesquisadores, como também pelas reformas curriculares acerca da introdução da FMC na educação básica, não tem estado em sintonia com as ações dos professores de física da educação básica brasileira. Neste

sentido, avaliamos como sendo oportuno questionarmos para quem falamos e com quais intenções falamos esses pesquisadores, tendo em vista que as vozes dos mesmos parecem não influenciar as atividades dos professores de física, a quem esses pesquisadores procuram atender?

O descompasso existente entre as sugestões dos pesquisadores e as atividades dos professores de física no tocante à introdução da FMC na educação básica, assemelha-se às constatações de Almeida (2003) acerca da leitura das recomendações da academia, endereçada aos professores de física da educação básica brasileira. A autora assinala:

Frequentemente tem sido dito ao professor o que fazer, sem associação com as condições em que pode ser feito, e, principalmente, sem a origem e possíveis determinantes das recomendações que lhe são dirigidas. E, além disso, algumas vezes, os próprios produtores e difusores desse ideário não se questionam sobre seus princípios e significação (p.5).

O descompasso existente entre as sugestões dos pesquisadores para a inclusão da FMC na educação básica e a ausência de efetivação da mesma pelos professores de física, ainda parece revelar a presença de obstáculos bastante marcantes os quais impedem a implementação da mencionada proposição. Além das proposições bastante restritas no tocante à inclusão da FMC na educação básica, normalmente apoiada em preceitos da racionalidade instrumental, existe também a problemática relacionada com a formação inadequada dos professores, bem como a centralização de diretrizes pelas respectivas Secretarias Estaduais da Educação.

Chamando a atenção dos defensores da introdução da FMC na educação básica, principalmente, dos formadores de professores de Física, pontuamos uma citação de Lévy-Leblond (2002). O autor assinala:

Assim, em vez de querer modernizar a todo custo os conteúdos específicos do ensino científico, parece-me muito mais urgente levar os alunos à compreensão do que é realmente Ciência, de seus processos de trabalho, seus desafios epistemológicos, suas implicações sociais (p.72).

Pelo exposto acima, entendemos que o autor em citação realça o ponto de vista de que, tão importante quanto tentar introduzir novos conteúdos nos currículos da educação científica básica, com o pretexto de modernizá-los, é desenvolver novas possibilidades de compreensão acerca de toda a ciência, seja no campo ontológico, epistemológico, bem como dos impactos causados pela mesma.

A proposição apontada por Lévy-Leblond (2002) não está desvinculada da questão da formação dos professores. Não basta introduzirem-se novos conteúdos nas propostas curriculares. Tão importante quanto, ou até mais importante do que os conteúdos em si, são as proposições políticas mais gerais que incorporam. Avaliamos que este ponto de vista é contemplado nas defesas empreendidas pelos educadores críticos visando uma educação emancipatória.

1.5 Os Livros Didáticos na Educação Científica e as Abordagens Sobre a Física Moderna e Contemporânea

1.5.1 O Lugar Ocupado Pelos Livros Didáticos na Educação Científica e Nas Políticas Públicas Brasileiras

Em diversos países, o livro didático tem sido considerado um dos recursos mais utilizados como fonte de consulta, tanto por professores quanto por estudantes da educação básica. No entanto, não incomum é a utilização do livro didático ocorrendo em uma perspectiva ingênua, haja vista durante muito tempo ter sido concebido como fonte de conhecimento verdadeiro e que é compartilhado por toda a comunidade científica (CAMPANARIO, 2001).

Campanario (op cit) argumenta que o livro didático tanto influencia a aprendizagem dos estudantes como os procedimentos dos professores, seja em termos da escolha dos conteúdos, na seqüência das abordagens, como também nas atividades sugeridas e ainda nas avaliações de aprendizagem. Diante dessas influências, acrescentando-se as interpretações decorrentes das leituras individuais realizadas pelos estudantes, certamente o livro didático deixa suas marcas no percurso das atividades dos professores e da aprendizagem dos estudantes.

No contexto educacional brasileiro, a intensa utilização do livro didático na educação básica também não tem sido diferente, apesar de algumas exceções. No entanto, Megid Neto e Francalanza (2003) opinam que os professores da educação básica têm cada vez mais se recusado a adotar fielmente as sugestões trazidas pelos livros didáticos disponibilizados no mercado. Por isso, fazem constantes adaptações no sentido de adequá-lo à realidade escolar, bem como as suas convicções pedagógicas.

Referindo-se a um contexto específico, um estado da região sudeste brasileiro, Amaral (2006) menciona que o livro didático não é o único recurso utilizado pelos

professores, haja vista que utilizam também jornais e outras fontes paradidáticas. No entanto, Amaral (op. cit.) opina que o livro didático continua sendo o recurso didático mais importante no contexto educacional. Cita que a utilização dos livros pelos professores pesquisados está mais relacionada com a utilização de figuras, ilustrações e atividades, fonte de textos e principalmente a sequência de abordagem dos conteúdos. É provável, no entanto, que essa seja uma constatação isolada.

Apesar das várias sugestões para a diversificação dos materiais didáticos, o intenso uso do livro didático pelos estudantes é percebido como consequência da dificuldade de acesso a outros materiais didáticos.

A intensa utilização do livro didático no contexto educacional brasileiro não é por acaso. Selles e Ferreira (2004) argumentam que a partir da década de setenta do século XX ocorreu uma supervalorização do livro didático, como uma tentativa de compensar a crescente desqualificação profissional propiciada aos professores. Por essa desqualificação profissional, entenda-se a formação do professor cada vez mais aligeirada, associada às próprias políticas salariais que requerem do profissional uma maior quantidade de horas-aula. Assim, cada vez mais o livro didático tem se apresentado como um instrumento do qual o professor não poderá prescindir, tendo em vista que tal recurso apresenta-se como uma alternativa para auxiliá-lo a desenvolver atividades que, com a grande quantidade de horas-aulas requerida deste, não seria possível fazê-las.

Selles e Ferreira (op. cit.) acrescentam que, principalmente os professores do ensino fundamental, encontraram no livro didático um colaborador silencioso, que seleciona os conteúdos a serem trabalhados, bem como a sequência da abordagem, os procedimentos metodológicos a serem adotados em sala de aula, atividades e exercícios a serem requeridos dos estudantes, etc.

Como consequência da intensa utilização do livro didático no contexto da educação básica, avaliamos que o professor torna-se um repetidor de atividades pré-elaboradas por outros, as quais incorporam propósitos que são alheios, tanto aos professores, quanto aos estudantes. Com isso, o professor vai, pouco a pouco, perdendo a sua autonomia, autonomia para criar e recriar o saber, no sentido concebido por Freire (2006).

Acerca da influência do livro didático no contexto educacional Apple (1995) assinala:

São os livros didáticos que estabelecem grande parte das condições materiais para o ensino e a aprendizagem nas salas de aula de muitos países através do mundo (p. 81).

O livro didático também é citado por Scaff (2004) como instrumento de controle ideológico. Como exemplo particular, o autor cita o período em que o Brasil esteve sob o regime militar a partir da década de sessenta do século XX. As mensagens dos livros didáticos continham uma visão de realidade próspera e promissora.

Na perspectiva do livro didático ocupar uma lacuna deixada pelo professor, encontram-se as orientações do Banco Mundial. Para este, o livro didático tem um papel de destaque no tocante à aprendizagem dos estudantes, chegando a superar os conhecimentos e a experiências dos professores (BANCO MUNDIAL, 1995).

Outra evidência da importância que o livro didático ocupa no contexto educacional brasileiro é a legitimidade dispensada ao mesmo no contexto das políticas públicas. Destacamos o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), o qual tem como objetivo básico assegurar a distribuição gratuita e universal dos livros didáticos nas escolas públicas da educação básica (BRASIL, 2005).

Em 1985, através do Decreto Lei nº 91.542, foi criado o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), visando à distribuição de livros didáticos a estudantes da 1ª a 8ª séries em escolas públicas federais, estaduais, municipais e territoriais brasileiras. Nesta primeira fase, eram distribuídos livros de Comunicação e Expressão, e de Matemática.

Devido ao artigo 208 da Constituição de 1996, a distribuição do livro didático toma caráter obrigatório, tendo em vista que a mesma requer programas suplementares de atendimento ao educando, como material didático, transporte, alimentação e assistência à saúde.

Essa primeira fase do PNLD foi ampliada através da Resolução FNDE nº 38/03, de 15/10/2003. Através dessa Resolução iniciou-se o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM), com o intuito de distribuir, de forma progressiva, os livros didáticos para os estudantes do nível médio das escolas públicas brasileiras. Segundo Abreu et al (2005), a partir de 1999, os livros didáticos vêm sendo constantemente reformulados e as novas edições assumem cada vez mais pressupostos e slogans contidos nos documentos oficiais brasileiros, visando, assim, em meio as disputas, construir determinadas identidades.

A avaliação dos livros didáticos a serem incluídos no PNLD tem sido feita por equipes de avaliadores especialistas nas áreas específicas, a partir de critérios anteriormente definidos. Os livros selecionados pelo programa constituem o Guia dos

Livros Didáticos, publicado pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional (FNDE) e distribuídos nas escolas cadastradas no senso escolar realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisa Educacionais Anísio Teixeira (INEP).

A partir do Guia dos Livros Didáticos, os professores da educação básica realizam a escolha dos livros, iniciando-se então o processo de negociação entre os órgãos governamentais e as editoras para a compra e distribuição dos livros selecionados na etapa final pelos professores.

Pelo exposto anteriormente, quando os livros didáticos são selecionados pelos professores da educação básica, esses livros já haviam sido previamente escolhido pelos especialistas. Neste sentido, a escolha do livro didático pelo professor da educação básica é apenas uma escolha secundária.

Chamamos a atenção para a centralização da escolha dos livros didáticos pelos órgãos governamentais brasileiros. Definem todas as etapas, inclusive os avaliadores dos livros, de modo que, apenas no processo final que chega aos professores da educação básica para escolherem entre alguns livros, com todos os critérios já previamente definidos. Ou seja, a escolha do livro didático da educação básica brasileira é um processo, cujas principais decisões são reguladas pelo Estado. Referindo-se a uma situação de avaliação dos livros didáticos pelo Estado, Apple (1997b) opina que o livro didático torna-se um material que auxilia o Estado a manter o controle simbólico do conhecimento. Assim, o conhecimento legitimado pelos livros didáticos, “o conhecimento oficial” tomado como “capital cultural” é um conhecimento filtrado e resultante de um ato de dominação. Acerca deste contexto, Apple (op. cit.) questiona: seria a incompetência dos professores que deram poder a essas comissões de avaliadores dos livros didáticos?

Interpretamos que essa centralização do processo de avaliação do livro didático brasileiro, denota mais uma influência do neoliberalismo nas políticas educacionais, ou seja, a centralização das decisões por equipes de especialistas distantes da realidade educacional, conforme comentaram Santos e Andrioli (2005) em relação aos currículos.⁶

Acerca dessa centralização da avaliação dos livros didáticos por especialistas, lançamos mão de alguns questionamentos: Por que delegam a esse grupo que legitimem

⁶ Em uma perspectiva semelhante, a partir do ano de 2008, a Secretaria Estadual de Educação do estado de São Paulo constituiu equipes que elaboraram uma programação e sequência de conteúdos que deveriam ser seguidos pelos professores da educação básica.

o conhecimento a ser incluído nos livros didáticos? Será que esses especialistas conhecem o contexto no qual será utilizado o livro didático? Será que o conhecimento legitimado por esse grupo de especialistas inclui as experiências históricas e culturais das minorias? Por que o conhecimento de um determinado grupo passa a ser o conhecimento válido para milhares de estudantes brasileiros que frequentam as escolas públicas? Em que medida esse percurso é eticamente legítimo?

Apple (1997a) tem discutido que o conhecimento que a sociedade recebe como verdadeiro é o conhecimento selecionado por um grupo para ser o *conhecimento oficial*. O autor também tem afirmado que o livro didático não é um produto isolado do comércio. Nesta vertente de entendimento, Apple (2006) argumenta que é ingênuo se pensar no conhecimento como algo neutro, mas o resultado de complexas relações de poder. Acerca do papel ideológico incorporado ao livro didático, Apple (1997a) apoia-se em teorizações de Alland Ludke, e assinala:

/.../ livro texto não são simplesmente “sistemas de entrega” de “fatos”, como a aliança de direita mostrou de forma conclusiva, ao enfatizá-lo repetidamente. Eles são, ao mesmo tempo, os resultados de atividades políticas, econômicas e culturais, de lutas e concessões. Eles são concebidos, projetados e escritos por pessoas reais, com interesses reais. Eles são publicados dentro dos limites políticos e econômicos de mercados, recursos e poder (p. 74).

1.5.2 A Física Moderna e Contemporânea nos Livros Didáticos da Educação Básica

Em distintos países, as abordagens da FMC nos livros didáticos parecem revelar alguns problemas, os quais vão ao encontro das recomendações dos pesquisadores em educação nas ciências.

No Brasil, é crescente e diversificada a quantidade de pesquisas avaliando os livros didáticos. No entanto, os resultados não têm sido dos mais animadores. Os resultados das pesquisas em livros didáticos brasileiros revelam uma total desarticulação entre o que sugerem as pesquisas e o entendimento dos autores e editores acerca desses resultados.

Martins (2006) ressalta a relevância do crescente número de pesquisas que têm sido realizadas avaliando os livros didáticos. Porém, no campo das ciências, a autora destaca que têm sido priorizados inventários e discussões de erros conceituais. Martins (op. cit.) ressalta ainda trabalhos que discutem os processos de seleção dos livros

didáticos pelos professores e o uso nas escolas. A autora acrescenta que pesquisas investigando as linguagens dos livros didáticos configuram-se com uma lacuna. Por isso propõe a análise dos livros didáticos de ciências a partir dos referenciais da análise do discurso da escola francesa.

Devido à alerta de Martins (op. cit.), destacamos a pesquisa realizada por Abreu et al (2005). As autoras analisaram três coleções de livros didáticos de Biologia e Química brasileiros, os quais haviam sido publicados após o ano de 1999, visando compreender como estavam hibridizando e recontextualizando as recomendações dos PCNs e outros documentos oficiais sobre a contextualização e tecnologias. Constataram que esses livros didáticos incorporam diferentes posições e sentidos no tocante à contextualização e tecnologias.

Tratando-se de livros didáticos de física destinados ao nível médio da educação básica brasileira, pesquisas revelam, por exemplo, simplificações nas imagens relacionadas com o experimento de Joule (CARMO et al, 2000); incoerências texto-imagem associadas aos equívocos conceituais na física relacionada à situação (MEDEIROS; MEDEIROS, 2001); descontextualização histórica, omissões e distorções em relação aos pressupostos e limites de validade da teoria de Copérnico (MEDEIROS; MONTEIRO, 2002); erros conceituais sobre a astronomia, os quais são mais frequentes em livros didáticos destinados à educação básica (LANGHI; NARDI, 2007); apenas para citar algumas).

As distorções e omissões conceituais presentes nos livros didáticos parecem não se adequar ao tão valorado papel atribuído ao livro didático, como em relação aos propósitos educacionais contidos nos PCNs e, mais ainda, em relação às recomendações arbitradas pelos documentos do Programa Nacional do Livro Didático (PNLDEM).

De maneira geral, uma problemática bastante apontada em relação aos livros didáticos de física, notadamente aqueles livros utilizados nas “carreiras científicas” refere-se à forma axiomática que apresentam os conteúdos. Este enfoque poderá ser resumido na seguinte forma: apresentação de leis, teorias, postulados, muitas vezes associados a uma atividade experimental; apresentação das formulações matemáticas; resolução de exercícios exemplares e a proposições de exercícios.

A ênfase dada pelos livros didáticos às formulações matemáticas parece incorporar várias influências da filosofia operacionalista, uma das tendências do empirismo moderno. Para o operacionalismo, os conceitos físicos são definidos a partir das operações utilizadas para aplicá-lo. Enquanto isso, uma equação tem significado

físico na medida em que se relaciona com alguma operação possível. Assim, a construção de conceitos ou teorias está associada aos procedimentos específicos de medidas correspondentes à constatação empírica dos fenômenos (BUNGE, 2000).

Segundo Bunge (op. cit.), essa perspectiva filosófica encontra-se em vigência em universidades e centros de pesquisas, encontra-se em cursos, compêndios, seminários, etc e, raramente, se possibilita ao aluno oportunidade de criticá-la. Até porque /.../ *“caso se sinta tentado a criticar a filosofia oficial da ciência, poderá descobrir muito depressa que não é isso que se espera dele. O operacionalismo é o credo ortodoxo”* (BUNGE, 2000, p.12).

A configuração apontada acima em relação aos livros didáticos das carreiras científicas também tem deixado marcas semelhantes nos livros da educação básica. Conforme discute Amaral (2006), tanto currículos quanto livros didáticos assimilaram em suas organizações os preceitos teóricos da racionalidade técnica, herança de influências positivistas e derivações. Ainda segundo Amaral (op. cit.) a expressão da racionalidade técnica na educação, assimiladas, tanto pelos currículos quanto, pelos materiais didáticos, intensificaram-se a partir dos anos sessenta do século XX.

As influências da racionalidade técnica nos livros didáticos evidenciam-se principalmente através dos textos teórico-expositivos, complementados por atividades demonstrativas e de reforço. As influências da racionalidade técnica nos livros didáticos de ciências evidenciam-se também através da concepção de que a ciência produz conhecimentos universais, definitivos e verdadeiros, além de que a ciência seria uma atividade neutra e imune aos determinantes sociais⁷ (AMARAL, 2006).

A insistência dos autores de livros didáticos de Física em adotarem uma explanação descontextualizada também é apontada pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio. Assinalam que:

Observa-se que nos livros didáticos os conteúdos disciplinares selecionados e trabalhados pouco têm a ver com a tecnologia atual, ficando essa, na maioria das vezes, como simples ilustração. Deve-se tratar a tecnologia como atividade humana

⁷ Em linhas gerais, os preceitos da racionalidade técnica na educação, subjacentes, tanto ao ensino tradicional, quanto ao ensino tecnicista, caracterizam-se pelo método de ensino centrado em técnicas expositivas e demonstrativas, pautadas em parâmetros da psicologia comportamentalista. Nesta perspectiva, os fatores psico-sócio-culturais que interferem na aprendizagem dos estudantes não são considerados.

em seus aspectos prático e social, com vistas à solução de problemas concretos (2006, v. 2, p. 46-47).

A perspectiva acima visa compatibilizar-se com uma outra mais ampla defendida através dos PCN⁺:

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. /.../ Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas sendo impulsionado (PCN⁺, p. 59).

Ainda em relação aos livros didáticos de Física, porém, em se tratando de abordagens que possuem uma menor tradição, como por exemplo, a FMC, existe indícios de que, em linhas gerais, seguem a mesma perspectiva adotada nas abordagens sobre a Física Clássica.

Pesquisa realizada por Gil et al (1988) em quarenta e dois livros de Física utilizados no contexto espanhol, revelou que, em sua maioria, não fazem referências ao caráter não linear do desenvolvimento científico, como também não evidenciam as diferenças conceituais entre a Física Clássica e a Física Moderna. Os autores concluem que, com tais exposições, inviabiliza-se que os estudantes tenham uma compreensão minimamente satisfatória da Física Moderna, além de fortalecerem certas concepções difíceis de serem superadas.

Solbes et al (1987) também analisaram a explanação dos conceitos quânticos em cinquenta e seis livros didáticos espanhóis destinados aos níveis superior e médio de ensino. Os autores concluíram que, de maneira geral, as explicações conceituais trazem incorreções e podem gerar confusões ao entendimento dos leitores. Em alguns livros destinados ao nível médio de ensino, por exemplo, a dualidade onda-partícula é apresentada como decorrente das incorreções nas medições. Assim, os autores consideram estes livros didáticos como sendo uma das fontes das várias distorções conceituais mantidas pelos alunos.

Pérez e Solbes (2003) analisaram trinta livros didáticos espanhóis de física de edições recentes. Sete destes livros são utilizados no 4º ano da ESO⁸; doze, no 1º ano do bachillerato⁹ e onze, utilizados no 2º ano do bachillerato. Nos dois primeiros conjuntos de livros, a partir da formulação de duas e três questões respectivamente, os autores analisaram as características clássicas do espaço e tempo, sistemas de referência, fundamentos epistemológicos, introdução das magnitudes físicas, bem como apontam os limites da teoria clássica, com o intuito de que, em um curso seguinte, seja possível fazer-se conexão com a teoria da relatividade.

Nos livros utilizados no 2º bachillerato, a partir de dez questões, Pérez e Solbes (op. cit.) analisaram aspectos epistemológicos e históricos; aspectos lógicos /.../, o tratamento dos princípios e das idéias acerca da propagação da luz e conseqüências básicas, como as idéias sobre espaço e tempo, a composição das velocidades e idéias sobre energia e massa.

Pérez e Solbes (op. cit.) constataram que nos livros do 1º bachillerato a definição sobre massa como quantidade de matéria de um corpo. Nos livros utilizados no 2º bachillerato, constataram uma sobrevalorização no papel do experimento de Michelson e Morley, bem como uma explanação do mesmo pautada em uma visão empiricista da ciência. Os autores constataram ainda que nesses livros não se potencializa os limites de validade da Teoria da Relatividade Especial, induzindo a idéia de ciência como conhecimento acabado. Constataram ainda nos livros do 2º bachillerato a presença de termos superados como, por exemplo, massa relativística e que, pouco mais de 30% destes livros apresentam questões relevantes em relação à temática Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Em relação à organização dos conteúdos da Física Moderna e Contemporânea nos livros didáticos, Aubrecht (1989) analisou sete livros didáticos universitários utilizados no contexto estadunidense e constatou que os referidos conteúdos encontram-se nos capítulos finais dos livros. O autor sugere que os livros sejam escritos no sentido de mesclarem-se temas da Física Clássica com a Moderna e Contemporânea. O autor sugere ainda que, devido às limitações temporais, alguns conteúdos da Física Clássica sejam descartados nos planos de ensino, tendo em vista que uma abordagem mais

⁸ Educação Secundária Obrigatória, a qual é constituída por quatro cursos, freqüentando os estudantes dos doze aos quinze anos.

⁹ Curso secundário não obrigatório, constituído por dois cursos e freqüentado por estudantes dos dezesseis aos dezoito anos.

aprofundada de um número limitado de tópicos é mais eficiente que a introdução enciclopédica de um assunto amplo.

Em relação às exposições da FMC nos livros didáticos brasileiros, Ostermann e Ricci (2004) analisaram em sete livros didáticos de física do nível médio da educação básica as abordagens sobre massa relativística e equivalência massa-energia. Constataram que nestes livros didáticos o conceito de massa relativística é introduzido como sendo um conceito fundamental da Teoria da Relatividade Restrita, porém, trata-se de um conceito inadequado que, segundo os autores não deveria ser abordado. Além disso, os autores também constataram que os livros analisados trazem uma interpretação errônea do significado da equivalência massa-energia. Os autores constataram grandes distorções conceituais em relação à contração de Lorentz-Fitzgerald, bem como em relação ao modo confuso que os mesmos referem-se à aparência dos objetos.

Valente et al (2007) realizam pesquisa nas explanações sobre a FMC apresentadas por nove livros didáticos de Física, os quais são os mais utilizados em uma capital da região sudeste brasileira. Um dos objetivos dos autores era de avaliar em que medida as orientações curriculares contidas em documentos oficiais, e em pesquisas sobre o ensino da FMC, são contempladas nas tendências das abordagens dos mencionados livros. Os autores concluíram que não se contemplam as principais justificativas apresentadas pelos documentos oficiais e pelos pesquisadores para se introduzir a FMC na educação básica.

Monteiro e Nardi (2008) analisam as marcas da natureza da ciência presentes nas abordagens sobre a Física Moderna e Contemporânea de seis livros didáticos brasileiros, utilizados no nível médio da educação básica, os quais foram recomendados por professores de física de uma capital da região Nordeste brasileira. Fundamentados nos referenciais da análise de discurso da escola francesa, bem como em referenciais que contemplam aspectos da natureza da ciência, os autores constataram que os mencionados livros didáticos incorporam visões bastante restritas acerca da natureza da ciência e muitas delas, já consideradas superadas pelas pesquisas em educação em ciências. Os autores chamam a atenção, principalmente, dos avaliadores de livros didáticos do PNLDEM, tendo em vista que três dos livros didáticos analisados foram recomendados pelos avaliadores do mencionado programa.

Como parte de uma pesquisa mais ampla, Sonza e Fagan (2005) analisaram as opiniões de vinte professores acerca das abordagens da FMC em livros didáticos de Física utilizados no nível médio em uma cidade da região Sul do Brasil. Um dos

principais problemas dos livros didáticos apontados pelos professores foi a abordagem restrita da FMC, como também as explicações de difícil compreensão para os alunos.

A partir dos resultados das pesquisas apresentados acima, podemos inferir que as abordagens sobre a FMC dos livros didáticos do nível médio continuam problemáticas, tais quais às abordagens contemplando a Física Clássica. Muitos desses problemas contrariam sugestões decorrentes de resultados de pesquisas em educação científica, como também as próprias recomendações contidas em documentos oficiais.

1.6 Questões a Serem Investigadas na Presente Pesquisa

A partir do panorama contemplado pelas pesquisas que tratam do ensino da Física Moderna e Contemporânea, em linhas gerais delineado acima, avaliamos que as pesquisas tratando da temática, em linhas gerais contemplam excessivamente o “*como ensinar*” em detrimento do “*por que ensinar*” e “*para que ensinar*”?. Em consonância com esta perspectiva, temos uma quantidade relativa de propostas didáticas e experiências educacionais, avaliações de aprendizagem de conceitos por professores, elaboração e avaliação de materiais educativos, etc. A partir deste panorama, até certo ponto inquietante, que delineamos algumas das nossas questões de pesquisa, as quais estão agrupadas em dois segmentos:

1.6.1 Questões a Serem Investigadas nos Discursos dos Professores de Física

- Qual a importância que os professores de física atribuem à introdução da FMC na educação básica?
- Quais as motivações dos professores de física para incluírem a FMC em seus planejamentos de ensino?
- Quais as abordagens que os professores de física estão trabalhando a FMC? Será que articulada com a Física Clássica? Será que em uma perspectiva política-social e cultural ou na perspectiva de reproduzirem um determinado algebrismo?
- Será que os professores de física tiveram formação profissional compatível com as sugestões dos pesquisadores de ensino de física acerca da inserção da Física Moderna e Contemporânea na educação básica?
- Será que os professores de física estão trabalhando a FMC em sintonia com as recomendações dos pesquisadores? Em que medida as recomendações dos pesquisadores deixam suas marcas nos discursos dos professores?

- Que autonomia foi proporcionada aos professores de física entrevistados durante a formação básica dos mesmos, no intuito de poderem incluir a FMC em seus planos de ensino?
- Será que os professores de física do nível médio da educação básica são conhecedores das pesquisas e documentos que sugerem o ensino da Física Moderna e Contemporânea?
- Quais as recomendações que os professores de física dariam aos formadores de professores no intuito de possibilitarem melhores condições aos futuros professores de física, bem como os atuais, para introduzirem a FMC na educação básica?

1.6.2 Questões a Serem Investigadas nos Discursos de Livros Didáticos de Física da Educação Básica Brasileira

- Qual o lugar ocupado pela FMC na organização dos livros didáticos de física do nível médio? Qual a articulação da sua abordagem com a Física Clássica?
- Tendo em vista a obrigatoriedade de inserção da FMC nos livros didáticos de Física da educação básica para serem submetidos à avaliação do PNLEM, em que medida as recomendações dos pesquisadores acerca da FMC tem deixado suas marcas nos discursos dos livros didáticos de Física?
- Em que medida os livros didáticos incorporam os pressupostos ontológicos e epistemológicos da FMC?
- Qual a racionalidade que se evidencia nas abordagens sobre a FMC dos livros didáticos de física?
- Em que medida as recomendações contidas nos documentos oficiais brasileiros, notadamente nos PCNEM e PCN+ e OCN, em relação à abordagem dos conteúdos didáticos articulados com as aplicações tecnológicas, os preceitos éticos e culturais estão sendo privilegiados nas abordagens dos livros didáticos sobre o ensino da FMC?

Referências

- ABREU, R. G., GOMES, M. M.; LOPES, A. C. Contextualização e tecnologias em livros didáticos de biologia e química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 405-417, 2005.
- ALMEIDA Jr. J. B. A evolução do ensino de física no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 1, n. 2, p. 17-19, 1979.
- _____. A evolução do ensino de física no Brasil (2ª Parte). **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 2 n. 1, p. 23-32, 1980.
- ALMEIDA, M. J. P. M. **Meio século de educação em ciências: uma leitura de recomendações ao professor de Física**. 2003. 112f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas.
- AMARAL, I. A. Os fundamentos do ensino de ciências e o livro didático. In: MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. (orgs). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas, SP: Editora Komedi, 2006, p. 81-123.
- ANGOTTI, J. A.; DELIZOICOV. D. **Física**. São Paulo, SP: Cortez, 1991.
- APPLE, M. W. **Ideologia e currículo**. 3 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2006.
- _____. As políticas culturais e o texto. In: **Conhecimento oficial. A educação democrática em uma era conservadora**. 2 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1997a, p. 69-96.
- _____. Regulando o conhecimento oficial. In: **Conhecimento oficial. A educação democrática em uma era conservadora**. 2 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1997b, p. (97-136).
- _____. **Trabalho docente e textos**. Porto Alegre, RS: Artes Médicas, 1995.
- ARONS, A. B. **A guide to introductory physics teaching**. New York: John Wiley, 1990.
- AUBRECHT, G. J. Report on the conference on the teaching of modern physics. **The Physics Teacher**, v. 24, n. 9, p. 540-546, dec. 1986.

- _____. Redesigning courses and textbooks for the twenty-first century. **America Journal of Physics**, v. 57, n. 4, p. 352-359, apr. 1989.
- BERNSTEIN, B. **A Estruturação do conhecimento pedagógico: classes, códigos e controles**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1996.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 1996.
- _____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Ensino Médio e Tecnológico. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília: MEC/SEMTEC, Brasília: 1999.
- _____. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais+. Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias - Física, 4 ed, Brasília: 2002.
- _____. (2006). Orientações Curriculares Para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias. v. 2, Secretaria da Educação Básica, Ministério da Educação e Cultura, Brasília: DF, 2006.
- BUNGE, M. **Física e filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2000.
- CAMPANARIO, J. M. ? Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con um libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 19, n. 3, p. 351-364, 2001.
- CARMO, L. A. C.; MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Distorções conceituais em imagens de livros textos: o caso do experimento de Joule com o calorímetro. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 7, 2000, Florianópolis, Atas... São Paulo: SBF, 2000, 1CD.
- CARVALHO. D. P. A nova lei de diretrizes e bases e a formação de professores para a educação básica. **Revista Ciência & Educação**, v. 5, n. 2, p. 81-90, 1998.
- CARVALHO, A. M. P. A Influência das mudanças da legislação na formação dos professores: as 300 horas de estágio supervisionado. **Revista Ciência & Educação**, v. 7, n. 1, p. 113-122, 2001.
- FISCHLER, H.; LICHTFELDT, M. Modern physics and student's conception. **Internacional Journal of Science Education**, v.14, n.2, p. 181-190, 1992.
- FONSECA, M. O banco mundial e a educação: reflexões sobre o caso brasileiro. In: GENTILI. P. (Org). **Pedagogia da exclusão. Crítica ao neoliberalismo em educação**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 13 ed, 2007, p. 169-195.
- FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**. Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra, 33 ed, 2006.

FRIGOTTO, G. Os delírios da razão. Crise do capital e metamorfose conceitual no campo educacional. In: GENTILI, P. (org). **Pedagogia da exclusão. crítica ao neoliberalismo em educação**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 13 ed, 2007, p. 228-252.

GIL, D.; SENET, F.; SOLBES, J. La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, n. extra, p. 189-195, set. 1987.

_____ física moderna em la enseñanza secundaria: una propuesta fundamentada y unos resultados. **Revista Española de Física**. v. 3, p. 53-58, 1988.

GIL D.; SOLBES, J. The introduction of the modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.

Instituto Nacional de Estudo e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Estatísticas dos Professores no Brasil. Brasília, DF: 2007.

LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia: erros conceituais mais presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 87-111, abr. 2007.

LÉVY-LEBLOND, J-M. É possível ensinar a física moderna? In: MORIN, E. (Org.). **A Religação dos saberes – O desafio do século XXI**. Rio de Janeiro, RJ: Bertrand Brasil, 2002, p. 69-72.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Avaliação do ensino e aprendizagem de física moderna e contemporânea no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Porto Alegre: ABRAPEC, 2004.

1

CD.

- MARTINS, I.; Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Proposições**, v.17, n. 1, p. 117-136, jan-abr. 2006.
- MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. F. Questões epistemológicas nas iconicidades de representações visuais em livros didáticos de física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Porto Alegre: ABRAPEC. v. 1, n. 1, p. 103-117, 2001.
- MEDEIROS, A.; MONTEIRO, M. A. A invisibilidade dos pressupostos e das limitações da teoria de Copérnico nos livros didáticos de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 1, p. 29-52, abr. 2002.
- MEGID NETO, J.; FRANCALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147-157, 2003.
- MONTEIRO, M. A.; NARDI, R. As abordagens dos livros didáticos acerca da física moderna e contemporânea: algumas marcas da natureza da ciência. Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 11, 2008. Curitiba, **Atas...** São Paulo: SBF, 2009. 1 CD.
- OLIVEIRA, F. Neoliberalismo à Brasileira. In: SABER, E.; GENTILI, P. **Pós-Neoliberalismo: as políticas sociais e o estado democrático**. São Paulo: Paz e Terra, 1995. p. 24-28.
- OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.
- OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Construindo uma unidade didática conceitual sobre mecânica quântica: um estudo na formação de professores de física. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004.
- PÉREZ, H.; SOLBES, J. Algunos problemas em la enseñanza de la relatividad. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 1, p. 135-146, 2003.
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. Física - Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV. Brasília, DF: Editora UnB. Tradução autorizada com direitos reservados para o Brasil pelo IBECC-UNESCO, (s.d).
- PHYSICAL SCIENCE STUDY COMMITTEE. Guia do Professor de Física – Parte I, Parte II, Parte III, Parte IV. São Paulo, SP: EDART. Traduzido e adaptado pela Fundação Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciências e pelo Centro de Treinamento de Professores de Ciências de São Paulo, (s.d.).

SANTOS, R.; ANDRIOLI, A. I. Educação, globalização e neoliberalismo: o debate precisa continuar. **Revista Ibero-americana de Educação**, v.35, n.1, p. 1-14, 2005 Disponível em: <www.rioei.org/deloslectores/905Santos.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2007.

SCAFF, E. A. S. O guia de livros didáticos e sua utilização no Brasil e no estado do Mato Grosso do Sul. **Revista de Educação Pública**, v. 9, n. 15, dez 2004, p. (1-15).

SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.

SHABAJEE, P.; POSTLETHWAITE. What happened to Modern Physics? **School Science Review**, 81 (297), p. 51-56, 2000.

SOLBES, J.; CALATAYUD, M, L.; CLIMENT, J. B.; NAVARRO, J. Errores conceptuales en los modelos atómicos cuánticos. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 3, p 189-195, nov. 1987.

SONZA, A. P.; FAGAN, S. B. Investigação sobre abordagens de física moderna no ensino médio. Bauru: *Atas do V ENPEC*, 5, 2005, Bauru. **Atas...** Bauru: ABRAPEC, 2006, 1 CD.

STANNARD, R. Modern Physics for the Young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 132-143, may. 1990.

TAYLOR, J. F.; ZAFIRATOS, C. Modern Physics for scientists and engineers. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.

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

TORRE, A. C. de la. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educacion en Ciencias**, v. 2, n. 4, p. 70-71, 1998.

TORRES, R. M. Melhorar a qualidade da educação básica? As estratégias do Banco Mundial. In: HADAD, S.; WARDE, M. J.; TOMMASI, L. (Orgs.). **O Banco Mundial e as Políticas Educacionais**. São Paulo: Cortez, p. 125-186, 1996.

VALENTE, L.; BARCELLOS, M. E.; SALEM, S.; KAWAMURA, M. R. D. Física Moderna no ensino médio: expectativas e tendências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, 2007. Florianópolis. **Atas...** Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007. 1 CD.

CAPÍTULO 2

OPÇÕES E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA

No presente capítulo abordaremos as opções e os procedimentos metodológicos que permearam a presente pesquisa.

Inicialmente, situamos a constituição do corpus discursivo da pesquisa a partir dos discursos de professores sobre o ensino da FMC na educação básica, dos discursos destes professores sobre as suas formações profissionais, como também das abordagens dos livros didáticos de física sobre a FMC.

Situamos em seguida os critérios adotados para os professores participarem da pesquisa, bem como o contato inicial com eles, no sentido de convidá-los a participarem da pesquisa.

Por termos utilizado as entrevistas semipadronizadas em uma das etapas da construção do corpus da pesquisa, aclaramos a opção pela mesma, situando-a na pesquisa qualitativa quanto na análise de discurso.

Por utilizarmos os referenciais da análise de discursos, procuramos situar os “lugares sociais” ocupado pelos professores entrevistados, haja vista que estes lugares interferem nas condições de produção do discurso.

No tocante aos livros didáticos, situamos os critérios para a seleção e, em seguida, os lugares sociais ocupado pelos autores dos respectivos livros.

2.1 Delineando as Opções Pela Pesquisa

Por que analisar os discursos dos professores e dos livros didáticos de física do ensino médio sobre questões atinentes ao ensino e as abordagens sobre a FMC?

Para situarmos o leitor acerca das opções iniciais que delinearíamos o foco desta pesquisa, bem como as escolhas dos referenciais teóricos adotados, ao invés de tantos outros possíveis, entendemos fazer-se necessário situarmos aspectos do nosso contexto de produção, os quais certamente refletiram-se em todas as opções e escolhas empreendidas.

Desmembrando a questão pontuada no primeiro parágrafo, colocamos: por que analisar discursos de professores sobre o ensino da FMC, como também aspectos das respectivas formações profissionais destes professores? Um dos aspectos que contribuíram para esta opção foi o meu trabalho no contexto de um curso de formação de professores de física. Como participante deste contexto, percebíamos que a questão do ensino da FMC na educação básica não estava sendo tratada na formação dos professores. Por outro lado, percebíamos que era cada vez mais crescente as discussões e recomendações existentes na literatura em defesa da introdução da FMC na educação básica.

Também, em concordância com as recomendações dos pesquisadores sobre o ensino da FMC na educação básica, constávamos as recomendações contidas em documentos oficiais brasileiros, a exemplo dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

A partir do contexto mencionado anteriormente, ou seja, as recomendações dos documentos oficiais sobre o ensino da FMC, as defesas e recomendações de pesquisadores sobre o ensino da FMC em contraste com aspectos que se delineavam na formação básica de professores de um contexto específico, as nossas expectativas convergiam em torno da perspectiva de que outros grupos de professores estariam trabalhando a FMC na educação básica. Por isso, optamos em investigar os discursos de um grupo de professores sobre o ensino da FMC na educação básica, os quais haviam tido formação básica em outro contexto, e não naquele em que trabalhávamos.

Contrariando as nossas expectativas, nenhum dos professores entrevistados estava incluindo a FMC em seus planejamentos de ensino, conforme detalharemos nas análises e interpretações dos discursos dos professores.

Por que analisar os discursos subjacentes as abordagens dos livros didáticos de física sobre a FMC? Esta opção deveu-se a já constatada prioridade que os livros didáticos têm ocupado na educação básica, notadamente no contexto brasileiro, inclusive no âmbito das políticas públicas.

Também no decorrer das entrevistas com os professores, constatamos que os mesmos faziam um amplo uso dos livros didáticos, tanto em termos de abordagens, seja no delineamento da própria programação de conteúdos e sequência adotada.

Quanto à opção pelos referenciais teóricos, a opção por aqueles de natureza crítica deveu-se ao nosso entendimento de que a escola é uma instituição, por excelência, que incorpora em sua dinâmica os valores da sociedade. Logo, espaço de contradições e que poderá ser trabalhado como espaço de enfrentamentos. Neste sentido, somente um referencial crítico educacional e um referencial crítico como a análise de discurso francesa compatibilizar-se-iam com as perspectivas mencionadas.

2.2 A Pesquisa

Conforme mencionado anteriormente, a presente pesquisa foi constituída a partir de dois corpus discursivos distintos. Um dos corpus foi construído a partir da análise e interpretação de entrevistas realizadas com professores de Física do nível médio da educação básica brasileira, os quais trabalham em escolas públicas de uma região metropolitana localizada na região Nordeste.

O outro corpus que constitui a presente pesquisa foi produzido a partir da análise e da interpretação das abordagens de livros didáticos do nível médio brasileiro, referentes à FMC.

Segundo Orlandi (2006) a constituição do corpus é um dos primeiros pontos que deverá ser considerado pelo analista do discurso. Porém, essa delimitação não segue critérios empíricos, mas teóricos.

Pelas questões que foram colocadas para a elaboração do corpus discursivo da presente pesquisa, como também pelos procedimentos metodológicos adotados, avaliamos que a mesma se encontra no paradigma qualitativo de pesquisa. Segundo Bogdan e Biklen (1994), trata-se de uma investigação descritiva, visto que “*os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos*” (p. 49).

2.3 Os Professores

2.3.1 A Participação dos Professores na Pesquisa: Estabelecendo Critérios

Visando a compatibilidade com os objetivos delineados, para os professores participarem da pesquisa adotamos dois critérios, indistintamente, apresentados abaixo.

a. Primeiro critério para a participação dos professores na pesquisa

O critério inicialmente adotado para os professores participarem da pesquisa foi que atuassem no nível médio da educação básica, como professor de Física. Esses professores também deveriam ter tido formação em Física - modalidade licenciatura.

Por requerermos que os professores participantes da pesquisa tivessem formação em Física, modalidade licenciatura, alguns questionamentos surgiram em relação ao critério de escolha dos professores. Foi alegado, por exemplo, que em muitas escolas públicas brasileiras, vários professores atuam como professores de Física e não são licenciados em Física. Vários possuem formação em Matemática e outros, sequer possuem formação em cursos da área¹⁰. No entanto, a introdução da FMC na educação básica depende da atuação desses profissionais, sem formação específica em Física.

¹⁰ Esse ponto de vista compatibiliza-se com dados do último censo do INEP (2007) sobre a formação de professores de física atuantes em escolas públicas brasileiras. Para uma abordagem mais detalhada, remetemos o leitor ao Capítulo 1.

Esclarecemos que não estamos desconsiderando a condição acima mencionada, tampouco desprezando a sua relevância. No entanto, o discurso de um professor que não tenha tido a formação anteriormente especificada, não contempla nossas questões de pesquisa.

b. Segundo critério para a participação dos professores na pesquisa

Outro critério adotado para a seleção dos professores entrevistados foi que o tempo transcorrido após a respectiva formação profissional básica não tivesse ultrapassado o período de cinco anos.

Por que a adoção desse segundo critério? Conforme mencionamos na revisão bibliográfica no Capítulo 1, nos últimos anos, o ensino da FMC tem se consolidado como uma área de pesquisa. Como evidência, citamos a crescente quantidade de pesquisas em periódicos contemplando a mencionada temática. Diante dessa perspectiva, pressupúnhamos que entrevistariamos professores que fossem conhecedores das pesquisas contemplando o ensino da FMC.

Pelo exposto no último parágrafo, não estamos afirmando que os professores que não estavam inclusos nos parâmetros temporais adotados, não sejam conhecedores das pesquisas em ensino de FMC.

2.3.2 O Contato Inicial Com os Professores

Para identificarmos professores que atendessem as especificações para participarem da pesquisa, o primeiro procedimento adotado foi identificarmos as escolas que oferecessem a educação básica em nível médio, localizadas nas cidades de uma região metropolitana do nordeste brasileiro. Algumas destas escolas foram identificadas pelo próprio nome, outras, através de professores e mesmo de moradores dos bairros adjacentes.

Após a identificação das escolas, estivemos pessoalmente nas mesmas, no sentido de obtermos informação sobre a formação dos professores de física atuantes, como também seus respectivos horários de trabalho, no sentido de convidá-los a colaborarem com a nossa pesquisa.

O primeiro contato deu-se com membros da administração da escola e após apresentarmos os nossos propósitos, obtínhamos as informações requeridas sobre a formação dos professores, como também dos horários em que se encontrariam nas

respectivas instituições. Acrescentamos que, em todas as escolas visitadas, em todos os momentos fomos bem recepcionados.

No contato inicial com os professores, expusemos que a nossa pesquisa consistia em analisarmos pontos de vistas de professores de física acerca de aspectos do contexto escolar, notadamente sobre as aulas de física. Para isso, necessitávamos entrevistá-los. Nessa fase, a maioria dos professores demonstrou um certo receio em participar da entrevista e alguns questionaram qual a importância que a opinião dos mesmos poderia ter no contexto de uma pesquisa. Assim, asseguramos a cada um deles que o teor das entrevistas seria confidencial, como também as respectivas participações. Neste momento, esclarecemos que seriam identificados de forma genérica pelo codinome professor P, seguido de um índice que identificava a ordem da entrevista realizada.

Após terem assegurado que o teor das entrevistas seria tratado de forma confidencial, como também que não seriam nominalmente identificados como participantes, constatamos que a resistência inicial à participação pelos professores foi suplantada. Inclusive, alguns deles, após participarem das entrevistas, indicaram outras escolas que atuavam professores de Física contemplando as especificações requeridas.

Após a aceitação de cada professor em participar, acordamos um segundo encontro para a realização da entrevista, as quais ocorreram na própria escola onde atuavam. Os professores definiram o horário e o dia para realização da entrevista, de acordo com as respectivas disponibilidades.

Embora o tempo de formação máxima requerida do professor fosse um critério de escolha, sempre que encontrávamos um professor com mais de dez anos de atuação, convidávamos os mesmos a colaborarem com a nossa pesquisa. A intenção era que, em um momento posterior, analisaríamos os discursos de todos esses professores, embora eles não fossem ser incluídos na pesquisa atual.

Dos cinco professores com formação de mais de dez anos que fizemos contato, nenhum deles se dispôs a participar. Embora fossem bastante receptivos, argumentaram com várias impossibilidades, como ausência de tempo, compromissos imediatos, etc. Inclusive um desses professores chegou a adiar um encontro por seis vezes. No entanto, a nossa interpretação acerca do teor dos discursos presentes nas argumentações, levamos a mencionar que se tratava de um receio em expor as suas convicções e atuações.

2.3.3 As Entrevistas

Dez professores de física participaram das entrevistas, as quais foram interpretadas e analisadas em consonância com as questões de pesquisa e com os referenciais teóricos mobilizados. A opção pelo quantitativo de dez professores, não se deu a priori, mas, durante o percurso da construção. Para tal opção, nos apoiamos em Gaskel (2003) para quem o aumento da quantidade de entrevistas não traz uma compreensão mais detalhada para as perguntas de pesquisa, então, um número menor já é plenamente satisfatório.

Para identificação dos professores entrevistados, foram nomeados de P₁, P₂, P₃, ... P₁₀, respectivamente, de acordo com a ordem da realização da entrevista.

Entre a primeira e a décima entrevista, transcorreu um intervalo de tempo de aproximadamente seis meses, haja vista que a primeira entrevista foi realizada em maio de 2007 e a última, em novembro do corrente ano. Todas as entrevistas foram realizadas nas escolas em que os respectivos professores trabalhavam, em local indicado pelos mesmos.

Os professores foram individualmente entrevistados e, utilizamos a técnica de entrevista semipadronizada – pertencente à modalidade entrevista semi-estruturada¹¹. Na entrevista semipadronizada, inicialmente o entrevistado deverá ser submetido a perguntas abertas. Em um momento posterior, o entrevistado poderá ser submetido a perguntas de confrontação, as quais trazem pontos de vista alternativos aqueles apresentados inicialmente pelo entrevistado (FLICK, 2004).

Para proceder com a entrevista semipadronizada, o entrevistador poderá dispor de tópicos guia. O tópico guia é um conjunto de lembretes indicando que há uma agenda a ser seguida pelo entrevistador (GIL, 2003). No contexto da presente pesquisa, elaboramos o tópico guia visando focar as questões de pesquisa, anteriormente delineadas.

No entendimento de Flick (2004) uma das vantagens das entrevistas semipadronizadas é que essa modalidade de entrevista possibilita que o entrevistado apresente conhecimentos em forma de representações, as quais poderão ser reconstruídas através da interação com o entrevistador. O autor também alerta para limitações desse tipo de entrevista, como por exemplo, a interpretação dos resultados.

¹¹ Além da entrevista semipadronizada, outras modalidades de entrevistas são semiestruturadas, a saber: a entrevista focalizada; a entrevista centrada no problema; a entrevista a experts e a entrevista etnográfica. (FLICK, 2004). Essas modalidades de entrevista diferenciam-se pelos respectivos graus de estruturação.

Durante a realização da entrevista, procuramos não interferir na fala dos entrevistados, no sentido de deixá-los falarem livremente sobre as questões. Intervimos apenas para que os entrevistados fossem encorajados a exemplificarem algumas das suas menções.

Bogdan e Biklen (1994) opinam que permitir o entrevistado falar livremente é condição imprescindível na pesquisa qualitativa, porque o papel do entrevistador não é modificar pontos de vista do entrevistado, mas entendê-los, bem como aclarar as razões que levam os sujeitos a assumi-los. Isso requer paciência do entrevistador. Em concordância com essa perspectiva, os autores alertam que o entrevistador deverá evitar comentários sobre as respostas dos entrevistados, no sentido de evitar que os mesmos sintam-se desconfortáveis.

As entrevistas foram gravadas em áudio-vídeo, com a prévia autorização dos respectivos professores. Apesar de termos optado por esse instrumento de gravação das entrevistas, não era propósito interpretarmos os gestos sobrepostos às falas dos professores entrevistados, tampouco falas sobrepostas à entonação e à respiração.

Após a realização das entrevistas, essas foram transcritas integralmente. Gil (2003) alerta que a transcrição nunca poderá sintetizar a fala, tampouco deverá limpá-la ou corrigi-la. A fala deverá ser registrada literalmente com todas as características possíveis. A autora reporta-se aos analistas de discurso e de conversação, os quais asseguram que o detalhamento da transcrição é imprescindível, caso não se queira perder as características centrais da fala.

As transcrições completas das entrevistas realizadas com os dez professores encontram-se nos anexos.

2.3.4 As Condições de Produção dos Discursos: Os Lugares Sociais Ocupados Pelos Professores Entrevistados

No presente pesquisa, a AD é utilizada como referencial teórico e metodológico. A partir da adoção da perspectiva de que a linguagem não é transparente, como também da interferência das condições de produção nos discursos (Orlandi, 2001), aclaramos na presente seção os lugares sociais dos professores de Física que participaram da pesquisa.

Conforme abordaremos no capítulo específico sobre Análise de Discurso, Orlandi (2002) considera as condições de produção como sendo relevante em duas perspectivas: em sentido amplo, relacionada com o contexto sócio-histórico e

ideológico, e, em sentido estrito, relacionado com o contexto imediato da enunciação. Na presente secção, estamos adotando o sentido estrito das condições de produção em que se encontram os professores entrevistados na presente pesquisa.

Entrevistamos dez professores de Física, todos com formação em Física – modalidade licenciatura, com até cinco anos de formação na época da realização das entrevistas. A maioria dos professores já atuava como professor de Física, mesmo antes da conclusão da formação básica.

Tendo em vista que para a Análise de Discurso, AD, o discurso encontra-se relacionado com o lugar ocupado pelo sujeito (PÊCHEUX, 1983), apresentaremos no próximo quadro as componentes curriculares cursadas pelos professores que contemplaram a FMC e o tempo de atuação dos mesmos como professores de Física.

Professor	Tempo de Atuação	Componentes Curriculares Cursadas
Professor P ₁	1 ano	Estrutura da Matéria, Estrutura da Matéria I e II, Física Moderna e Mecânica Quântica
Professor P ₂	1 ano	Estrutura da Matéria, Estrutura da Matéria I e II, Física Moderna e Mecânica Quântica
Professor P ₃	4 anos e 6 meses	Estrutura da Matéria, Física Moderna
Professor P ₄	3 anos e 6 meses	Estrutura da Matéria, Estrutura da Matéria I e II, Física Moderna e Mecânica Quântica
Professor P ₅	3 anos e 6 meses	Estrutura da Matéria I, Física Moderna e Mecânica Quântica
Professor P ₆	3 anos	Estrutura da Matéria, Física Moderna e Físico-Química
Professor P ₇	2 anos e 6 meses	Estrutura da Matéria, Física Moderna
Professor P ₈	5 anos e 6 meses	Estrutura da Matéria, Física Moderna
Professor P ₉	5 anos e 6 meses	Estrutura da Matéria, Física Moderna
Professor P ₁₀	3 anos e 6 meses	Estrutura da Matéria, Física Moderna

Quadro 1: Especificações do tempo de atuação e componentes curriculares cursadas pelos dos professores entrevistados

2.4 Os Livros Didáticos

2.4.1 Os Livros Didáticos Analisados: Escolhas e Procedimentos

Inicialmente, pretendíamos que os professores entrevistados indicassem os livros didáticos que os mesmos recomendariam aos estudantes devido as suas abordagens sobre a FMC. Porém, nenhum dos professores entrevistados havia contemplado a FMC em suas aulas, como também não se mostraram conhecedores das abordagens dos livros didáticos sobre a mencionada Física.

Diante da constatação anterior, solicitamos aos mesmos que indicassem os livros que costumeiramente recomendam aos seus estudantes, tendo em vista que, devido a familiaridade com os mesmos, ou até a disponibilidade, “provavelmente” seriam estes os livros didáticos recomendados aos estudantes, caso contemplassem a FMC em suas aulas.

A partir das recomendações dos professores acerca dos livros didáticos, serão analisadas e interpretadas as abordagens sobre a FMC de oito livros didáticos, nomeados de L₁, L₂, L₃, L₄, L₅, L₆, L₇ e L₈.

No quadro em seguida, encontram-se as especificações bibliográficas dos livros didáticos, cujas abordagens dos capítulos sobre a FMC foram analisadas a partir das questões de pesquisa e dos referenciais teóricos e metodológicos mobilizados.

Livro	Bibliografia
Livro 1	FERRARO, N. G. e SOARES, P. A. T. Aulas de Física 3. Eletricidade - Física Moderna. São Paulo, SP: Editora Atual, 7ª edição reformulada, 2003, p. (369 - 386).
Livro 2	LUZ, A. M. R. e ALVARES, B. A. Curso de Física. Vol 3. São Paulo, SP: Editora Scipione, 2006, p. (328 - 389).
Livro 3	SAMPAIO, J. L. e CALCADA, C. S. Física. Vol Único, São Paulo, SP: Editora Atual, 2007, p. (390 - 421).
Livro 4	BISCUOLA, G. J., BOAS, N. V. e DOCA, R. H. Tópicos de Física. Vol 3. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2007, 7ª tiragem da 15ª edição revisada e ampliada, p. (402 - 439).
Livro 5	RAMALHO Jr, F., FERRARO, N. G. e SOARES, P. A. T. Os Fundamentos da Física. Vol 3. São Paulo: Editora Moderna, 8ª edição, 2006, p. (380 - 435).
Livro 6	GASPAR, A. Física. Vol Único. São Paulo, SP: Editora Ática, 2000, p. (457 - 434).
Livro 7	UENO, P. Física. Vol Único. São Paulo, SP: Editora Ática, 2000, p. (362 - 371).
Livro 8	BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M. Física. História & Cotidiano. São Paulo: Editora FTD, 2ª edição, 2005, p. (606 - 628).

Quadro 2: Livros Didáticos Analisadas

Logo após a realização da entrevista com o professor P10, última a ser realizada, procuramos localizar os livros que haviam sido mais recomendados pelos professores. Com o intento de obter a edição mais recente de cada livro, buscamos localizá-la com os distribuidores/representantes editoriais. Segundo estes, as edições acima citadas, eram as mais recentemente produzidas pelas respectivas editoras.

2.5 Delineando os Procedimentos Utilizados Para Análise dos Discursos dos Professores e dos Autores dos Livros Didáticos

A partir dos textos produzidos com as entrevistas e a partir dos textos já disponibilizados pelos livros didáticos, os mesmos foram transformados em discurso a partir dos referenciais teóricos mobilizados, como também das questões formuladas.

O objeto discursivo não é dado a priori. A construção deste objeto requer um trabalho do analista, no sentido de converter o dado empírico em um objeto teórico - em um objeto desuperficializado (ORLANDI, 2002).

Em relação aos livros didáticos, consideramos como texto todas as explicações referentes à Física Moderna e Contemporânea.

A opção por determinados referenciais teóricos deveu-se ao nosso entendimento de que os mesmos responderiam às questões de pesquisa compatíveis com os parâmetros das nossas convicções. Conforme salienta Orlandi (2001), um mesmo texto poderá dar origem a vários discursos, dependendo das questões formuladas, do alcance dos referenciais mobilizados, dos objetivos do analista e do rigor do método utilizado. Nesta perspectiva, a construção do corpus e a análise estão intimamente associadas.

Como conseqüência, a interpretação pelo analista do discurso parte de diferentes significações e o objeto não se esgota em uma análise, mas, permanece disponível para outras análises, para as quais poderão ser construídos outros discursos a partir de questões de pesquisa e referenciais distintos.

Referências

- BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação. Uma introdução à teoria e aos métodos.** Porto: Porto Editora, 1994.
- FLICK, U. **Introducción a la investigación cualitativa.** Madrid: Ediciones Morato, 2004.
- GASKELL, G. Entrevistas Individuais e Grupais. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático.** 2. ed. Petrópolis, RJ: Vozes Editora, 2003, p. 64-89.
- GIL, R. Análise de Discurso. In: BAUER, M. W.; GASKELL, G. (Orgs.). **Pesquisa qualitativa com texto, imagem e som. Um manual prático.** 2 ed. Petrópolis, RJ: Vozes Editora, 2003, p 244-270.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDO E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. **Estatísticas dos Professores no Brasil.** Brasília, DF: 2007.
- ORLANDI, E P. **Discurso e texto. Formulação e circulação dos sentidos.** Campinas, SP: Pontes, 2001.
- _____. **Análise de discurso.** 4 ed, Campinas, SP: Pontes, 2002.
- _____. **Discurso e leitura.** 7 ed. São Paulo, SP: Cortez, 2006.
- PÊCHEUX, M. A análise automática do discurso. In: GADET, F.; HAK, T. (Orgs.). **Por Uma análise automática do discurso: Uma introdução a obra de Michael Pêcheux.** Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1983, p. 61-105.

TEÓRICO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS DISCURSOS DOS PROFESSORES E DOS LIVROS DIDÁTICOS

CAPÍTULO 3

A ANÁLISE DE DISCURSO FRANCESA COMO FUNDAMENTO TEÓRICO PARA A INTERPRETAÇÃO DOS DISCURSOS DOS PROFESSORES E DOS LIVROS DIDÁTICOS

No presente capítulo, o nosso intento consiste em situarmos alguns conceitos da Análise do Discurso da escola francesa (AD). A partir desse intento, inicialmente apresentamos trabalhos que originaram esse campo disciplinar, como também convergências e divergências teóricas que permearam o mesmo, notadamente em relação aos estudos linguísticos.

Para situarmos algumas das convergências e divergências da constituição inicial da AD, discorreremos sobre suas três fases, nas quais, conceitos e categorias inicialmente considerados incompatíveis, foram articulados, devido a certas “necessidades históricas”.

Como continuidade, apresentamos alguns conceitos basilares da AD. A opção pelos mesmos, e não por tantos outros, deveu-se às necessidades requeridas pela construção dos corpus da presente pesquisa, como também pela construção e pela interpretação dos discursos dos professores a partir das falas destes, como também dos textos dos livros didáticos.

Para as teorizações sobre a AD, nos apoiamos em Pêcheux (1987; 1993), Foucault (2005; 2006), Bakhtin (2006), como também em vários outros teóricos que vêm ampliando e reelaborando o corpo teórico da AD, a exemplo de Brandão (2002), Cardoso (2003), Gregolin (2006), Maingueneau (1997), Orlandi (1987; 1993; 2001; 2002; 2004; 2006a; 2006b) e alguns outros mencionados ao longo do capítulo.

3.1 Situando a Análise de Discurso da Escola Francesa

A tentativa de pertencimento à orientação discursiva francesa¹² nos leva a iniciar a presente abordagem através de uma explanação geral sobre a constituição deste “campo disciplinar”, o qual mobiliza diferentes significações. Assumimos riscos de algumas simplificações, porém, estaremos atentos ao não apagamento da dimensão histórica, bem como de algumas disputas teóricas, heranças e filiações ocorridas na constituição conceitual deste campo. Assim, esperamos discorrer sobre alguns conceitos da constituição conceitual da orientação discursiva francesa sem, no entanto, colocar sob uma etiqueta consensualista projetos teóricos distintos, os quais perpassaram por aproximações e distanciamentos entre si. Os pormenores desta articulação serão abordados ao longo das próximas secções.

O propósito seminal da Análise de Discurso francesa constituiu-se a partir da tentativa de articular a história e uma teoria do discurso. Porém, os diálogos teóricos empreendidos por Pêcheux em relação às teorizações de Bakhtin e Foucault, principalmente, deram diferentes respostas à articulação entre teorias lingüísticas, teorias do sujeito e teorias da história e da sociedade (GREGOLIN, 2006).

¹²Outra tradição de análise do discurso é a tradição anglo-americana, originada da Inglaterra, porém amplamente desenvolvida nos Estados Unidos da América do Norte, a qual combina a tradição da estrutura e ao funcionamento interno dos textos, como tentativa de contextualização. Incorporou elementos da sociologia, da psicologia do consciente e da etnologia.

Pela confrontação e articulação propiciada entre posturas teóricas distintas, Michel Pêcheux (1938-1983) é citado como um dos teóricos mais representativos na articulação dos fundamentos da Análise de Discurso da escola francesa¹³ (AD). Os pressupostos fundantes desta tendência foram articulados na década de sessenta do século XX (CARDOSO, 2003).

Apesar da AD constituir-se na década de sessenta, vale salientar que, ao longo da segunda década do século XX, Mikhail Bakhtin (1895-1975) já havia empreendido reflexões sobre a discursividade, com o intento de desenvolver uma filosofia da linguagem na perspectiva marxista. Nesta vertente de entendimento, Bakhtin propunha um rompimento com a concepção inatista e individualista da linguagem, na medida em que enfatizava o papel da interação social na produção dos enunciados, bem como da língua. Das reflexões bakhtinianas sobre a discursividade resultou a sua obra *Marxismo e Filosofia da Linguagem*, publicada em 1929 (BAKHTIN, 2006).

Para Bakhtin a palavra é signo ideológico, o qual, por natureza, é dialético, vivo, mutável e indissociado da situação social, a medida que incorpora sua materialidade. Inclusive Bakhtin classifica como *erro grosseiro* a separação da língua do conteúdo ideológico empreendida pelo objetivismo abstrato. Assim, o sentido da palavra reproduz e refrata diferentes formas de significar a realidade, a medida que veicula a ideologia. Dando a palavra ao próprio Bakhtin.

Cada signo ideológico é não apenas um reflexo, uma sombra da realidade, mas também um fragmento da realidade. Todo fenômeno que funciona como signo ideológico tem uma encarnação material, seja como som, como massa física, como cor, como movimento do corpo ou como outra coisa qualquer (BAKHTIN, 2006, p. 33).

Pelas realizações de Bakhtin em relação aos estudos lingüísticos, Brandão (2002) considera que ele rompeu com a “camisa de força” da tradição de Saussure, para a qual apenas a língua era objeto lingüístico.

A partir da perspectiva da Lingüística da Enunciação, a qual teve como precursores Roman Jakobson e Emílie Benveniste é que no Ocidente se intensificaram os estudos discursivos¹⁴. No contexto da Lingüística da Enunciação, o funcionamento da linguagem passou a ser entendido como uma atividade entre os protagonistas do

¹³A obra *“Análise Automática do Discurso”*, publicada por Pêcheux em 1969, é considerada o marco inicial desta tendência (PINTO, 1999).

¹⁴ Jakobson e Benveniste haviam participado do Círculo Lingüístico de Praga (ORLANDI, 2006b).

discurso - o locutor em sua relação com o destinatário - ao invés de um instrumento externo de comunicação e de transmissão de informações. Assim, o funcionamento da língua é posteriormente transformado em discurso. Porém, o discurso é ainda um produto *subjetivo e individual*, sendo tal perspectiva, muito próxima do conceito de fala adotado por Saussure. Posteriormente, esta perspectiva individual e subjetiva atribuída ao discurso, foi contraposta pela AD. Até então, a lingüística aprisionava-se à imobilidade da estrutura, a qual bloqueava não só os processos de significação, mas também o de mudança lingüística (CARDOSO, 2003).

A estruturação inicial da AD instaura-se na confluência teórica de três áreas do conhecimento: a psicanálise, o materialismo histórico e a lingüística. As influências da psicanálise na AD ocorreram a partir de uma releitura freudiana empreendida por Jacques Lacan, principalmente as discussões em relação à constituição do sujeito pelo outro e pelo inconsciente.

Do materialismo histórico, Pêcheux incorpora à AD as re-elaborações empreendidas por Louis Althusser¹⁵ no que tange à noção de ideologia, a qual havia sido concebida por Marx como falsa consciência e ainda, o conceito de luta de classes.

Em uma obra intitulada *Ideologia e Aparelho Ideológico do Estado*, Althusser (1997) trabalha a concepção de que em uma sociedade de classes, a classe dominante gera mecanismos que lhe assegura a reprodução e a perpetuação das condições materiais, ideológicas e políticas da exploração. Assim, a classe dominante efetiva sua dominação principalmente através de dois mecanismos ideológicos, a saber:

- a) os Aparelhos Repressivos de Estado (ARE), constituídos principalmente pelo exército, a polícia, a justiça e órgãos similares;
- b) pelos Aparelhos Ideológicos de Estado (AIE), constituídos principalmente pela Igreja, pelo Estado, pela Escola, etc.

Acerca da utilização da ideologia pela classe dominante no intuito de preservar e perpetuar os seus interesses, Althusser (1997) assinala: *A ideologia exprime sempre, seja qual for a sua forma (religiosa, jurídica, política) posições de classe* (p. 23).

Da lingüística, Pêcheux incorpora à AD a teoria dos mecanismos sintáticos, bem como os processos de enunciação e as formações discursivas assumidamente trazidas de Michael Foucault (1926-1984). A noção de formação discursiva foi

¹⁵ Um dos intelectuais do Partido Comunista Francês (PCF), ao qual Pêcheux possuía filiação.

trabalhada por Foucault, principalmente na obra *A Arqueologia do Saber*, originalmente publicada em 1969.

Veremos posteriormente que a apropriação operada por Pêcheux acerca da concepção de ideologia, inicialmente assentada em uma matriz marxista, e da formação discursiva foucaultiana, não se deu de forma harmoniosa, como também ocorreram em momentos distintos.

Vale salientar, porém, que a AD não ficou circunscrita às fronteiras demarcadas pelas regiões do conhecimento na qual se instaura inicialmente, mas, vai além. Acerca da extrapolação da AD em relação a essas áreas do conhecimento, Orlandi (2002) assinala que a AD “*interroga a Lingüística pela historicidade que ela deixa de lado, questiona o Materialismo perguntando pelo símbolo e se demarca da Psicanálise pelo modo como considerando a historicidade, trabalha a ideologia com materialmente relacionada ao inconsciente sem ser absorvido por ele*” (p. 20).

Do exposto acima, é legítimo afirmar-se que a AD trabalha nas regiões fronteiriças de distintas áreas do conhecimento, principalmente explorando a incompletude das mesmas, constituindo-se, então, em um novo campo autônomo.

3.2 A Abordagem Discursiva em Relação aos Estudos Lingüísticos

Com o intuito de situarmos a emergência da AD enquanto campo com autonomia teórica constituída, nesta secção, balizaremos nossas abordagens tentando responder a dois questionamentos:

- Com qual tradição a AD estabelece ruptura?
- Com qual tradição a AD estabelece aliança?

Para aclararmos os questionamentos acima, situaremos a tradição lingüística Ocidental no século XX, bem como algumas das suas influências constituintes.

A lingüística moderna, em suas diferentes acepções, traz as marcas da lingüística saussureana. É aceito como marco inicial desta tradição *O Curso de Língua Geral*, publicado postumamente em 1916, resultado das notas de aulas elaboradas pelo lingüista suíço Ferdinand de Saussure, na Universidade de Genebra.

Para Saussure a linguagem possui um caráter dual na medida em que é constituída pela língua e pela fala. A língua, elemento priorizado por Saussure, é entendida como sendo um sistema social de signos, haja vista que é exterior ao indivíduo, os quais se organizam e compõem o todo. Pelo caráter da sua organização, a língua é considerada como pertencente a todos os membros de uma comunidade. A fala,

por sua vez, é entendida como a instância subjetiva da linguagem, um ato subjetivo individual. Por isso é colocada à margem dos estudos lingüísticos por Saussure¹⁶. Nesta perspectiva, a lingüística saussurreana persegue um objeto específico: a língua.

A constituição da lingüística saussurreana, para a qual a língua é um instrumento de comunicação, representou uma ruptura com a Gramática de Port-Royal, constituída na França no século XVII. Foram as influências racionalistas da época, principalmente as influências derivadas dos preceitos cartesianos, que fundamentaram a mencionada Gramática a partir da pressuposição de que as categorias que constituem a gramática geral das línguas são explicadas pelo princípio, segundo o qual, a linguagem é representação do pensamento. Este princípio havia sustentado toda a tradição gramatical desde os gregos e passou para os latinos e medievais (CARDOSO, 2003).

Diferentemente de Saussure, para Bakhtin (2006) as palavras concretas proferidas em uma determinada língua, são apenas parte de um enunciado. A outra parte do enunciado, a parte não verbal, refere-se no contexto da enunciação.

Com os propósitos anteriormente mencionados, percebe-se que o foco dos estudos lingüísticos bakhtinianos desloca-se da análise da estrutura da língua, tal como na perspectiva saussurreana, bem como da análise dos processos psíquicos entre linguagem e pensamento, tal como na perspectiva chomskyana. Para Bakhtin (op. cit.) a língua é essencialmente um fato social e não um instrumento de comunicação, apenas.

Conforme mencionado anteriormente, no Ocidente, os estudos discursivos acentuaram-se com a Lingüística da Enunciação, a qual colocou a língua em um processo de funcionamento, tendo em vista que a língua concebida como uma estrutura trazia impedimentos a todo o processo de significação (CARDOSO, 2003). Assim, a língua libertada da estrutura, porém em funcionamento, constitui o discurso.

3.3 As Distintas Épocas da Análise de Discurso Francesa

Na constituição da AD são identificadas três épocas, através das quais se revelam as disputas e as discórdias entre projetos teóricos distintos, até então considerados incompatíveis entre si. Na Primeira Época da AD (AD₁), compreendida basicamente no período entre 1969 e 1975, a principal diretriz consistiu em construir sítios de identidade que se configuram em um espaço discursivo. Esses, supostamente eram permeados por condições de produção homogêneas e estáveis (PÊCHEUX, 1983).

¹⁶ A exclusão dos fatores subjetivos da linguagem é denominada o corte saussureano.

Na AD₁, as influências althusserianas sobre as teorizações de Pêcheux, levaram este último a travar um diálogo conflituoso com Foucault, o qual não endossava algumas concepções marxistas, como por exemplo, a concepção de poder. Para Foucault (2006b) o poder não se encontra em um lugar específico da estrutura social. O poder se exerce e está disseminado por toda estrutura social, constituindo, assim, a chamada *microfísica do poder*. A partir desta perspectiva teórica, Foucault não admite um lugar ocupado pelos que detém o poder, e outro, por aqueles que são aliados do poder, colocando problemas para a ortodoxia marxista¹⁷.

Outra concepção marxista rejeitada por Foucault é a de luta de classes. Para o marxismo clássico, a luta de classes seria o motor da história e propiciaria a revolução que suplantaria a estrutura da sociedade de classes. No entanto, Foucault considera que os acontecimentos históricos são concebidos como irrupção e não como ruptura (FOUCAULT, 2005).

Na AD₁, Pêcheux também se distanciou do projeto teórico de Bakhtin e a discordância deu-se, principalmente, devido a dois aspectos: o primeiro, a crítica bakhtiniana ao objetivismo abstrato acerca do entendimento da língua por Saussure. A segunda recusa de Pêcheux a Bakhtin deu-se por considerá-lo inserido em uma sociolinguística materialista, apoiada em uma psicologia social. Para Pêcheux, a sociolinguística representava o recobrimento da política pela psicologia. No entanto, as disputas políticas entre as décadas de 60 e 80 do século XX, as quais geraram diversas críticas ao marxismo, possibilitaram a aproximação das teorizações bakhtinianas com a proposta teórica da AD, principalmente com a concepção de heterogeneidade discursiva (GREGOLIN, 2006).

Acerca do distanciamento de Pêcheux em relação a Bakhtin no período da AD₁, Gregolin (2006) lembra que as primeiras leituras feitas no Ocidente sobre o projeto teórico de Bakhtin incidiram sobre questões da literatura. Apoiando-se em Brait, Gregolin (op. cit.) menciona que a obra *Marxismo e Filosofia da Linguagem* somente adquiriu repercussão na Europa na década de 80 do século XX. Desta maneira, justificase, em certa medida, o distanciamento inicial de Pêcheux em relação a Bakhtin, notadamente durante a década de sessenta do século XX.

¹⁷Com isso colocava em cheque, por exemplo, a defesa da tomada do poder pela classe proletária.

Em meados da década de 70, iniciam-se as discussões sobre Bakhtin no interior do grupo de Pêcheux. Este e os membros da escola pêcheuxtiana receberam a contribuição de Bakhtin em relação aos fundamentos da AD, à medida que propiciava a recuperação da dimensão social, histórica e cultural da linguagem. Assim iniciam a segunda época da AD.

Na Segunda Época da AD (AD₂)¹⁸, Pêcheux inicia o período das autocríticas e desloca-se teórico-politicamente da AD₁. Neste período, deu-se uma aproximação de Pêcheux com o pensamento foucaultiano. Assim, ocorreu uma especulação em torno das relações entre diferentes máquinas discursivas estruturais, relações estas que caracterizam as desigualdades das relações de forças entre processos discursivos.

Neste último deslocamento teórico da AD, Pêcheux dialoga com Foucault e, assumidamente, toma-lhe de empréstimo a noção de formação discursiva¹⁹ a qual foi compartilhada com as proposições de luta de classes.

Na AD₂, o sujeito do discurso continua sendo concebido como puro efeito de assujeitamento à máquina da formação discursiva, tendo em vista que é assim que se dá a sua identificação (PÊCHEUX, 1983).

O desenvolvimento de pesquisas sobre o encadeamento intra-discursivo possibilitou que nos primeiros anos da década de oitenta se configurasse a Terceira Época da AD (AD₃), trabalhando-se com a construção dos objetos discursivos dos pontos de vista e dos lugares enunciativos. Assim, na AD₃ rompe-se com as tentativas de homogeneidade discursiva, como também com a ilusão de identidade, as quais estiveram presentes nas etapas anteriores. Neste sentido, na AD₃ possibilita-se que o sujeito interprete o discurso enquanto constituinte do processo de interpretação e preocupa-se com os efeitos dessa interpretação. Logo, estabelece-se a mudança da univocidade para a plurivocidade discursiva (PÊCHEUX, 1983).

3.4 Texto, Discurso, Enunciado e Enunciação

Ao longo da história, o texto tem assumido múltiplas significações. Na AD o texto é uma unidade empírica de análise que se apresenta ao leitor por diferentes

¹⁸ Oficialmente, esse período iniciou-se com a publicação de uma edição inglesa da obra *Semântica do Discurso*, em 1978 (GREGOLIN, 2006).

¹⁹ O conceito de formação discursiva foi desenvolvido por Foucault com o intento de proceder com uma análise arqueológica dos discursos. Tal conceito encontra-se desenvolvido na obra *Arqueologia do Saber*, publicada originalmente em 1969.

materialidades (ORLANDI, 2001). Enquanto representante material da linguagem, o texto restabelece historicidade e não está associado a sua extensão. Assim, poderá ser constituído por uma única letra, frases, um único som, uma única imagem, etc. (ORLANDI, 2002).

Segundo Orlandi (2001), diante do leitor, o texto possui um autor que se representa na própria unidade do texto, sendo este autor o que busca propiciar ao texto coerência, progressão e finalidade. A organização do texto evidencia a organização da discursividade, ou seja, o lugar do sujeito e como está significando a sua posição; como o sujeito está praticando a relação com o mundo a partir das *condições de produção*. Mesmo assim, não é possível passar diretamente de um para outro.

Do ponto de vista da sua constituição, Orlandi (op. cit.) comenta que o texto poderá ser atravessado por diferentes formações discursivas. Assim, um único texto poderá ser afetado por diferentes posições do sujeito, tornado-se uma unidade heterogênea. Com isso evidencia-se o processo de textualização do discurso, o qual sempre se faz através das falhas e dos defeitos, evidenciando o jogo da língua com a própria língua e a relação da língua em um processo histórico. Logo, o texto não é apenas um objeto lingüístico, mas lingüístico-histórico, no qual sua composição ultrapassa os limites da palavra. A autora acrescenta ainda que o texto não é uma unidade fechada nela mesma, mas, enquanto elemento simbólico, abre-se para diferentes possibilidades de leitura.

Considerando o texto como um elemento lingüístico-histórico, avaliamos pertinentes as observações de Martins (2006) no tocante ao texto didático. Nas palavras da autora:

O texto do livro didático não é a simples adaptação do texto científico para efeito do ensino escolar, exclusivamente por meio de transposições didáticas de conteúdos de referência. Ele reflete as complexas relações entre ciências, cultura e sociedade no contexto da formação de cidadãos e se constitui a partir de interações situadas em práticas sociais típicas do ensino na escola. Nesse sentido, ele representa uma instância articuladora de diferentes vozes e horizontes sociais e conceituais, constituindo e materializando o discurso científico-escolar, ou o discurso sobre ciência na escola (p. 124).

Apoiando-se em reflexões de Halliday, Orlandi (2004) também acrescenta que, para se tornar texto, faz-se necessário ter textualidade, a qual é função da relação do texto consigo mesmo, bem como com a exterioridade. A autora acrescenta ainda que

essa condição de textualidade possibilita que as palavras adquiram sentido no texto, tendo em vista que, isoladamente, elas não significam; mas o texto significa.

Orlandi (2004) discorre sobre a complexidade do texto, o qual incorpora articulações ocorridas a partir de relações significativas, individualizadas em uma dada análise discursiva. Essa individualização das relações poderá ser percebida através da noção de heterogeneidade. A autora apresenta quatro condições para a heterogeneidade do texto, a saber:

- 1) Em relação à própria natureza dos diferentes materiais simbólicos, tais como imagem, grafia, som, etc;
- 2) Em relação à natureza das linguagens, como a oral, a escrita, a científica, a literária, a narrativa, a descrição, etc;
- 3) Em relação às posições do sujeito e
- 4) Em termos da multiplicidade de formações discursivas possíveis de constituírem o texto.

No entendimento de Orlandi (2001), entre o discurso e o texto há um espaço difuso, de limites fluídos e o ajuste entre os mesmos resulta em uma multiplicidade de sentidos, os quais abrem espaço para o simbólico. No entanto, Orlandi (2006a) lembra que o discurso não é um conjunto de textos, mas uma prática.

Para a AD, a noção de discurso como prática é uma influência foucaultiana. Prática que relaciona o discurso com outra coisa, ou seja, a *prática discursiva*. Essa prática discursiva, por sua vez, não está separada das demais práticas, como por exemplo, da prática social (FOUCAULT, 2005).

Acerca da perspectiva de adoção do discurso como prática social, Pinto (2002) lembra que a linguagem verbal e outras semióticas, com as quais se constroem o texto, não são apenas coisas de caráter puramente instrumental, externas aos acontecimentos sociais. São integrantes do contexto sócio-histórico.

Existem várias perspectivas situando especificidades tanto do texto como do discurso, as quais não se confundem com a fala. No entanto, o texto, enquanto unidade empírica e enquanto manifestação verbal do discurso, não se constitui em uma superfície lingüística fechada em si mesmo, podendo inclusive ser atravessado por vários discursos. Conforme assinala Orlandi (1987):

/.../ o discurso é tomado como conceito teórico e metodológico, e o texto, em contrapartida como conceito analítico

correspondente. Há, portanto, uma relação necessária entre eles (p. 159).

Na perspectiva da AD, o sentido da palavra não existe em si mesmo, como que vinculado à constituição e a sua organização léxica. A palavra adquire sentido de acordo com a posição ocupada por aquele que faz uso dela, ou seja, adquire sentido de acordo com as suas condições de produção. Segundo Orlandi (1987), na AD não se procura atravessar o texto e encontrar o sentido no outro lado do mesmo, tampouco encontrar sentido naquela unidade, tal qual se procede na análise de conteúdo.

Em relação à multiplicidade de leituras possibilitadas pela incompletude do texto em relação à discursividade, deixa de ser algo dependente da vontade do sujeito e remete-se a uma textualidade que, enquanto matéria discursiva, oferece várias possibilidades de leitura. Logo, a relação entre o discurso e o texto não é uma relação biunívoca. Nesta perspectiva, Orlandi (2001) considera que o texto é uma “peça,” no sentido de engrenagem, e que tem um jogo que possibilita o trabalho da interpretação.

Nas situações coloquiais, o silêncio é considerado como distinto do discurso. Tendo em vista que discurso não é sinônimo de mensagem, mas, determinado pelas condições de produção, na AD o silêncio, o não-dito, também é discurso, logo, significa. Nesta perspectiva, Pêcheux (2006) ressalta que discurso é efeito de sentido entre interlocutores. Assim, o silêncio também faz parte da investigação do analista do discurso no sentido de atribuir-lhe significados.

Em relação ao silêncio, Orlandi (1993) considera que ele possui várias formas, distinguindo duas como essenciais. A primeira destas formas é o *silêncio fundador*, considerado como necessário aos sentidos, haja vista que sem o mesmo tudo seria preenchido pela linguagem. É esse silêncio que atravessa as palavras e possibilita que o não dito adquira significado, a partir da eminência de sentido.

A segunda forma de silêncio considerada por Orlandi (op. cit.) é a *política do silêncio*. Uma das formas de expressão da *política do silêncio* é o *silêncio constitutivo*, para o qual todo dizer apaga outras palavras igualmente possíveis, produzindo, assim, um silêncio sobre outros sentidos. Outra forma de expressão da *política do silêncio* é o *silêncio local ou censura*, a qual remete a interdição ou apagamento de sentidos possíveis. É aquilo que é proibido dizer em um local, em uma conjuntura.

Tendo em vista que o silêncio também é discurso, ou seja, o silêncio também significa a partir da sua materialidade, deverá estar submetido às mesmas regras de produção e de funcionamento do discurso (ORLANDI, 2001).

As palavras incorporam as marcas das posições de quem as produz e de quem as interpreta, as quais são colocadas em jogo no processo sócio-histórico em que se constituem (PÊCHEUX, 1983). Com isso, pode-se assegurar que o discurso materializa ideologias.

O discurso não se apresenta para Pêcheux, Bakhtin e Foucault separados da enunciação, a qual representa o singular, o irrepetível em um discurso (CARDOSO, 2003).

Na perspectiva bakhtiniana, quando se enuncia, se enuncia para alguém a partir de um determinado lugar, ou de uma posição sócio-histórica. Além disso, o outro também ocupa uma determinada posição, sendo estes lugares constitutivos da enunciação. Por isso, para Bakhtin a enunciação não é um ato individual, mas um ato eminentemente social.

O enunciado, segundo Foucault (2005), é a unidade elementar do discurso, a materialidade repetível. No entanto, apesar destas características do enunciado, Cardoso (2003) menciona que o mesmo é aberto a transformação e a reativação. É um acontecimento que nem a língua, porém o sentido não esgota inteiramente. Logo, é distinto da frase gramatical, do período, do parágrafo e até mesmo do texto. É também distinto da análise lógica ou com um ato de fala (juramento, promessa, etc).

Cardoso (op. cit.) também menciona que o enunciado está ligado não apenas às situações que os provocam ou às conseqüências delas decorrentes, mas, ao mesmo tempo, está ligado tanto a enunciados que o precedem, quanto aos que o seguem. Por isso um enunciado sempre pertence a uma formação discursiva. Exemplificando, a autora traz a seguinte menção: “*A mulher é um ser inferior*” (p. 37). Conforme discutido pela autora, esse enunciado pertence a formação discursiva do discurso machista, o qual constitui um certo modo sócio-histórico de linguagem. Equivale a dizer que o sentido de um enunciado somente é dado na sua relação com a formação discursiva a que pertence.

Mesmo sendo o texto a unidade de análise, não é a unidade de construção do discurso, unidade de construção esta que se localiza no enunciado, porém deverá ser referida ao texto (ORLANDI, 2006a).

Para Foucault (2005) uma informação pode ser transmitida com outras palavras, com uma sintaxe simplificada ou ainda com um código convencional. Neste sentido, o enunciado suporta paráfrases. Exemplificando uma paráfrase enunciativa, Cardoso (2003) assinala: “*Lugar de mulher é na cozinha*” (p. 38). Na formação

discursiva machista, esse enunciado constitui uma paráfrase do último enunciado: "A mulher é um ser inferior" (p.37).

Tendo em vista que o conteúdo informativo e as possibilidades de utilização são preservadas nos dois enunciados do último parágrafo, pode-se dizer que constituem o mesmo enunciado. Foucault (2005) considera ainda que o conceito de enunciado está associado à função enunciativa e ao discurso. Assim, assinala:

Em seu modo de ser singular (nem inteiramente lingüístico, nem exclusivamente material) o enunciado é indispensável para que se possa dizer se há ou não frase, proposição, ato de linguagem (...) ele não é, em si mesmo, uma unidade, mas sim uma função que cruza um domínio de estruturas e unidades possíveis e que faz com que apareçam, com conteúdos concretos, no tempo e no espaço (Foucault, 2005, p. 125 - 126).

A enunciação, por sua vez, é o singular, o irrepetível. Assim toda vez que o enunciado-exemplo *A mulher é um ser inferior* é repetido pelo mesmo indivíduo ou indivíduos diferentes, trata-se de uma nova enunciação (CARDOSO, 2003).

3.5 As Condições de Produção do Discurso

O foco do interesse da AD não é nem a gramática, nem a língua, embora estas sejam inerentes ao discurso. O foco do interesse da AD é o discurso. Para isso, investiga como um objeto simbólico produz sentido. Logo, busca analisar o sujeito em sua história²⁰, desvenda a historicidade e os mecanismos imaginários subjacentes à linguagem, acatando as suas "*condições de produção*". Esta é uma noção fundante da AD, tendo sido trazida da psicologia social, e re-elaborada por Pêcheux para o campo discursivo.

Na AD, o discurso está além do sentido empírico da fala, relacionado ao efeito de sentido entre os interlocutores. Tal efeito é um processo histórico-social que produz seus efeitos, cabendo à AD buscar compreender os processos de produção destes discursos. Para Pêcheux (1983), a materialidade específica da ideologia é o discurso, enquanto que a materialidade do discurso é a língua. Assim, a ideologia não é um ocultamento da realidade, tampouco uma visão de mundo, mas, uma estrutura-funcionamento.

A ideologia, por sua vez, é interpretação de sentido em certa direção, direção determinada pela relação da linguagem com a história em seus mecanismos imaginários. A ideologia não é,

²⁰ Em AD, história não é uma cronologia, nem filiação, mas produção de sentidos.

pois, ocultação mas função da relação necessária entre a linguagem e o mundo (ORLANDI, 2004, p. 31).

O conceito de ideologia enquanto instância metafísica foi criticada por Bakhtin em 1929, colocando a mesma como um processo semiótico. Logo, sujeito a múltiplas interpretações.

No entendimento de Pêcheux (1983) a produção do discurso compreende fundamentalmente o sujeito e as “*condições de produção*”, condições essas que permitem a linguagem se relacionar com a exterioridade. As “*condições de produção*” consistem basicamente no sujeito e no lugar ocupado pelo mesmo.

Vale salientar que o lugar ocupado pelo sujeito ou posição-sujeito, anteriormente mencionada, não compreende apenas a realidade física ou institucional ocupada pelo sujeito. A esta pertence também as representações imaginárias que os participantes do discurso fazem da sua própria identidade, bem como dos próprios referentes do discurso. Nesta perspectiva, para uma mesma posição física ocupada por distintos sujeitos, poderão existir distintas *posições-imaginárias*. As posições-imaginárias são constituídas pelos já ditos por outras vozes esquecidas, mas que participam do jogo discursivo. Com isso, pode-se inferir que o discurso realiza-se no sujeito, porém, não se origina no mesmo. Origina-se na topografia imaginária construída e ocupada pelo sujeito.

Devido ao vínculo com as condições de produção, na AD não se investiga como um texto significa, tal como se procede na análise de conteúdo. Na AD procura-se investigar o que o texto quer dizer.

A partir da perspectiva das condições de produção dos discursos, faz sentido perguntarmos quais as representações que os professores constroem acerca do lugar ocupado pelo professor no contexto educacional? Que implicações estas representações trazem para a sua prática profissional? Que vozes são determinantes para estas representações? Que vozes participam do discurso escolar?

Orlandi (2002) considera que as *condições de produção dos discursos* podem ser relevadas em duas perspectivas. Na primeira, em sentido estrito, a qual se relaciona com o contexto imediato da enunciação²¹. A segunda, em sentido amplo²², na qual as condições de produção relacionam-se com o contexto sócio-histórico e ideológico.

²¹ No presente estudo, parte do contexto imediato é constituída pelos professores entrevistados, os locais de trabalho dos mesmos, bem como todas as condições materiais disponibilizadas para a concretização do trabalho dos mesmos. A outra parte são os livros didáticos em si.

Orlandi (op. cit.) acrescenta ainda que as condições de produção que constituem os discursos funcionam de acordo com alguns fatores. O primeiro destes é chamado de *relação de sentido*, para o qual todo discurso relaciona-se com outros que o sustentam, como também aponta para dizeres futuros. Seguindo esta linha de entendimento, em um discurso não há um começo, tampouco um final absoluto.

Outro fator relacionado com as condições de produção que constituem as estratégias discursivas é o *mecanismo de antecipação*. Através deste, o locutor poderá tentar colocar-se no local daquele que ouve as palavras. Com isso o sujeito poderá regular a argumentação de tal forma que optará pelo modo que produz ou pensa produzir o efeito desejado no interlocutor. Ou seja, o sujeito dirige o processo de argumentação de acordo com o efeito que deseja produzir no interlocutor (ORLANDI, 2006a).

O terceiro fator relacionado com as condições de produção que constituem os discursos é denominado *relações de forças*. Nesta noção, o lugar do qual o sujeito fala constitui o que ele diz. Reportando-se às relações de força que permeiam o contexto educacional, Orlandi (2002) assinala:

Assim, se o sujeito fala a partir do lugar de professor, suas palavras significam de modo diferente do que se falasse do lugar do aluno (p. 39).

Novamente, destacamos que o lugar ocupado pelo sujeito não é o lugar físico, mas o lugar imaginário advindo da estrutura social e representado pelo sujeito nos processos discursivos. Assim, não há um sujeito único, aquele que fala, mas uma diversidade de *posições-sujeitos*, diretamente relacionada com as formações discursivas e ideológicas ou formações imaginárias (Pêcheux, 1983).

Teorizações acerca da influência do lugar ocupado pelo sujeito em seu discurso foram amplamente debatidas por Foucault (2005) ao reportar-se à legitimação do discurso psiquiátrico, discurso este que, no Ocidente, é oriundo do ambiente hospitalar.

A relação de um discurso, e não outro, com a autoria também é defendida por Foucault (op. cit.)

²² Como contexto amplo, consideramos as relações que os professores travam em salas de aula, com as coordenações e direções das escolas, as conseqüências da má remuneração, bem como a própria formação dos mesmos. Em relação aos livros didáticos, consideramos com contexto amplo, as mediações dos autores com os editores, as atenções as demandas dos mercados editoriais, etc.

Quem, no conjunto de todos os sujeitos falantes, tem boas razões para ter esta espécie de linguagem? Quem é seu titular? Quem recebe dela sua singularidade, seus encantos, e de quem, em troca, recebe, se não a garantia, pelo menos a presunção de que é verdadeira? Qual é o status dos indivíduos que têm – e apenas eles – o direito regulamentar ou tradicional, juridicamente definido ou espontaneamente aceito, de proferir semelhante discurso? (p. 56).

3.6 A Heterogeneidade dos Discursos

Acerca da heterogeneidade, Maingueneau (1997) menciona que tal adjetivação poderá representar uma depreciação dos objetos. Contudo, no discurso, a heterogeneidade poderá representar uma relação profunda do interior com o exterior.

O entendimento de Pêcheux bem como o de Foucault é que não existe um discurso de origem absoluta, haja vista que cada enunciado traz um já dito. Com isso, a AD destitui o sujeito falante da posição central, do local de produtor de sentidos, para integrá-lo ao funcionamento dos enunciados. Nesta perspectiva, esses teóricos não raro são responsabilizados pela morte do sujeito.

/.../ todo discurso manifesto repousaria secretamente sobre um já dito; e que este já-dito não seria simplesmente uma frase já pronunciada, um texto já escrito, mas um “jamais dito”, um discurso sem corpo, uma voz tão silenciosa quanto um sopro, uma escrita que não é senão o vazio de um próprio rastro (FOUCAULT, 2005, p. 28).

Maingueneau (op. cit.) distingue dois tipos de heterogeneidade enunciativa – a *heterogeneidade mostrada* e a *heterogeneidade constitutiva*. No entendimento do autor, a heterogeneidade mostrada é recuperável, tendo em vista que se manifesta explicitamente na materialidade lingüística. Vale salientar, porém, que a heterogeneidade mostrada vai além da citação direta, podendo também não ser marcada, como é o caso da utilização da ironia. Inclusive o autor considera como tarefa perigosa proceder-se com uma classificação da heterogeneidade mostrada. Porém, algumas abordagens lingüísticas poderão revelar a heterogeneidade enunciativa do discurso, como a polifonia, por exemplo.

A heterogeneidade constitutiva, por sua vez, não é marcada na superfície do enunciado. No entanto, a AD poderá formular hipóteses e recuperá-la.

Maingueneau (op. cit.) também menciona que apesar dos discursos diretos e indiretos serem as manifestações mais clássicas da heterogeneidade enunciativa, essa

não está unicamente associada à presença dos sujeitos diversos na constituição do enunciado. A heterogeneidade enunciativa poderá resultar da construção de níveis distintos pelo locutor, ao longo do discurso, comenta a autora.

Tendo em vista a presença de outras vozes nos discursos, vindas de discursos pré-existentes, Orlandi (2002) alerta para a distinção existente entre o interdiscurso e o intertexto. Na avaliação da autora, conforme já especificado anteriormente, fazem parte do interdiscurso as formulações elaboradas por outros e já esquecidas quanto as suas origens. No entanto, tais formulações ainda determinam aquilo que está sendo dito. Nesta perspectiva, são as palavras do outro, as quais já haviam feito sentido em outras circunstâncias, que emergem como uma voz sem nome e fazem sentido em minhas palavras. Na concepção de Courtine, mencionada por Orlandi (op. cit.), *no interdiscurso fala uma voz sem nome* (p. 34).

Em relação à intertextualidade, caracteriza-se através da relação de um texto com outro, previamente produzido. A presença do outro no texto poderá estar sendo reconhecida ou não. Assim a intertextualidade é explícita quando a fonte da memória é recuperada, seja através do relato, das citações de referência, dos resumos, etc. Cardoso (2003) considera que, entre o discurso citado e o que cita, poderá ocorrer uma ambigüidade, do tipo que aquilo que digo é verdade, porque é o outro quem diz. Assim, o discurso citado poderá funcionar como uma proteção ao discurso presente.

... não só não somos inteiramente responsáveis pelas representações que acreditamos fazer nos textos que produzimos, como também nem sequer somos os únicos responsáveis pelas que ali aparecem (PINTO, 2002, p. 30).

Ainda segundo Cardoso (op. cit.), a intertextualidade é implícita quando o interlocutor recupera a fonte na memória e constrói o sentido do texto. A autora também menciona que a intertextualidade implícita ocorre através das alusões, paródias, de certas paráfrases, certas ironias, etc.

Conforme pontuado anteriormente, Orlandi (2002) considera que fazem parte do interdiscurso as formulações elaboradas e já esquecidas, porém, ainda determinam aquilo que dizemos. Nesta perspectiva, a palavra para fazer sentido, faz-se necessário que ela já tenha feito sentido, sendo essa voz sem nome retomada através das minhas palavras.

Tendo em vista que na voz de um sujeito manifestam-se as vozes de outros sujeitos, Bakhtin (2006) considera que o discurso não é monológico, sendo o

dialogismo constitutivo de sentidos no mesmo²³. Nesta perspectiva, na voz de um sujeito também se encontram presentes as vozes de outros sujeitos, independentemente do fato de que aquele que fala seja consciente ou não. Ainda, segundo Bakhtin (op cit), quando estas vozes se interceptam, as mesmas tecem-se polifonicamente. Com isso, há uma polifonia inscrita no enunciado, a qual, na AD, é denominada de interdiscurso.

Bezerra (2005) discute o conceito de polifonia em Bakhtin. Nos comentários do autor, o mencionado conceito se expressa no gênero romanesco e representa a realidade inconclusa e em constante processo de formação. Nessa perspectiva, os personagens estão em constante evolução. Enquanto isso, o monologismo está associado ao autoritarismo ao acabamento, ao dogmatismo, a indiscutibilidade das verdades conduzidas por um discurso. Nesta perspectiva ocorre o apagamento dos universos individuais dos personagens, haja vista que não se permite a expressão da consciência autônoma do outro. Assim, os personagens são sempre sujeitados aos horizontes de criação do autor.

Segundo Pêcheux (1983) através de manobras discursivas de re-calçamento como os esquecimentos, o locutor procura anular as heterogeneidades do discurso. Pêcheux (op. cit.) reporta-se ao esquecimento número um e ao esquecimento número dois.

No esquecimento número um, o inconsciente é afetado pela ideologia e dá a ilusão ao sujeito que ele é a origem do que diz, criador absoluto do seu discurso. Isso porque o mesmo apaga inconscientemente qualquer elemento que o remeta ao exterior da sua formação discursiva. Trata-se de uma zona inacessível ao sujeito, sendo o lugar constitutivo da subjetividade. Acerca deste esquecimento, Orlandi (2002) assinala:

... ele é a instância do inconsciente e resulta do modo pelo qual somos afetados pela ideologia. Por esse esquecimento temos a ilusão de ser a origem do que dizemos quando, na realidade, retomamos sentidos pré-existentes (p.35).

O esquecimento número dois, por sua vez, relaciona-se com a ordem da enunciação, onde, ao longo do dizer, o locutor vai criando famílias parafrásticas. É a operação de seleção lingüística que todo falante faz entre o que é dito e o que deixa de se dito – o não-dito. Nestas, os dizeres poderiam ser ditos de outras maneiras, porém, no interior da formação discursiva que o domina, elege algumas formas e seqüências que se

²³ O caráter dialógico das interações discursivas também é incorporado por Freire, notadamente na obra *Extensão ou Comunicação?*

encontram em relação de paráfrase e esquece outras. Como não é consciente desse processo, mantém a ilusão de ser a origem do próprio dizer (PÊCHEUX, 1983).

As famílias parafrásticas são formadas, por exemplo, quando o sujeito é requerido a voltar ao discurso para explicar sobre o que diz e aprofundar especificidades do que pensa. Poderá, então, ocorrer a reformulação do que pensa e diz, sendo que as paráfrases são utilizadas.

Os esquecimentos estão também relacionados com a memória discursiva, as quais, segundo Foucault (2005), são “*enunciados que não são mais admitidos nem discutidos, /.../ em relação aos quais se estabelecem laços de filiação, de gênese, de transformação, de continuidade e de descontinuidade histórica*” (p. 32).

3.7 As Noções de Sujeito, Autor e Autoria na Análise de Discurso Francesa

A concepção de sujeito tem assumido várias acepções nas diferentes teorias lingüísticas. Brandão (2002) menciona que Orlandi identifica três concepções de sujeito, em três fases das teorias lingüísticas modernas. Na primeira das fases, Orlandi identifica uma concepção de sujeito idealista, na qual as relações interlocutivas estão centradas na idéia de interação harmônica entre o eu e o tu. Na segunda fase, a qual incorpora a idéia de conflito nas relações intersubjetivas, o tu determina o que o eu diz. Na terceira fase, reconhece-se o dualismo entre o eu e o tu da segunda fase e procura-se romper com essa circularidade. Reconhece-se a incompletude do sujeito, que anseia pela completude na relação com o outro. Assim, ao contrário das fases anteriores, na terceira fase, o foco da relação não se encontra nem no eu, nem no tu, mas na diversidade do espaço discursivo gerado pela interação do eu com o tu.

Tomaremos como idéia diretriz o seguinte questionamento: para a AD quem é o sujeito no discurso?

Na AD, a concepção de sujeito se constrói na interação dinâmica com o outro. Com isso, o sujeito na AD se sustenta em duas idéias básicas. A primeira delas é que a idéia de sujeito e sentidos não são dados, a priori, mas, constituídos no discurso. Com isso supera-se a concepção espontânea de subjetividade, fundada em uma filosofia idealista. No entendimento de Pêcheux (1997) a constituição do sujeito e do próprio sentido, sempre ocorre com a interpelação da ideologia.

Percebe-se, assim, que tanto a idéia de formação ideológica quanto a formação discursiva ocupam papel fundamental no contexto da AD.

Outra idéia basilar da AD em relação ao sujeito, a qual é adotada por Pêcheux (op. cit), é o descentramento do mesmo, à medida que passa a integrar o funcionamento dos enunciados. Assim, abandona-se a noção de sujeito psicológico, que empiricamente coincide consigo mesmo, e adota-se a idéia de posições do sujeito. Nesta perspectiva surge a função-autor, função discursiva do sujeito, a qual se estabelece em meio a outras funções enunciativas, que são o locutor e o enunciador.

O descentramento do sujeito não é uma tentativa de eliminá-lo, haja vista que não existe discurso sem sujeito. A AD destitui o sujeito falante da posição central, do local de produtor autônomo dos sentidos, para integrá-lo ao funcionamento dos enunciados. Por tal perspectiva, muito frequentemente Pêcheux e Foucault são responsabilizados pela morte do sujeito, conforme mencionado anteriormente.

Essa noção de sujeito, que se desloca e assume vários papéis no discurso, harmoniza-se com a polifonia bakhtiniana. Bakhtin (2006) opõe o discurso polifônico tecido com o discurso do outro, com o discurso denominado monológico.

Faraco (2007) lembra que nos primeiros escritos de Bakhtin, elaborados no início da segunda década do século XX, ele já distinguia o autor-pessoa, do autor criador. Na concepção bakhtiniana, o autor-pessoa seria o escritor, o artista que é um constituinte da atividade estética – um elemento imanente ao todo artístico – aquele constituinte que dá forma ao objeto estético. O autor-criador é a função-estético-formal engendradora da obra. O autor criador não apenas registra passivamente os atos da vida, mas dá forma aos conteúdos. Por isso, uma posição refratada da vida para a arte, pelo viés valorativo do autor-pessoa. Também posição refratante, porque é a partir dela que se reordena esteticamente os acontecimentos da vida.

Segundo Brandão (2002) o descentramento do sujeito na AD é reflexo de uma teoria da subjetividade de natureza psicanalítica. A partir dessa perspectiva, Pêcheux propõe uma teoria não-subjetivista da enunciação com o intuito de fundar uma teoria materialista dos processos discursivos.

Apesar de, na AD, o sujeito ter sido destituído da origem do discurso, segundo Pêcheux (1983), o mesmo se utiliza de *ilusões discursivas* para colocar-se na origem do discurso. Essas ilusões discursivas são os esquecimentos, anteriormente mencionados.

A ilusão do sujeito de ser a fonte, a origem do sentido constitui para a AD uma ilusão necessária, à medida que é construtora do sujeito. Em relação à origem dos discursos, Foucault (2005) convida a colocar em suspensão todas as formas prévias de continuidade, tendo em vista que o discurso manifesto não passaria da presença

repressiva do que ele diz. Nesta perspectiva, Foucault se opõe a análise histórica do discurso, defendendo que se faz necessário acolher o discurso no momento da sua irrupção. Em defesa deste ponto de vista, Foucault assinala:

Não é preciso remeter o discurso à longínqua presença da origem: é preciso tratá-lo no jogo de sua instância (2005, p. 28).

No exposto acima, podemos destacar a ruptura foucaultiana com a noção de continuidade e tradição, a qual leva a buscar as causas em um passado longínquo e remoto.

Em relação ao discurso, Orlandi (2002) também considera que a memória discursiva se coloca como interdiscurso – aquilo que foi falado por alguém. É o já dito por outra pessoa, em outra época e em outro lugar, já pertencendo ao anonimato, porém fazendo presença naquilo que está sendo dito. Logo afetando a maneira como o sujeito dá significado em uma situação discursiva. Esse dito tem história, tem filiação de sentido em outras vozes e não pede licença para se fazer presente no discurso. Assim temos o interdiscurso – formulações já feitas e esquecidas, porém que determinam aquilo que dizemos no presente.

Segundo Brandão (2002), Maingueneau associa discursividade com a gênese discursiva, com o intento de evidenciar que não existe um discurso de origem absoluta.

Devido à memória discursiva, Orlandi (2002) considera sem sentido em uma entrevista perguntar-se ao sujeito o que ele quis dizer com determinada palavra, por exemplo. O que ele sabe acerca da palavra não é suficiente para o analista compreender os *efeitos de sentido* ali presentes, ou os diferentes sentidos presentes em um mesmo enunciado.

A partir da perspectiva de que o discurso não tem como função constituir uma representação fiel da realidade, mas, assegurar uma representação da mesma, na gênese do discurso há a atuação de um sujeito e esta atuação o converte em autor.

Diferentemente de Foucault, a função-autor não se limita a um quadro restrito de produtores originais de linguagem. A função-autor se realiza toda a vez que o produtor da linguagem se representa na origem, produzindo um texto com unidade, coerência, progressão, não contradição e fim (ORLANDI, 2004).

3.8 As Formações Discursivas, Os Efeitos de Sentido e a Ideologia

Na AD a linguagem é analisada não apenas a partir dos mecanismos psíquicos inatos, mas, a partir da relação com o contexto em que a mesma é produzida. Ou seja,

analisa-se a relação da linguagem com a sua exterioridade, entendendo-se esta como as condições de produção dos discursos. As condições de produção dos discursos, segundo Orlandi (2006a) são construídas a partir da articulação de dois processos, os quais são entendidos como fundamento da linguagem: o processo parafrástico e o processo polissêmico.

Para a lingüística, a paráfrase é aceita como uma imitação de um dizer, porém, dita através de outras palavras. No âmbito da AD, o processo parafrástico possibilita que algo se mantenha naquilo que é dito com outras palavras, ou seja, são diferentes formulações para o mesmo dizer. Assim, a paráfrase atenua a detecção dos limites das diferentes formações discursivas.

Na AD, o processo polissêmico é o responsável pela possibilidade de sempre produzirem-se uma multiplicidade de sentidos. Assim, ocorrem rupturas de significações. A polissemia, no contexto da lingüística, consiste na multiplicidade de sentidos atribuídos para uma mesma palavra.

Orlandi (2002) alerta que a articulação entre a paráfrase e a polissemia, ocorre também entre o simbólico e o político.

Apoiando-se na convicção de que a posição ocupada pelo protagonista do discurso intervém na produção do discurso, Pêcheux (1983) elabora a noção de formação imaginária. Um discurso não é a mera transmissão de informações, mas um efeito de sentido entre interlocutores.

Para Pêcheux (1997), um mesmo enunciado poderá assumir diferentes sentidos, estando estes relacionados com as formações discursivas, nas quais o enunciado é produzido. O autor assinala:

Chamaremos, então, formação discursiva aquilo que, numa formação ideológica dada, isto é, a partir de uma posição dada numa conjuntura dada, determinada pelo estado da luta de classes, determina o que pode e deve ser dito /.../ (p. 160).

Pela exposição anterior, a formação discursiva constitui-se como o lócus onde se produzem os sentidos verdadeiros de um determinado discurso em contraposição aos sentidos não verdadeiros.

Semelhantemente ao sentido do enunciado, o sentido da palavra não existe em si mesmo, mas, a partir das condições de produção do enunciado. O sentido da palavra muda de acordo com as condições ideológicas de quem as emprega e de quem as interpreta – o sentido da palavra advém da formação discursiva em que a mesma é produzida ou reproduzida (PÊCHEUX, 1997). Logo, em um discurso não há sentido

acabado, mas este se encontra sempre em curso. Com isso possibilita que as várias posições do sujeito possam representar diferentes formações discursivas no mesmo texto (ORLANDI, 2006a).

Conforme discutido anteriormente, o discurso não é apenas a transmissão de informação, mas a linguagem posta em funcionamento através de relação de sujeitos e de sentidos. Os sentidos também não são constantes, nem pré-determinados.

... o sentido de uma palavra, de uma expressão de uma proposição, etc., não existe “em si mesmo”, mas, ao contrário, é determinado pelas posições ideológicas que estão em jogo no processo sócio-histórico no qual as palavras, expressões e proposições são produzidas. Poderíamos resumir essa tese dizendo: As palavras, expressões, proposições, etc., mudam de sentido segundo as posições sustentadas por aqueles que as empregam, o que quer dizer que elas adquirem seu sentido em referência a essas posições, isto é, em referência às formações ideológicas nas quais essas posições se inscrevem (PÊCHEUX, 1997, p. 160).

Os lugares de onde os interlocutores falam podem representar as posições que são entendidas por Foucault (2006a) como sendo as *coerções do discurso*. Esse lugar ocupado pelo interlocutor não é um lugar objetivo, mas um lugar representado.

Foucault (2005) estabelece que todo discurso refere-se a um objeto, sendo que a própria formação deste objeto se dá a partir de um conjunto de relações discursivas complexas, ocorridas entre instâncias distintas e exteriores ao próprio objeto. Devido a essa complexidade nas relações discursivas, Foucault assegura que são numerosas e importantes as condições para que apareça um objeto do discurso, para que várias pessoas possam dele dizer coisas diferentes.

Isso significa que não se pode falar de qualquer coisa em qualquer época; não é fácil dizer alguma coisa nova; não basta abrir os olhos, prestar atenção, ou tomar consciência, para que novos objetos logo se iluminem e, na superfície do solo, lancem sua própria claridade (Foucault, 2005, p. 50).

De maneira semelhante à perspectiva acima, não se pode vir a dizer depois que aquilo que não foi dito em um dado lugar e em uma determinada época é aquilo que poderia ter sido dito. Ao se expressar, o sujeito tem a ilusão de controlar a origem do seu discurso, não se apercebendo que o que determina o sentido do seu discurso é a história que se manifesta através da formação discursiva que o mesmo se inscreve. Segundo Pêcheux (1997), a formação discursiva, inscrita em uma dada formação

ideológica, associada ao lugar ocupado pelo sujeito, é o que determina o que poderá ser dito, é o lugar da construção do sentido.

Para se articular a ideologia com o discurso, faz-se necessário considerar-se as formações imaginárias, as quais representam um conjunto de atitudes, bem como representações relacionadas com posições de classe conflituosas.

Para reproduzir as relações de produção, uma das estratégias de funcionamento da ideologia dominante é valer-se do assujeitamento do sujeito. O assujeitamento consiste em fazer com que cada indivíduo seja conduzido a ocupar seu lugar em grupos ou classes dominantes. O sujeito assujeitado acredita que é senhor dos seus atos, não possuindo assim consciência da sua dominação.

Em *Maxismo e Filosofia da Linguagem*, Bakhtin (2006) rompe com a idéia de ideologia como subjetiva, ideologia como interiorização da consciência humana e que interpreta o sujeito. A ideologia é deslocada para o campo da dialética, ideologia como um processo em construção. Com isso amplia o conceito para além dos parâmetros marxistas, no qual a ideologia encontra-se pautada na idéia de “falsa consciência”.

Os sentidos das palavras, embora pareçam evidentes, são ilusórios. Eles nunca são dados ou estão acabados, mas estão sempre em movimento. Conforme comenta Orlandi (2002), na concepção pecheuxtiana as palavras adquirem sentidos a partir da posição de quem as utiliza, como também das posições ideológicas que se inscrevem – a relação da língua com a exterioridade e não com os mecanismos psíquicos inatos. Assim, a simultaneidade das posições ocupadas pelo sujeito (profissão, raça, sexo, etc) determina a multiplicidade das formações discursivas as quais o mesmo pertence.

As diferentes formações discursivas²⁴ equivalem a representações imaginárias dos lugares sociais ocupados pelo sujeito. São projeções de formações imaginárias, constituídas a partir das relações sociais, as quais refletem a imagem que se faz de um professor, de um médico, de uma mãe, etc.

Segundo Pêcheux, em um mesmo texto pode-se encontrar várias formações discursivas e pode-se estabelecer uma relação de dominância de uma das formações discursivas sobre as outras. Assim, a dispersão do sujeito produz uma heterogeneidade que é constitutiva do próprio discurso. No entanto, essa heterogeneidade é trabalhada

²⁴ Em Foucault, o conceito de formação discursiva encontra-se desenvolvido na *Arqueologia do Saber*, obra inicialmente publicada em 1969. Em outros trabalhos, como *A História da Loucura* e *O Nascimento da Clínica*, publicados em 1961 e 1963, respectivamente, Foucault já havia analisado a constituição do saber da loucura e da medicina.

pelo locutor, fazendo com que as diferentes vozes do texto polifônico sejam harmonizadas e as vozes discordantes sejam apagadas.

A relação do que está se dizendo com o dito possibilita ao analista compreender a relação dos sujeitos com a ideologia.

3.9 O Leitor e as Condições de Produção de Leitura

Reconhecendo os vários significados atribuídos ao sentido de leitura, Orlandi (2006a) menciona que, em uma concepção ampla, leitura é atribuição de sentidos. Logo, encontra-se associada tanto à escrita quanto a oralidade ou mesmo, a qualquer forma de linguagem.

Na mesma obra, outro sentido atribuído à leitura por Orlandi (op. cit.) é em relação ao sentido de concepção, significando “leitura de mundo”. Segundo a autora, encontra-se relacionada com a noção de ideologia, porém, em uma acepção indiferenciada.

No sentido acadêmico, leitura adquire outra significação. Poderá significar a construção de uma fundamentação, tanto teórica, quanto metodológica com o intuito de propiciar a aproximação de um texto (ORLANDI, op.cit.).

Orlandi (op. cit.) também considera que no sentido acadêmico, leitura poderá está vinculada à alfabetização. Nesta perspectiva, leitura incorpora um caráter meramente formal.

Para a AD, a leitura não é uma simples decodificação, mas construção de sentidos. Logo, não há um sentido escondido em algum lugar do texto (ORLANDI, 2001). Além disso, leitura não ocorre apenas no momento em que um leitor tenta atribuir significado ao texto ou a um signo lingüístico. Há um leitor que é constituído no ato da escrita do texto, um leitor imaginado pelo autor, um leitor a quem o texto produzido (ou signo lingüístico) se destina, ou seja, há um leitor imaginário produzido pelo autor. Assim, quando o leitor real lê o texto, nesse já se encontra outro leitor, o leitor virtual.

As interações ocorridas entre o autor e o leitor do texto não é uma simples transferência de informação. Trata-se de um processo de identificação e de argumentação do leitor, as quais o autor procura antecipar.

No ato de leitura, o leitor também considera o que está implícito, mas também significando. Esse não dito possui várias naturezas: sustenta o que está sendo dito;

aquilo a que o que está dito se opõe; outras maneiras diferentes de se dizer o que se disse.

O mesmo leitor não lê o mesmo texto da mesma maneira em diferentes momentos e em condições distintas de produção de leitura, e o mesmo texto é lido de maneiras diferentes em diferentes épocas, por diferentes leitores (ORLANDI, 2001, p. 62).

Para atribuir sentido ao texto, tanto os leitores quanto os escritores autores interagem com o mesmo. E essa tentativa de atribuição de significados é individual, porém delimitada pelas experiências com outros textos e também contextos. Isso resulta nas leituras diferenciadas pelos distintos leitores do texto, os quais também se tornam autores.

Nesta tentativa de atribuir significado ao texto, o leitor infere e responde ao mesmo. Pelas mediações realizadas na tentativa de dar sentido ao texto pelo leitor, há uma interação deste com o autor, a qual poderá então ser compreendida como uma interação dialógica, conforme o sentido atribuído por Bakhtin (2006) - dialogismo é constitutivo do sentido da linguagem.

Pelas diversas possibilidades de leitura assumidas por um leitor diante de um texto, chamamos a atenção para a leitura no contexto da educação formal, particularmente, aqueles textos da educação científica. Quais os significados mobilizados pelos leitores para fazerem uma leitura destes textos? Como e por quem estes textos são escritos? Qual o leitor virtual ao qual o texto se destina? Qual a condição de leitura disponibilizada ao estudante leitor?

Entendemos que os questionamentos do último parágrafo em torno da preocupação com o leitor estudante são corroboradas pelas afirmações de Silva e Almeida (1998), ao assinalarem:

Tomar o sujeito como condição de leitura significa levar em consideração sua história de leitura e de vida, o que implica em admitir outros significados e não apenas os atribuídos pelo professor, que possui uma história de leitura diferente da do aluno. A escola não trabalha com leitores prontos e iguais, fato que comumente é negligenciado, mas interfere de modo constitutivo na história de leitura dos sujeitos (p. 138).

3.10 A Análise e a Interpretação dos Discursos

Tendo em vista as peculiaridades da linguagem, como o analista deverá proceder com o intuito de transformar o texto em discurso? Que escuta o analista deverá empreender no intuito de compreender além das evidências do texto, sem proporcionar o apagamento da opacidade da linguagem e dos sentidos da história? Como o analista deverá proceder para analisar e interpretar os discursos? Como o analista deverá investigar no discurso as marcas da ideologia presentes no sujeito?

Admitindo que o analista é uma espécie de detetive sociocultural, Pinto (2002) opina que o mesmo deverá interpretar os vestígios que permitem a contextualização em três níveis: o contexto situacional imediato, o contexto institucional e o contexto sociocultural mais amplo, onde ocorreu o evento comunicacional.

Como o objetivo principal da AD é compreender como um objeto simbólico produz sentido, o primeiro procedimento do analista é transformar uma superfície lingüística em um objeto discursivo. Para isso, Orlandi (2002) recomenda que o analista deverá construir um dispositivo de interpretação. Através desse dispositivo deverá colocar o dito em relação ao não dito, colocar o que o sujeito diz em um lugar relacionando com o que é dito em outro lugar. O analista deverá procurar ouvir naquilo que o sujeito diz, aquilo que ele não diz, mas, que constitui igualmente os sentidos de suas palavras, ou seja, o analista deverá empreender a paráfrase e interpretar os resultados da sua análise.

A noção de funcionamento ocupa posição central da AD e para a compreensão do discurso, o analista deverá investigar os processos e mecanismos de constituição de sentidos. Logo, deverá fazer uso das metáforas, das falhas e dos deslizos, haja vista que para o analista do discurso, a língua não é um instrumento ideologicamente neutro.

VOTE SEM MEDO;

VOTE COM CORAGEM;

OPTE COM CORAGEM.

Ao utilizar-se das paráfrases, os deslizamentos de sentido estabelecem uma relação da língua com a historicidade. Através dos deslizamentos de próximo em próximo, o ponto de partida torna-se completamente diferente do ponto de chegada, todavia, neste diferente, permanece algo do mesmo (ORLANDI, 2001).

Com o intento de compreender além das evidências imediatas, Orlandi (2002) propõe ao analista a construção de um dispositivo de análise. Por isso, após a análise, não é sobre o texto que o analista se reportará. Após a análise o analista irá se reportar ao discurso construído (ORLANDI, 2004).

Tendo em vista que a interpretação na AD não é uma interpretação semântica dos conteúdos, a prioridade do analista diante de um texto não é interpretá-lo, tal qual faz o hermeneuta ou mesmo procurar o sentido verdadeiro do texto. O analista deverá se interessar mais pelo como dizer e por que dizer, que pelo dito em si e procurar o sentido do texto, tanto em sua materialidade lingüística, como histórica. Procurar interpretar no horizonte possível da significação, haja vista que a relação de significação do homem com o mundo é uma relação mediada pela linguagem. Não há uma relação direta entre a palavra e a coisa. Apenas devido à atuação do imaginário, funciona como se fosse. Para isso, o analista deverá explicitar os processos de significação do texto, como o texto produz sentido através dos seus mecanismos de funcionamento (ORLANDI, 2004). Nesta perspectiva, Orlandi (2002) menciona que não há sentidos literais disponíveis em algum lugar, com o intuito de serem usados.

A interpretação, portanto, não é mero gesto de decodificação, de apreensão de sentido. Também não é livre de determinações. Ela não pode ser qualquer uma e não é igualmente distribuída na formação social (ORLANDI, 2004, p. 67).

Para proceder como a análise do discurso, o analista mobiliza conceitos para cada questão que formula e, nesta dependência ante a questão formulada e o conceito mobilizado, a interpretação parte para diferentes significados. Isso porque, sendo o texto a unidade de análise, é afetada pelas condições de produção. Assim, análises distintas de um mesmo texto não produzem conclusões semelhantes, mas relacionadas com as questões de investigação formuladas, além de relacionadas com os referenciais teóricos mobilizados pelo analista. Além dessa dependência com os referenciais teóricos mobilizados e com as questões formuladas pelo analista, ocorre a dependência com o rigor do método utilizado, conforme alertado por Orlandi (2001), bem como do próprio alcance teórico da AD. Nesta perspectiva, o texto, enquanto material de análise, incorpora certa provisoriedade (ORLANDI, 2002).

Vale salientar que a tarefa do analista de discurso não é descrever o texto, tampouco o interpretar, tal qual faz o hermeneuta. Para Orlandi (1988), o analista deverá compreender o texto a partir das evidências presentes, tanto nos processos de significação, como a partir do seu próprio funcionamento. Ou seja, pela produção dos sentidos.

Orlandi (2001) também alerta que a interpretação possui forte vínculo com a materialidade da linguagem. Logo, linguagens distintas, significam distintamente, além da distinção que lhe é determinante pelos métodos praticados. Além disso, uma das

pressuposições para a interpretação da linguagem verbal, é que a mesma ocorre, tanto por quem analisa, quanto por aquele que fala.

Reconhecendo a impossibilidade de ter acesso direto aos sentidos do texto, a AD trabalha a opacidade do mesmo e identifica nesta a presença do simbólico, do ideológico, bem como o próprio funcionamento da linguagem.

Na AD, o ato de interpretação do discurso é o de atribuir sentido ao texto, restituindo a opacidade dos sentidos, haja vista que interpretação não é decodificação. A interpretação do discurso consiste em analisar como o texto funciona e produz sentido. Logo, a interpretação não se fecha (ORLANDI, 2001). Reportando-se a Georges Canguilhem, a autora lembra, ainda, que na filiação teórica francesa, não há sentidos em si, mas sendo definidos com “relação a”.

A interpretação encontra-se presente em toda a manifestação da linguagem, embora nem sempre evidente, dando sentido à mesma. Nesta perspectiva, a interpretação deverá ser considerada tanto pelo analista, quanto pelo sujeito da linguagem (ORLANDI, 2004).

Pêcheux (1983) considera que a interpretação é um gesto, um ato que se dá a nível simbólico. Orlandi (2004) alerta que, sendo o espaço simbólico marcado pela incompletude, inclusive relacionando-se com o silêncio, faz-se necessário a interpretação. Esse é o vestígio do possível, logo, o local onde a ideologia é materializada em algum lugar histórico, através de uma relação lingüístico-histórica. Assim, a interpretação não ocorre como uma relação natural entre palavras e coisas.

O gesto de interpretação, fora da história, não é formulação (é fórmula), não é re-significação (é rearranjo). Isso não quer dizer que não haja produção de autoria. Há. Mas de outra qualidade, de outra natureza. Porque a natureza da materialidade da memória é outra. E, como sabemos, em discurso, distintas materialidades sempre determinam diferenças nos processos de significação (ORLANDI, 2004, p. 17).

Para atribuir sentido ao texto, o analista deverá expor a opacidade do texto, restituí-la. Deverá também explicar como o objeto simbólico produz sentido. O analista deverá considerar que esse espaço simbólico é marcado pela incompletude, incompletude pensada em relação ao que não se fecha, bem como por uma relação com o silêncio. Assim, a *interpretação é o vestígio do possível* (ORLANDI, 2004, p. 18).

Diante de qualquer objeto simbólico o analista do discurso encontra-se na posição de dar sentido ao mesmo, ou seja, construir significações. O sujeito que fala,

por sua vez, também constrói a significação, constrói domínios e forma possíveis interpretações (ORLANDI, 1993). Isso porque em relação à significação, a relação do homem com o pensamento, com o mundo e com a linguagem, não é direta, mas mediada.

Para Orlandi (2002) a interpretação aparece em dois momentos da análise do discurso. Primeiramente, porque a interpretação faz parte do objeto de análise, tendo em vista que o sujeito que fala, também interpreta. Logo, o analista deverá procurar descrever este gesto de interpretação do sujeito, o qual ocorre no nível simbólico, que constitui o sentido submetido à análise. Também faz-se necessário compreender que não há descrição sem interpretação. Assim, o próprio analista está envolvido na interpretação. Logo, a necessidade de introduzir-se um dispositivo teórico que possa intervir na relação do analista com os objetos simbólicos que analisa. Neste sentido, ocorre um deslocamento do analista em sua relação com a interpretação.

O ato de interpretação ocorre, não apenas pelo analista do discurso. Quando o sujeito fala com outro, ou para outro, está atribuindo sentido às suas próprias palavras, logo, em atividade de interpretação. Porém, para o sujeito que fala, o sentido parece estar nas próprias palavras. Com isso, ocorre o apagamento das condições de produção e a interpretação mostra-se como transparente ao sujeito que fala (ORLANDI, 2004).

Após a análise, não é mais sobre o texto que falará o analista, mas, sobre o discurso. Atingido o processo discursivo, o texto analisados desaparece como referencial e dá lugar aos processos discursivos (PÊCHEUX, 2006).

Conforme mencionamos em outro tópico, as condições de produção estão relacionadas, não apenas com aspectos ideológicos de quem produz, mas, também de quem interpreta o discurso. Vale salientar que a posição ocupada pelo sujeito não é uma posição física, mas, imaginária.

Reconhecendo que o gesto de interpretação poderá se dar tanto pelo analista do discurso, quanto pelo sujeito comum, Orlandi (2004) discorre sobre as distinções dos procedimentos. Para proceder com a interpretação, o analista lança mão de um dispositivo teórico, enquanto que o gesto de interpretação do sujeito comum é determinado por um dispositivo ideológico.

O espaço de interpretação, que tanto o analista quanto o sujeito se inserem, é consequência das relações empreendidas com a memória discursiva, considerada como interdiscurso. Isso porque na AD não se trabalha com o conteúdo da linguagem, mas

com a sua constituição, regida por condições de produção específicas (ORLANDI, 2004).

Distintas formas de linguagem requerem distintos gestos de interpretação, haja vista que as linguagens possuem materialidades distintas. Logo, também significam distintamente. Nesta perspectiva, o gesto de interpretação em um primeiro momento poderá mostra-se como evidente, porém, é passível de equívocos e requer distintos gestos de interpretação (ORLANDI, 2004).

Também, devido ao papel do analista na análise do discurso, tratado no último parágrafo, espera-se um dispositivo que o possibilite trabalhar em uma posição não neutra. A posição do analista deverá ser relativizada em relação à interpretação (ORLANDI, 2002).

Referências

- ALTHUSSER, L. **Ideologia e aparelhos ideológicos do Estado**. São Paulo, SP: Martins Fontes, 1997.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. 12 ed. São Paulo, SP: Editora Hucitec, 2006.
- BEZERRA, P. Polifonia. In: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin. Conceitos-chaves**. São Paulo, SP: Editora Contexto, 2005, p. 201-220.
- BRANDÃO, H. H. N. **Introdução a análise do discurso**. 8 ed. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2002.
- CARDOSO, S H. B. **Discurso e ensino**. 2 ed. Belo Horizonte, MG: Editora Autêntica, , 2003.
- FARACO, C. A. Autor e autoria. In: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin. Conceitos-chave**. São Paulo, SP: Editora Contexto, 2007, p. 37-60.
- FOUCAULT, M. **A arqueologia do saber**. 7 ed, 1ª reimpressão. Rio de Janeiro, RJ: Forense Universitária, 2005.

- _____. **A ordem do discurso**. 13 ed. São Paulo, SP: Edições Loyola, 2006a.
- _____. **Microfísica do poder**. 22 ed. São Paulo, SP: Graal, 2006b.
- GREGOLIN, M. R. Bakhtin, Foucault e Pêcheux. In: BRAIT, B. (Org.). **Bakhtin. outros conceitos-chave**. São Paulo, SP: Editora Contexto, 2006.
- MAINGUENEAU, D. **Novas tendências em análise de discurso**. 3 ed. Campinas, SP: Editora Pontes, 1997.
- MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. **Proposições**, v.17, n. 1, p. 117-136, jan-abr. 2006.
- ORLANDI, E. P. **A Linguagem e seu funcionamento**. 2 ed. Campinas, SP: Pontes, 1987.
- _____. **As formas do silêncio**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1993.
- _____. **Discurso e texto. Formulação e circulação dos sentidos**. Campinas, SP: Pontes, 2001.
- _____. **Análise de discurso**. 4 ed. Campinas, SP: Pontes, 2002.
- _____. **Interpretação. Autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico**. 4 ed. Campinas, SP: Pontes, 2004.
- _____. **Discurso e leitura**. 7 ed. São Paulo, SP: Cortez, 2006a.
- _____. **O que é lingüística**. São Paulo: Editora Brasiliense, 2006b.
- PÊCHEUX, M. A análise automática do discurso. In: GADET, F.; HAK, T. (Orgs.). **Por uma análise automática do discurso: uma introdução a obra de Michael Pêcheux**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1983, p. 61-105.
- _____. **Semântica e discurso. Uma crítica a afirmação do óbvio**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1997 (Coleção Repertórios).
- _____. **O discurso. Estrutura ou acontecimento**. 4 ed. Campinas, SP: Pontes Editores, 2006.
- PINTO, M. J. **Comunicação e discurso. Introdução à análise de discursos**. São Paulo, SP: Hacker Editores, 2002.
- SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Condições de produção da leitura em aulas de física no ensino médio: um estudo de caso. In: ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C. (Orgs.). **Linguagens, leituras e ensino da ciência**. Campinas, SP: Mercado de Letras: Associação de Leitura do Brasil, 1998, p. 131-162.

CAPÍTULO 4

***A FÍSICA MODERNA E
CONTEMPORÂNEA:
CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS E
ALGUMAS IMPLICAÇÕES NA
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA***

***A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA:
CONSIDERAÇÕES HISTÓRICAS E ALGUMAS
IMPLICAÇÕES NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA***

No presente capítulo, faremos uma abordagem histórica de parte da Física Moderna e Contemporânea, no sentido de subsidiar tanto a construção dos discursos dos professores e principalmente, dos livros didáticos. Devido a este propósito, somente serão contemplados conceitos abordados nos livros didáticos. Nesta perspectiva, não

contemplamos vários conceitos e teorias que pertencem à Física Moderna e Contemporânea, como por exemplo, Caos, Teoria das Cordas, etc.

Na presente abordagem tentamos evidenciar principalmente as disputas interpretativas em torno da construção da mencionada física, notadamente, o caráter coletivo da construção desta ciência. Sempre que possível, estaremos associando a construção da Física Moderna e Contemporânea em a um contexto histórico mais amplo.

4 A Física Moderna e Contemporânea: Aspectos Históricos e Algumas Implicações na Educação Científica

4.1 O Paradigma Mecânico-Newtoniano e a Natureza da Luz

Ao longo do século XVIII, o pensamento newtoniano firmou-se como estrutura conceitual hegemônica, adquirindo posição de preceito filosófico. A estrutura conceitual da mecânica newtoniana tornou-se prevalecte nas explicações dos movimentos celestes e terrestres. O ideal de explicação mecânica²⁵ contido nas pressuposições newtonianas foi acolhido em várias outras áreas, como por exemplo, na termologia, na hidrodinâmica e na óptica.

²⁵ As principais pressuposições mecânicas de Isaac Newton (1642-1727) foram apresentadas nos Princípios Matemáticos da Filosofia Natural, comumente denominado de Principia, cuja primeira edição data de 1687. Esta obra é constituída por três partes ou livros. No primeiro livro, explana sobre os princípios gerais dos corpos em movimento. No segundo, explana sobre os movimentos nos fluidos e no terceiro, aplica os princípios mecânicos aos movimentos celestes.

O Princípio da Inércia, representado na Primeira Lei de Newton, incorpora preceitos inovadores - todo corpo deverá continuar em estado de repouso ou de movimento em linha reta e com velocidade constante, exceto se for compelido a mudar o seu estado, através de forças a ele aplicadas. Com isso, propicia uma equivalência entre os estados de repouso e de movimento dos corpos.

A condição de que um corpo poderia continuar a mover-se em linha reta e com velocidade constante, a menos que fosse compelido a mudar este estado através de forças atuando sobre ele, preceito subjacente à primeira Lei de Newton, representou uma ruptura radical tanto em relação a preceitos da física aristotélica²⁶ quanto aos preceitos da teoria do *impetus*²⁷, desenvolvida no período medieval²⁸.

A condição de equivalência entre o estado de repouso e o estado de movimento dos corpos faz emergir a identificação entre repouso e movimento. No entanto, surge a questão: movimento e repouso em relação a que? Tanto para a física aristotélica quanto para a teoria do *impetus*, tal questionamento era destituído de sentido. Em ambas as teorias, tanto a aristotélica quanto a do *impetus*, a Terra ocupava o centro do universo, sendo considerada o referencial absoluto, tanto para o repouso quanto para o movimento dos corpos (GRANT, 1963, KUHN, 1990).

Em suas considerações sobre o movimento, notadamente através do princípio da inércia, Newton (1990) aponta a existência de referenciais absolutos. Segundo os preceitos newtonianos, tanto o movimento quanto o repouso de todo e qualquer corpo deveriam ser considerados em relação aos referenciais absolutos. Em outras palavras, somente em relação aos referenciais absolutos seria possível determinar se os corpos estariam em repouso ou em movimento. Tanto os corpos em repouso quanto em movimento retilíneo uniforme estão, ambos, em repouso em relação ao espaço absoluto

²⁶ Uma das pressuposições da física aristotélica é que um corpo para permanecer em movimento se faz necessária a atuação de uma força sobre ele. No tocante ao movimento não natural de um corpo, como por exemplo, quando lançado no ar, este desempenha um duplo papel: o de resistência ao movimento, como também o de deslocar-se da parte posterior para a parte anterior do corpo, impulsionando assim o movimento do corpo (KUHN, 1990). Percebe-se que em Aristóteles a força é um agente do movimento.

²⁷ A teoria do *impetus* foi desenvolvida no século XIV na universidade de Paris, notadamente por Jean Buridan (1295-1358) com o intento de apresentar uma alternativa ao estudo físico do movimento dos projéteis. Buridan assentou suas críticas aos preceitos aristotélicos no tocante ao duplo papel atribuído ao ar, durante ao movimento dos corpos. Buridan pressupôs que a atuação de uma força sobre um corpo transmitia-se ao mesmo e permanecia durante o movimento. Essa condição assegurava que o movimento perdurasse mesmo após eliminada a atuação da força sobre o projétil, porém, com a atuação da gravidade.

²⁸ Oposição à física aristotélica no tocante ao duplo papel desempenhado pelo ar sobre os corpos em movimento não eram recentes. No século VI, Philoponus, comentador cristão de Alexandria, já criticava tal possibilidade. Philoponus defendeu que seria mais fácil para um corpo deslocar-se no vácuo, haja vista que este não contribuiria com impedimentos aos corpos que neste se deslocassem, sem que os mesmos perdessem a força motriz incorpórea (ÉVORA, 1988).

e, portanto, seus respectivos estados dinâmicos são equivalentes, ou seja, gozam de um mesmo estatuto ontológico.

O que dá operacionalidade à idéia abstrata de espaço absoluto é o conjunto de todos os referenciais inerciais do universo, que são aqueles que se deslocam, cada um deles em relação aos demais, em linha reta com velocidade uniforme. Se, por exemplo, um corpo experimenta um movimento que em relação a qualquer um desses referenciais está sujeito a uma dada força, então esta força será a mesma em relação a qualquer outro referencial inercial. Trata-se, portanto, da força “verdadeira” no sentido newtoniano, na medida em que é uma força em relação ao espaço absoluto. Esta constitui uma acepção na qual podemos entender o caráter absoluto enfatizado por Newton.

Há pelo menos outra acepção na qual podemos também conceber o caráter absoluto do espaço. A existência do espaço newtoniano independe de qualquer corpo material nele contido. Ele é absoluto na medida em que não requer corpos materiais para se constituir. No entanto, os corpos materiais requerem necessariamente a existência do espaço enquanto condição prévia, pois esses somente podem existir no espaço. O espaço tem, portanto, uma primazia em relação aos objetos materiais, daí o seu caráter absoluto.

A existência de um referencial para o movimento já havia sido tratada por Galileu (1564-1642). Ele havia considerado a impossibilidade de se detectar os movimentos de translação em relação a referenciais contidos nos próprios experimentos mecânicos.

Com os preceitos newtonianos, notadamente aqueles constituídos pelos conceitos de espaço e tempo absolutos, força, massa e ação instantânea a distância, impõe-se uma nova ordem de mundo, coerente, “completa” e ainda qualitativamente diferente da antiga ordem aristotélica. A rigor, essa nova ordem de universo já se configurava com Galileu (1564-1642), por ocasião do desenvolvimento da nova ciência constituída pela física dos movimentos locais, de seu pioneirismo ao fundar a astronomia telescópica e pela sua defesa conseqüente do sistema heliocêntrico. Também já se configurava uma nova ordem do universo quando Kepler (1571-1630) atribuiu causas naturais aos movimentos dos planetas, em oposição à antiga visão aristotélica baseada nas teorias do lugar natural e da ordem do cosmos.

No campo da ótica, Newton também desenvolveu um arcabouço teórico amplo. Nesse, a luz foi considerada como sendo um conjunto de pequenas partículas, cujos movimentos estariam submetidos às mesmas leis dos movimentos dos corpos materiais.

Os movimentos das partículas de luz, bem como as suas interações, são regidos pelas mesmas leis mecânicas da matéria. A partir dessas pressuposições, Newton explicou principalmente a propagação retilínea para a luz (NEWTON, 1996).

A concepção corpuscular newtoniana para luz foi prevalecente durante todo o século XVIII. Certamente, as pressuposições mecanicistas presentes na mencionada teoria, como também a sua própria autoridade, contribuíram para a sua aceitação.

Antes do estabelecimento da hegemonia das pressuposições newtonianas acerca da natureza da luz, outros modelos também foram desenvolvidas, como por exemplo, a teoria ondulatória proposta por René Descartes (1596-1650). Inspirando-se na teoria dos vórtices, Descartes conjecturou que a luz seria uma forma de distúrbio capaz de propagar-se em um meio material, semelhante às ondas propagando-se em um lago. Também podemos citar os modelos desenvolvidos para a luz por Christian Huygens (1629-1695) e Robert Hooke (1635-1703) entre outros.

Apesar do modelo newtoniano para a luz ser prevalecente durante o século XVIII, no início do século XIX, algumas evidências surgiram, colocando limitações ao modelo corpuscular newtoniano. Augustin Fresnel (1788-1827) e Thomas Young (1773-1829) estudaram um novo fenômeno, a interferência luminosa, a qual não se apresentava como inteligível em relação aos princípios da teoria corpuscular da luz que havia sido formulada por Newton. Explicações para a interferência luminosa requeriam a adoção de pressuposições que envolvessem alguma forma de periodicidade. O novo fenômeno mostrava-se explicável através de uma hipótese ondulatória para a luz.

Todos os fenômenos ondulatórios até então conhecidos, demandavam um meio material para a propagação das ondas. Essa concepção, também foi seguida por Fresnel e Young, os quais adotaram o éter como meio através do qual as ondas luminosas propagar-se-iam. Em 1818, Fresnel desenvolveu uma teoria de que o éter seria uma substância que se encontrava em repouso no espaço, através da qual a luz se propagaria.

O éter como meio material para a propagação da luz requeria certas propriedades especiais. Deveria ser transparente, visto não ser percebido; deveria ter propriedades elásticas, com o intuito de assegurar a propagação das ondas luminosas; ser bastante rígido, no sentido de resistir a altas velocidades de propagação da luz; não deveria ter peso; como também deveria ter baixa resistência no sentido de não interferir em alguns movimentos, como por exemplo, os movimentos planetários. Assim, propriedades cada vez mais complexas iam sendo atribuídas ao éter no sentido de ser

capaz para acomodar uma grande gama de fenômenos, tais como os fenômenos óticos, os elétricos e os magnéticos.

Apesar do predomínio dos preceitos newtonianos em várias áreas do conhecimento, no início do século XIX, outras circunstâncias colocaram em questionamento tal hegemonia. Fenômenos elétricos e magnéticos bem como aqueles envolvendo a propagação do calor constituíram-se em rivais à altura da hegemonia do esquema conceitual newtoniano. Tais fenômenos também viriam a colocar limites a quase completa hegemonia dos preceitos mecanicistas newtonianos, conforme explanaremos nas próximas seções.

4.2 As Equações de Maxwell e os Referenciais Absolutos

A partir do século XIX, a hegemonia dos preceitos mecânicos newtonianos nas explicações dos fenômenos sofre alguns abalos. Destacamos como fator de contribuição, a emergência do eletromagnetismo enquanto nova área do conhecimento. Até então, a eletricidade e o magnetismo eram tratados como áreas distintas, porém, fenômenos observados nos primeiros anos do século XIX, contribuíram para a unificação dessas duas áreas.

Procedendo com investigações em torno do comportamento de materiais magnéticos nas proximidades de circuitos elétricos, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) obteve evidências que contribuiriam para o entendimento da interdependência entre a eletricidade e o magnetismo. Oersted constatou que agulhas imantadas eram desviadas quando colocadas nas proximidades e alinhadas com fios percorridos por correntes elétricas²⁹. Essa constatação dava indícios de que a influência do fluido elétrico transportado pelo fio, transcendia o mesmo.

Para explicar o desvio das agulhas nas proximidades de fios percorridos por correntes, Oersted admitiu que a corrente elétrica produzia turbilhões girando em torno do fio. Tendo em vista que as deflexões das agulhas ocorriam em direção perpendicular ao comprimento longitudinal do fio do circuito elétrico, ele alegou que não seria possível explicar o mencionado fenômeno através de interações de atração e repulsão (MARTINS, 1986).

²⁹ Algumas constatações já sugeriam relação entre a eletricidade e o magnetismo, como por exemplo, o deslocamento na agulha das bússolas durante os raios das tempestades.

Vale salientar que o estudo da eletricidade teve um grande avanço com o surgimento da pilha, em 1799. Esta foi construída por Alessandro Volta (1745-1827), possibilitando a disponibilização de circuitos com corrente em regime permanente. Até então, os estudos da eletricidade lidavam com pequenas descargas elétricas.

A força magnética produzida pela atuação de uma corrente elétrica sobre um ímã produz neste um torque. Essa constatação conflitava com os preceitos newtonianos, para os quais as forças entre objetos materiais serem forças centrais.

O preceito da atuação de forças centrais já havia penetrado no domínio da eletricidade. Em 1785, por exemplo, C. A. Coulomb (1538-1806), utilizando-se de balanças de torção, estabeleceu que as forças entre duas esferas eletrizadas e em repouso relativo entre si, obedeciam à lei do inverso do quadrado da distância entre os seus centros. De acordo com Coulomb, o mesmo princípio se aplicaria ao cálculo de forças entre os pólos magnéticos de ímãs distintos, separados por uma distância r (HEERING, 1992). Nesta perspectiva, seria necessário apenas se utilizar o princípio geral, sem a necessidade de se conhecer a causa das forças em si.

Após as contribuições de Oersted, as relações entre a eletricidade e o magnetismo foram se consolidando através de outras evidências. J. B. Biot (1774-1862) e F. Savart (1791-1841), por exemplo, realizaram a mensuração das forças magnéticas produzidas por uma corrente elétrica atuando sobre agulhas imantadas (MARTINS, 1986).

Contribuições para a unificação da eletricidade com o magnetismo também foram desenvolvidas por Michael Faraday (1791-1867). Em meados do século XIX, Faraday defende a idéia de que as forças eletromagnéticas seriam transmitidas por linhas de força. Alegou ainda que as linhas de força possuíam realidade física e ocupavam os espaços entre as cargas elétricas e os pólos magnéticos³⁰.

Faraday constatou que uma corrente variável em um circuito elétrico, induzia a produção de corrente elétrica em outro circuito localizado nas proximidades. O fenômeno assemelhava-se ao produzido através do movimento de um ímã nas proximidades de um circuito elétrico. Vale salientar que Faraday não desenvolveu nenhum tratamento matemático para este fenômeno, mas, criou um conjunto de imagens

³⁰ A unificação da eletricidade e do magnetismo não ocorreu sem oposição. Benjamin Francklin (1706-1790), por exemplo, não acreditava na existência de uma relação entre essas duas áreas.

visando explicá-lo. Nessa perspectiva, Faraday mostra sua divergência com a concepção de ação à distância entre dois corpos.

Com o fenômeno de indução eletromagnética, duas questões significativas à intuição de Faraday foram colocadas em evidência:

a) Se um corpo carregado pode induzir cargas elétricas em outro localizado nas proximidades, não poderia um fio transportando corrente induzir uma corrente em um fio próximo a ele?

b) Se uma corrente elétrica produz efeitos magnéticos (F_m), analogamente, não deveria um ímã originar efeitos elétricos, como por exemplo, produzir corrente em um condutor?

Com alguns dos preceitos teóricos do eletromagnetismo constituídos, o físico escocês J. C. Maxwell (1831-1879) empenha-se em assentar o mesmo em fundamentos matemáticos. Maxwell adotou o pressuposto de que as ações elétricas e magnéticas não se transmitiam à distância. Inicialmente, adotou a idéia de linhas de força, as quais possibilitavam uma explicação mecânica para a existência das forças eletromagnéticas³¹. Essa pressuposição de Maxwell encontrou resistência entre os adeptos da ação à distância, a qual era aceita sem maiores questionamentos aos preceitos da mecânica newtoniana.

Maxwell também admitia a existência de um meio para a propagação das ondas eletromagnéticas, concepção que era bastante aceita na época. Assim inferiu que as ações eletromagnéticas seriam tensões no meio, ou ao longo das linhas de força. Logo, dedica-se a examinar o meio e as condições de propagação em que as ações eletromagnéticas eram transmitidas, apesar de já ter admitido a existência das linhas de força.

A partir do propósito acima, Maxwell investiga a velocidade de propagação dos distúrbios eletromagnéticos no meio. Obtém como resultado um valor próximo daquele que havia sido obtido por Hyppolite Fizeau (1819-1896) para a velocidade de propagação da luz no ar, ao final da década de quarenta do século XIX. A partir desta constatação, Maxwell conjectura que o meio eletromagnético no qual se propagavam as

³¹ Em seu primeiro artigo, publicado em 1855, "Sobre as Linhas de Força de Faraday", Maxwell empreende analogias entre os modelos de linhas de força elétrica e magnética com as linhas de corrente da hidrodinâmica. Nessa relação, a carga positiva funcionava como uma fonte e a carga negativa, como um sumidouro.

ondas eletromagnéticas seria o éter luminífero. Logo, o meio nos quais se pressupunha que a luz e as ondas eletromagnéticas se propagariam, eram na verdade um único meio.

O conceito de éter como meio de propagação da luz havia sido retomado por Augustin Fresnel (1788-1827), em 1818. Certos experimentos envolvendo a interferência de feixes de luz, realizados por Fresnel e Thomas Young (1773-1829), exigiam a interpretação da luz como fenômeno ondulatório de propagação contínua. A mesma não podia prescindir de um meio para a sua propagação (SHANKLAND, 1964).

Em 1678, o conceito de éter luminífero como meio para a propagação da luz, já havia sido aplicado pela primeira vez à ótica por Christian Huygens (1629-1695). De acordo com a teoria de Huygens, a luz seria uma onda que, igualmente ao som, exige um meio para a sua transmissão.

O valor previsto pelas equações de Maxwell para a velocidade da luz, bem como para as demais ondas eletromagnéticas, valor determinado experimentalmente como sendo aproximadamente de 300 000 km/s, era em relação ao éter. Foi também em relação a esse meio que Maxwell investigou propriedades quantitativas das ondas eletromagnéticas. Assim desenvolveu cálculos de tensão e pressões dos campos elétricos e magnéticos, incluindo a pressão da luz sobre as superfícies materiais.

As equações de Maxwell para o movimento das ondas eletromagnéticas mostraram-se variantes em relação às transformações de Galileu, fundamentadas na adição clássica das velocidades e que se aplicava aos fenômenos mecânicos. Isso evidenciava um conflito que resultou em confronto entre a relatividade galileana e a idéia de referencial absoluto para a propagação da luz através do éter. Essa constatação traz uma nova discussão sobre a equivalência dos referenciais inerciais, como também sobre a validade dos referenciais absolutos.

Tudo isso levou a tentativas de aferir-se a velocidade da Terra em relação ao suposto meio no qual a mesma se movia – o éter. Esta tentativa resultou em várias elaborações experimentais. Para muitos, o éter representava a possibilidade concreta de referencial absoluto, em relação ao qual vigorariam as leis da mecânica newtoniana.

4.3 A Velocidade da Terra em Relação ao Éter e o Interferômetro de Michelson-Morley

Convicto de que seria possível aferir a velocidade da Terra em relação ao éter, Maxwell propôs um método de aferição, o qual motivou o físico Albert A. Michelson (1852-1931) a executá-lo. Com tal intento, em 1881, Michelson inicia suas

experimentações. Realizou experimentos com o método da interferometria visando detectar o que denominavam de vento de éter. Vale salientar que ao longo do século XIX, outros experimentos foram realizados com o intuito de se detectar o movimento da Terra em relação ao éter.

Nesse primeiro experimento, Michelson comparou o tempo para a luz ir e retornar à origem, percorrendo trajetórias em direções respectivamente paralelas e perpendiculares à direção do movimento da Terra. Michelson supôs que o tempo no percurso perpendicular ao movimento da Terra não seria afetado.

Os resultados experimentais obtidos por Michelson não revelaram variação da velocidade da luz em relação à Terra, qualquer que fosse a direção de propagação. Vale salientar que, em 1873, Michelson já havia realizado as medidas mais precisas da época em relação à velocidade da luz.

Não obtendo os resultados esperados, Michelson fundamenta-se em Stokes e dizia já haver encontrado uma experiência crucial para diferenciar o éter estacionário do éter viscoso. Georges Stokes havia demonstrado que a teoria de Fresnel previa efeitos nulos no tocante ao movimento da Terra em relação ao éter. Por isso Stokes sugeriu a hipótese de um éter viscoso, o qual teria a velocidade nula em relação à superfície da Terra. Logo, seria impossível detectar-se a velocidade da Terra em relação ao éter.

Por não constatar nenhuma variação da velocidade da luz em relação à Terra, em 1886, Michelson repete o experimento de Fizeau, que favoreceria a teoria de Fresnel.

Ainda com convicções na variação da velocidade de propagação da luz em relação à Terra, em 1887, Michelson e Edward W. Morley (1838-1923) utilizaram-se de um interferômetro mais sensível que aquele utilizado anteriormente por Michelson, esperando assim poderem detectar o chamado vento de éter.

Para aumentar a sensibilidade das medidas, Michelson e Morley assentaram o novo interferômetro sobre um sistema de placas de granito, flutuando em mercúrio líquido. O caminho ótico da luz foi aumentado através de diversas reflexões em espelhos. Através deste novo arranjo experimental, a sensibilidade do interferômetro foi aumentada em dez vezes em relação ao que havia sido utilizado por Michelson em 1881. Porém, os resultados não se alteraram, ou seja, o movimento da Terra mostrava-se nulo em relação ao éter.

Acerca dos resultados do experimento de Michelson-Morley, há uma hipótese empirista-indutivista bastante difundida no meio educacional de que teriam sido os

resultados negativos do mencionado experimento os responsáveis pelos fundamentos da gênese da Teoria da Relatividade Restrita, elaborada por Albert Einstein (1879-1955), inicialmente apresentada em 1905. Conforme Villani (1981), se aceita que teria sido o físico Robert Milikan o responsável pela grande difusão da mencionada hipótese empiricista- indutivista acerca do Experimento de Michelson-Morley³². Villani (op. cit.) reporta-se a uma defesa empreendida por Millikan acerca dessa perspectiva.

A teoria da Relatividade Especial pode ser considerada... essencialmente uma generalização a partir do experimento de Michelson [...] Descartando todas as concepções a priori sobre a natureza da realidade [...] Einstein tomou como ponto de partida fatos experimentais cuidadosamente testados [...] independentemente deles parecerem no momento razoáveis ou não [...] Mas este experimento [de Michelson-Morley], depois de ter sido realizado com extraordinária habilidade e refinamento pelos seus autores, deu a resposta definitiva [...] que não existe nenhuma velocidade observável da Terra em relação ao éter. Este incrível e aparentemente inexplicável fato experimental perturbou violentamente a Física do século XIX e por quase vinte anos os físicos [...] se esforçaram por torná-lo razoável. Mas Einstein nos chamou a atenção: vamos aceitá-lo como um fato experimental estabelecido e tirar as suas inevitáveis conseqüências [...] Assim nasceu a teoria da Relatividade Especial (MILLIKAN, apud VILLANI, 1981, p. 36).

Villani (1981) também reporta-se às declarações do historiador da ciência Gerald Holton, para quem, além das próprias declarações de Einstein contidas nas primeiras publicações, os parâmetros positivistas em que se situavam as idéias de Einstein, no início do século XX, teriam favorecido a gênese do ponto de vista empiricista-indutivista em relação à Teoria da Relatividade Restrita. Acerca desta questão Holton³³ assinala:

[...] parece inevitável que, durante a década que se seguiu o trabalho de Einstein de 1905 especialmente na literatura didática se desse uma união simbiótica entre o enigmático experimento de Michelson e a incrível teoria da relatividade. O

³² Villani (1981) também menciona outros físicos que defenderam hipóteses semelhantes as de Millikan. Dentre eles Von Laue e Feynman.

³³ Holton também discorre sobre outras hipóteses as quais teriam favorecido a ligação entre os resultados inesperados do experimento de Michelson-Morley e a gênese da Teoria da Relatividade Restrita, tais como a visão filosófica experimentalista que dominava o ambiente científico da época; as próprias declarações de Einstein proferidas em suas palestras; características e finalidades dos experimentos didáticos e de divulgação científica (VILLANI, 1981).

indubitável resultado dos experimentos de Michelson podia ser visto como fonte de uma base experimental para a compreensão da teoria da relatividade que, por outro lado, parecia contrária ao próprio senso comum; a teoria da relatividade, por sua vez, podia fornecer uma explicação do resultado experimental de Michelson de forma não artificial ou ad-hoc, como parecia ser baseada na suposta contração de Lorentz-FitzGerald. Isto provou ser um casamento de longa duração (HOLTON, apud VILLANI, 1981, p. 37).

Apesar da difundida associação entre a gênese da Teoria da Relatividade Restrita e os experimentos de Michelson-Morley, Einstein (1983) não faz qualquer menção aos resultados do mencionado experimento, no seu artigo intitulado *Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento*, publicado em 1905 (EINSTEIN, 2001).

Em suas notas autobiográficas, Einstein (1982) comenta que a Teoria da Relatividade Restrita foi decorrente de duas vertentes diferentes:

a) A partir da percepção de que quando se aplica as transformações de Galileu aos fenômenos eletromagnéticos surgem contradições. O experimento mental da perseguição do raio de luz é um exemplo. Imagine-se viajando junto com uma onda eletromagnética. Vê-se um campo elétrico e outro magnético variando senoidalmente, mas são constantes no tempo. Segundo as equações de Maxwell, a existência de tais campos não é possível. A teoria da relatividade restrita se originou das equações do campo eletromagnético de Maxwell (EINSTEIN, 1982). Isso porque, se o princípio da relatividade de Galileu for aplicado à eletrodinâmica de Maxwell, originam-se as assimetrias que não parecem inerentes aos fenômenos, haja vista que as equações de Maxwell são invariantes frente às transformações de Lorentz.

b) A partir das críticas que haviam sido feitas às idéias de espaço e tempo absolutos, notadamente aquelas que haviam sido empreendidas por Ernst Mach (1838-1916).

Os resultados experimentais que mais influenciaram Einstein na elaboração da Teoria da Relatividade Restrita parecem ter sido os resultados das observações sobre aberrações estelares e as medidas de Fizeau sobre a velocidade da luz na água em movimento. Conforme ressalta Shankland (1964), os resultados das medidas do experimento de Michelson-Morley, somente chamaram a atenção de Einstein, após 1905.

4. 4 As Transformações de Lorentz-Fitzgerald para o Espaço e o Tempo

Apesar dos resultados negativos do experimento de Michelson-Morley acerca do movimento da Terra em relação ao éter, não significa que a hipótese do éter estacionário tenha sucumbido. Várias explicações foram abordadas com o intuito de explicar os resultados inesperados, sem, no entanto abandonar pressupostos basilares da Física Clássica.

Com o intuito de compatibilizar a ausência de franjas de interferência nas experimentações de Michelson- Morley com a existência do éter, em 1892, o físico holandês Hendrik Antoon Lorentz (1853-1928) sugere a hipótese de contração longitudinal dos corpos na direção do movimento através do éter. Nesta perspectiva, tentam a conciliação dos resultados de Michelson-Morley com a teoria de Fresnel. Acerca desta tentativa de conciliação, Lorentz assinala:

Ter-se-ia assim que postular que o movimento de um corpo sólido através do éter em repouso, por exemplo, o de uma vara de latão, ou o do suporte de pedra utilizada na segunda experiência, tem sobre as suas dimensões uma influência que varia com a orientação do corpo em relação à direção do movimento. /.../ é extremamente provável que a translação produza na interacção de duas moléculas ou átomos uma alteração semelhante à que produz nas atracções ou repulsões entre partículas com cargas (LORENTZ, 2001a, p. 8-9).

Lorentz (2001a) desenvolveu uma equação que avaliava a contração longitudinal do corpo em movimento, oferecendo à mesma um resultado aproximado até segunda ordem da relação v/c .

$$L = L_0 (1 - (v^2/2c^2))^{1/2} \quad (1)$$

No segundo trabalho apresentou uma segunda equação para a contração longitudinal dos corpos em movimento através do éter.

$$L = L_0 (1 - v^2/c^2)^{1/2} \quad (2)$$

Inicialmente, a equação de Lorentz era utilizada apenas para se aferir a contração dos objetos macroscópicos. Posteriormente, assumiu que a mesma deveria ser utilizada também em relação à contração dos objetos microscópicos, tais como o elétron. A partir de tal teoria, por volta de 1894, desenvolve uma nova teoria do elétron, o qual não era esférico, mas contraído.

Em 1895, Lorentz propôs uma explicação a partir da deformação dos elétrons. Considerou que elétrons em repouso em relação ao éter seriam tidos como esferas rígidas. No entanto, quando esses elétrons encontravam-se submetidos ao movimento de

translação, a forma esférica inicial seria transformada em uma forma elipsoidal (LORENTZ, 2001b).

As equações básicas de Maxwell eram válidas em relação ao éter. Como seriam essas equações em relação a outros referenciais? Se as equações fossem válidas em todos os referenciais, seria possível identificar se um sistema está se movendo em relação ao éter.

Também com o intuito de “salvar” a teoria que previa a existência do éter, o físico irlandês G. F. Fitzgerald (1851-1901) também desenvolve estudos independentes daqueles empreendidos por Lorentz e propõe a contração dos objetos da direção do movimento. Assim sugere que o braço do interferômetro se contraia na direção do movimento da Terra por um fator, tal que, tornava igual os tempos de propagação dos sinais luminosos nos trechos referentes aos dois braços do interferômetro.

A partir da última perspectiva, a compensação advinda da contração do braço de interferômetro na direção do movimento e os efeitos da velocidade da Terra, impediam a manifestação das franjas de interferência da luz.

Com base no contexto acima, a teoria da contração longitudinal dos corpos de Fitzgerald-Lorentz é frequentemente considerada como uma hipótese ad hoc, a qual foi elaborada no sentido de explicar resultados não previstos para explicar a ausência de franjas de interferência no experimento de Michelson-Morley.

Também sobre os efeitos da velocidade na variação do comprimento dos corpos, Martins (2005a) cita as constatações de Georg Frederic Charles Searle (1864-1954), obtidas em 1896, a partir do estudo do campo das cargas elétricas. Searle constatou que o campo de uma carga em movimento rápido é igual ao campo de uma carga em forma de elipsóide, porém, com o comprimento reduzido na direção do movimento por um fator $(1-v^2/c^2)^{1/2}$.

4.5 A Teoria da Relatividade Especial ou Restrita

Nesta seção abordaremos aspectos atinentes ao contexto da gênese e desenvolvimento da Teoria da Relatividade Especial ou Restrita, proposta por Albert Einstein (1879-1955) com o intuito de fundamentar o estudo de fenômenos associados ao movimento em altas velocidades. Na Teoria da Relatividade Especial, apenas os

referenciais inerciais são considerados. Por sua vez, a Teoria da Relatividade Geral³⁴ centra-se principalmente, na investigação dos fenômenos gravitacionais fortes.

O projeto de Einstein com a Teoria da Relatividade Especial foi motivado por um problema teórico, notadamente a inconsistência entre a mecânica clássica e a eletrodinâmica de Maxwell, no tocante aos corpos em movimento. Segundo Einstein (2001a), as aplicações desse corpo teórico conduziam a assimetrias que não se mostravam inerentes aos fenômenos. Particularmente, refere-se às ações eletrodinâmicas entre ímãs e condutores, quando se encontram em movimento relativo entre si.

Para o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Especial, Einstein elege a categoria de postulado algumas suposições, as quais isentam a eletrodinâmica dos corpos em movimento de contradições com a teoria de Maxwell para os corpos em repouso. No primeiro postulado, denominado de Princípio da Relatividade, assinala:

/.../ o insucesso das experiências feitas para constatar um movimento da Terra em relação ao meio luminífero levam à suposição de que, tal como na Mecânica, também na Eletrodinâmica, os fenômenos não apresentam nenhuma particularidade que possa fazer-se corresponder à idéia de um repouso absoluto. Pelo contrário, em todos os sistemas de coordenadas em que são válidas as equações da mecânica, também são igualmente válidas leis ópticas e eletrodinâmicas da mesma forma – o que, até à primeira ordem de aproximação, já está demonstrado (EINSTEIN, 2001, p. 48).

Prosseguindo, Einstein menciona o segundo postulado:

/.../ e, além disso, vamos introduzir o postulado – só aparentemente inconsistente com o primeiro – de que a luz, no espaço vazio, se propaga sempre com uma velocidade determinada, independente do estado de movimento da fonte luminosa (EINSTEIN, 2001, p. 48).

Notemos que por esse segundo postulado incorporar a pressuposição da constância da velocidade da luz em relação a qualquer referencial e ser independente da velocidade da fonte, incorpora pressuposições que requerem uma mudança radical em relação à adição clássica das velocidades. Einstein também anuncia que a existência do éter luminífero será supérflua, haja vista que a teorização a ser desenvolvida não mais necessitará de introduzir um espaço em repouso absoluto, tampouco de atribuir um

³⁴ As primeiras publicações de Einstein sobre a Teoria da Relatividade Especial ocorreram no período de 1905 a 1907 enquanto que sobre a Teoria da Relatividade Geral, no período de 1905 – 1916

vetor velocidade a qualquer ponto do espaço vazio em que tenha lugar um processo eletrodinâmico.

No contexto da cinemática, os postulados da Teoria da Relatividade Especial implicam em algumas conseqüências, notadamente em relação ao comprimento dos objetos. Em relação ao comprimento l de uma haste, quando em repouso em relação a um sistema de coordenadas também em repouso, Einstein (2001a) previu modificação no comprimento l da haste decorrente do movimento de translação uniforme em relação a um sistema de referência.

Outro efeito relativístico refere-se ao tempo de ocorrência dos fenômenos. Relógios que se movem com grandes velocidades em relação aos outros, funcionam mais lentamente, ou seja, ocorre a dilatação do tempo. Esses efeitos relativísticos existem em relação a todos os referenciais e dependem apenas do movimento relativo.

Da Teoria da Relatividade Especial decorrem dois efeitos dinâmicos. Um desses efeitos refere-se à tendência da massa dos objetos tenderem ao infinito quando as respectivas velocidades aproximam-se da velocidade da luz.

O outro efeito dinâmico sobre os objetos dá-se em relação à massa-energia dos mesmos. A massa do objeto aumenta tanto com o aumento energia cinética do mesmo, relacionada com o aumento da velocidade, quanto ao receber qualquer outra forma de energia.

Percebe-se que a Teoria da Relatividade Especial mostra-se como um construto conceitual que subverte conceitos estruturais da Mecânica Clássica, conforme já explanados, os conceitos de tempo, comprimento, massa, bem como a relação massa-energia.

Achamos oportuno pontuarmos aqui uma observação de Martins (2005a) ressaltando que é freqüente atribuírem a criação da Teoria da Relatividade Especial exclusivamente a Einstein. No entanto, muito antes de Einstein, outros resultados da teoria da relatividade já eram conhecidos, remetendo a influência da velocidade na variação da massa do elétron, já constatada por Lorentz, nos últimos anos do século XIX.

A partir de teorizações sobre o efeito Zeeman, Lorentz encontrou um valor para a relação entre a carga e a massa e para a carga do elétron. As estimativas de Lorentz sobre a relação à carga e a massa do elétron foram corroboradas por J. J. Thomson e Walter Kaufmann (1871-1947), a partir da medição da deflexão dos raios catódicos em campos elétricos e magnéticos. Logo em seguida, Phillip Lenard (1862-

1947) aferiu a relação carga-massa para raios beta com velocidade de até um terço de c . As medidas obtidas por Lenard evidenciaram um aumento da massa com a velocidade³⁵. Segundo Martins (2005) esses resultados indicavam a variação da massa eletromagnética com o aumento da velocidade.

Continuando sua argumentação, Martins (op.cit.) pontua também que no início do século XX, quando Einstein apresenta suas teorizações sobre a relatividade, Henri Poincaré já havia proposto o Princípio da Relatividade para todos os tipos de fenômenos, devido ao insucesso das várias tentativas de se detectar o movimento da Terra em relação ao éter.

Também já existiam as transformações de Lorentz para o espaço e o tempo, bem como a maior parte da dinâmica relativística³⁶, os quais foram obtidos gradualmente por um conjunto de pessoas.

A partir do contexto acima mencionado, Martins (op. cit.) pontua aspectos que teriam sido inovadores na contribuição de Einstein: a estruturação da Teoria da Relatividade de uma maneira mais simples que os trabalhos de Lorentz e Poincaré; a relação geral entre massa e energia e a negação da idéia de éter, considerada pelo autor como uma idéia de caráter epistemológico e não física.

A partir das considerações acima, entendemos que a Teoria da Relatividade Especial não foi uma resposta aos resultados inesperados do experimento de Michelson-Morley. No entanto considera-se que o mencionado experimento funcionou como uma evidência que corroborava com os fundamentos da Teoria da Relatividade Especial. Tal proposição é bastante diferente de ter sido o experimento de Michelson-Morley o responsável pela gênese da Teoria da Relatividade Especial, conforme ressalta Villani (1981).

Os resultados “negativos” do experimento de Michelson-Morley, apesar de justificados teoricamente pela Teoria da Relatividade Especial, não foram cruciais para a Física Clássica. Tampouco para a refutação da teoria do éter.

4.6 Sobre a Natureza da Radiação e da Matéria

³⁵ Em 1901, Kaufmann aferiu a relação e/m para raios beta com velocidade entre $0,8$ e $0,9 c$ e o aumento da massa com a velocidade mostrou-se mais evidente (MARTINS, 2005).

³⁶ Sobre os resultados da dinâmica relativística obtidos antes de Einstein, o autor cita a equação da variação da massa do elétron com a velocidade; a relação entre fluxo de energia e densidade de momento; a relação entre massa e energia.

Nos últimos anos do século XIX, resultados que emergiram a partir do estudo da radiação dos corpos aquecidos foram permeadas por algumas disputas teóricas e incertezas. Conforme explanaremos, essas disputas originaram interpretações que propiciaram rupturas com as pressuposições da Física Clássica acerca da natureza da radiação dos corpos aquecidos.

Os estudos da radiação dos corpos aquecidos têm uma história que se iniciou muitos anos antes³⁷. Em meados do século XIX, por exemplo, Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) já desenvolvia estudos sobre as propriedades da radiação emitida pelos corpos aquecidos. Kirchhoff, juntamente com Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), a partir de estudos dos espectros, haviam estudado as propriedades espectroscópicas das radiações emitidas pelas substâncias aquecidas. Foram pioneiros na conjectura de que tanto os espectros de emissão de alguns sólidos, quanto os de absorção de alguns gases estariam associados à natureza das respectivas substâncias³⁸ (KIRCHHOFF e BUNSEN, 1860). Para a elaboração desta conjectura, foi de importância fundamental a planificação e a construção do espectroscópio de prisma. No entanto, Kirchhoff e Bunsen não desenvolveram nenhum modelo associando os espectros à natureza da matéria³⁹.

Baseando-se em pressupostos da termodinâmica, Kirchhoff argumentou que, para os corpos em equilíbrio térmico, o fluxo das radiações que estivessem a uma dada

³⁷ O crescente interesse pelo estudo da radiação do corpo negro, a partir da metade do século XIX, esteve diretamente vinculado ao desenvolvimento do capitalismo alemão, especificamente as demandas associadas ao desenvolvimento tecnológico da produção de aço. Um dos fatores determinantes da qualidade do aço é o controle da temperatura dos fornos. Porém, como os termômetros disponíveis não podiam ser usados em temperaturas tão elevadas, investiu-se no reconhecimento da temperatura a partir das cores das radiações térmicas (OSADA, 1972).

³⁸ Polêmicas em torno da origem das raias espectrais não eram recentes, haja vista que as mesmas haviam sido constatadas no início do século XIX, por William Hyde Wollaston (1766 - 1828), químico e mineralogista inglês, quando avaliava o grau de pureza de certos cristais, apesar do mesmo não dedicar a merecida atenção a sua constatação (WOLLASTON, 1802).

³⁹ Os avanços teóricos e experimentais alcançados com técnicas espectroscópicas possibilitariam a gênese da astrofísica. Em 1868, por exemplo, o astrônomo inglês Joseph Norman Lockyer (1836 -1920) constatou a presença de um elemento no espectro solar que apresentava uma linha escura próxima à posição da linha amarela do espectro de combustão do elemento sódio. Contudo, esta linha espectral não coincidia com nenhuma até então observada nos elementos existentes na Terra. Chamaram este elemento de hélio (ARONS, 1965). O elemento hélio somente foi identificado na Terra em 1895, pelo químico escocês William Ramsay (1852-1916), no espectro de gases obtidos a partir do mineral urânio (FREY, 1966). A partir de 1863, o astrônomo William Huggins (1824-1910) identificou que a composição das estrelas era distinta da composição das nebulosas e o astrônomo Secchi publica uma classificação espectroscópica das estrelas (CROWE, 1994).

temperatura, independia da natureza do material. Kirchhoff também desenvolveu estudos teóricos sobre o corpo negro e adotou que um corpo negro ideal seria uma cavidade oca com paredes adiabáticas, dotada de um pequeno orifício⁴⁰.

Sobre a radiação no interior da cavidade, Kirchhoff estabeleceu relação entre o fluxo de energia (\dot{Q}) emitido pelo orifício e a respectiva densidade de energia (μ). Kirchhoff relacionou essas grandezas através da seguinte equação:

$$\mu = 4 \dot{Q} / c \quad (3)$$

Por volta de 1865, dados empíricos sobre a radiação dos corpos aquecidos também foram obtidos por John Tyndall (1820-1893). Para isso, ele aferiu a radiação emitida por fios de platina a duas temperaturas distintas. Tyndall constatou que a radiação emitida pelo fio de platina aquecido a 1200° C (1473 K) era 11,7 vezes maior que a radiação emitida quando a temperatura fosse de 525° C (798 K). Resultados modernos do experimento de Tyndall mostram um valor de 18,6 e não 11,7 para a razão entre os dois valores de temperatura considerados (JAMMER, 1966).

Ao final da década de setenta do século XIX, Josef Stefan (1835-1893) analisou os resultados das medidas que haviam sido obtidas por Tyndall em relação aos fios de platina. Sem assentar-se em uma fundamentação teórica mais sólida, Stefan concluiu que o fluxo da radiação emitida (\dot{Q}) pelos fios de platina era proporcional à quarta potência da temperatura absoluta dos respectivos fios (JAMMER, 1966) Assim relacionou essas grandezas através da seguinte equação: $\dot{Q} = k T^4$ (4).

Sobre as conclusões obtidas por Stefan, Jammer (1966) comenta que essas se referiam a condições muito restritas, ou seja, medidas que haviam sido efetuadas a partir da radiação emitida por fios de um único material, aquecidos a duas temperaturas distintas. Além disso, um fio de platina não se assemelha a um corpo negro ideal. Logo, as conclusões obtidas foram construídas a partir de parâmetros bastante restritos, apesar da coerência da proposição de Stefan.

A partir do início da década de oitenta do século XIX, Ludwig Boltzmann (1844-1906) fundamentou-se na teoria eletromagnética⁴¹ e na 2ª lei da termodinâmica e teorizou sobre a radiação de cavidade. A partir destes, Boltzmann concluiu que a

⁴⁰ Admitiu que o fluxo de calor absorvido por um dado corpo seria igual ao fluxo de calor emitido. Por isso, para um corpo negro ideal, o qual absorve toda a radiação nele incidente, também seria um emissor ideal.

⁴¹ Na teoria eletromagnética admitia-se que a radiação deveria exercer nas paredes da cavidade uma pressão, a qual era proporcional a densidade de energia μ , relacionadas através da equação $P = \mu/3$ (MEHRA e RECHENBERG, 1982, v 1, 1).

densidade de energia na cavidade deveria ser proporcional à quarta potência da temperatura T , tal como havia sido proposto por Stefan, a partir dos resultados experimentais obtidos por Tyndall. Por isso, posteriormente a equação $\dot{O} = k T^4$ é renomeada como a equação de Stefan-Boltzmann, ensejando várias evidências que corroboravam a mesma (MEHRA e RECHENBERG, 1982). Percebe-se assim que a análise de Boltzmann permitiu a obtenção do fluxo total de energia em função da temperatura. Assim, a obtenção da distribuição de energia em função do comprimento de onda ou da frequência da radiação continuava sem êxito.

Por volta de 1894, a distribuição espectral da energia em função dos comprimentos de onda da radiação de cavidade foi investigada por Wilhelm Wien (1864-1928), o qual obteve resultados satisfatórios. Wien analisou a radiação contida em um cilindro de superfície interna refletora, dotado de um embolo móvel. De acordo com o efeito Doppler, com a extensão longitudinal do cilindro variando, também variava o comprimento de onda da radiação refletida. Nessa condição, a densidade da energia no interior do cilindro também varia. Para o volume do cilindro variando adiabaticamente, Wien constatou que a temperatura e a frequência da radiação variavam proporcionalmente e a forma da distribuição espectral da radiação era mantida. Porém, todos os pontos da curva se deslocavam, mas a relação entre o produto do comprimento de onda máximo e a temperatura era mantida constante, ou seja, $\lambda_{\text{max}} T = b$ (constante). Essa assimetria foi nomeada lei do deslocamento de Wien, a qual se tornou um padrão aceito na primeira década do século XX (JAMMER, 1966; KUHN, 1978).

Com o intuito de satisfazer a condição do deslocamento e a equação de Stefan-Boltzmann, Wien mostrou que a equação da densidade de energia deveria satisfazer a seguinte condição:

$$\mu (T) = T^4 \int_0^\infty y^3 f(y) dy, \text{ sendo } y = v / T \quad (5)$$

Klein (1977) menciona que a distribuição da densidade de energia em função da frequência deveria ser:

$$\begin{aligned} d\mu &= B(v) dv = v^3 F(v/T) dv \text{ e} \\ d\mu &= E(\lambda) d\lambda = \lambda^{-5} \dot{O}(\lambda T) d\lambda. \end{aligned}$$

A partir das especificações acima, a lei de Wien descrevia então a distribuição de energia do espectro da radiação do corpo negro e mostrava-se compatível com os dados experimentais disponíveis⁴².

⁴² A função $F(v/T)$ para quando se utiliza a frequência ou a função $\dot{O}(\lambda T)$ para quando se utiliza o comprimento de onda, mas podia ser determinada pela termodinâmica. Com o intuito de determinar a

Por volta do ano de 1895, Max Ludwig Planck⁴³ (1858-1947) dedica-se ao estudo das radiações do corpo negro. Adotou a teoria de Wien como sendo satisfatória, porém, buscou uma demonstração do espectro da radiação do corpo negro, apoiando-se em considerações da termodinâmica e do eletromagnetismo. Essa adoção teórica, provavelmente, é consequência dos estudos anteriores (KUHN, 1978, MEHRA e RECHEMBERG, 1982, v. 1.1).

Para o estudo da radiação espectral, Planck adotou como pressuposto que a radiação de uma cavidade deveria estar em equilíbrio térmico com as moléculas que emitiam e absorviam a radiação. Quando ocorresse esse equilíbrio, a energia emitida seria igual à energia absorvida. Planck também pressupôs que essas moléculas deveriam possuir osciladores que absorviam e emitiam radiação com energia média $\langle E \rangle$. Para descrever essa situação, Planck utilizou equações que descrevem a emissão de ondas por um dipolo elétrico oscilante e a absorção de energia por um dipolo, as quais já haviam sido estudadas por Hertz. Relacionou as equações do eletromagnetismo com equações da termodinâmica as quais lhe possibilitaram calcular a energia absorvida e a energia emitida por unidade de tempo, através de cada um dos osciladores eletromagnéticos (JAMMER, 1966).

A partir dos estudos anteriormente citados, Planck calculou a energia emitida e absorvida por unidade de tempo pelos osciladores eletromagnéticos individuais, obtendo as seguintes equações⁴⁴:

$$E_{em} = 8\pi^2 e^2 v^2 \epsilon / 3mc^3 \quad (6)$$

$$E_{abs} = \pi e^2 \mu (v, T) / 3m \quad (7)$$

Em situações de equilíbrio térmico, as taxas de emissão e absorção de energia se equivaleriam. A partir dessa condição, Planck obteve a relação através de variáveis clássicas, especificada a seguir:

$$\mu (v, T) = 8\pi v^2 \epsilon / c^3 \quad (8)$$

Planck também admitiu a existência de n osciladores, os quais possuíam energia média ϵ , embora cada oscilador individual pudesse ter uma energia maior ou menor que ϵ . Calculou as mudanças de energia com as mudanças de entropia, cujo modelo encontrava-se configurado através da equação:

função $F(v/T)$ Wien utilizou-se de uma analogia com a distribuição de Maxwell-Boltzmann para a velocidade das moléculas em um gás perfeito – $dn = kNve dv$ (KUHN, 1978).

⁴³ Planck foi sucessor de Kirchhoff como professor de Física na universidade de Berlin.

⁴⁴ Nessas equações, e é a carga, m a massa oscilante, v e E são respectivamente a frequência de a energia média do oscilador.

$$d^2S / d\epsilon^2 = -\alpha / \epsilon \text{ donde } dS / d\epsilon = -\alpha \ln(\nu\epsilon) \quad (9)$$

Combinando essas equações com a relação termodinâmica $dS / d\epsilon = 1/T$, Planck obteve a relação:

$$\epsilon = 1/\gamma e^{-1/\alpha T} \quad (10)$$

Relacionando as equações acima e combinando-as com a condição de deslocamento, Planck obteve uma expressão para a lei de Wien, a qual se mostrava compatível com a termodinâmica e o eletromagnetismo. Foi representada através da seguinte equação: $du = \alpha \nu^3 e^{-(\beta \nu/T)} d\nu$ (11)

A expressão (11), obtida por Planck em maio de 1898, tornou-se conhecida como representando a lei de Wien-Planck, devido à participação de Planck em sua obtenção.

Em 1889, Otto Lummer (1860-1925) e Ernst Pringsheim (1859-1917) realizaram medidas do espectro do corpo negro e alguns resultados desviavam-se das previsões da lei de Wien-Planck. As medidas iniciais obtidos por Lummer e Pringsheim revelaram que para grandes comprimentos de onda, o espectro incompatibilizava-se com o espectro da lei de Wien-Planck. Posteriormente, as incompatibilidades entre teoria-experimento foram ampliadas (KUHN, 1978).

Em 1900, Rayleigh apresentou proposição para o espectro do corpo negro. Para tal intento, baseou-se na lei da equipartição da energia e nas ondas estacionárias que poderiam se formar no interior da cavidade. Assim, utilizando-se na teoria ondulatória clássica e sem deter-se nas propriedades dos osciladores localizados no interior da cavidade, Rayleigh considerou que a densidade de cada onda estaria submetida à seguinte relação que se segue:

$$N_\lambda = 8 \pi / \lambda^4 \quad (12)$$

Pela lei da equipartição da energia, cada onda no interior da cavidade, compatibilizava-se com a teoria clássica ondulatória, estaria associada a uma energia média E , relacionada através da equação⁴⁵:

$$E = (R / N) T \quad (13)$$

Acerca da densidade de energia μ das ondas da cavidade, Rayleigh considerou que seria o produto da densidade das ondas pela energia de cada onda individual. Assim, configura-se a seguinte relação⁴⁶:

⁴⁵ Na equação (13), N é o número de Avogadro e R a constante dos gases perfeitos.

⁴⁶ Representando a densidade de energia em função da frequência, temos: $\mu d\nu = 8\pi \nu^2 R T / (N c^3) d\nu$

$$\mu d\lambda = 8 \pi R T / (N \lambda^4) d\lambda \quad (14)$$

Em setembro de 1900, Lummer e Pringsheim apresentaram resultados de medidas de comprimentos de ondas localizados em cavidades. Tais comprimentos de ondas situavam-se entre 12 μ e 18 μ . Evidenciaram incompatibilidades na ordem de 40 a 50% entre as previsões teóricas e os dados experimentais. Isso requeria uma revisão imediata na lei de Wien-Planck (MEHRA e RECHENBERG, 1982).

A condição anterior também restringia a lei de Wien. Se existisse diferença entre radiações com grandes e pequenos comprimentos de onda, não seria possível uma teoria que propiciasse a unificação para diferentes comprimentos de onda, notadamente fundamentada no eletromagnetismo de Maxwell. Wien mostrava-se contrário a essa unificação, embora significasse uma perda de unidade na física (MEHRA e RECHENBERG, 1982).

Logo após as constatações de Lummer e Pringsheim, Heinrich Rubens (1865-1922) e Ferdinand Kurlbaum (1857-1927) realizaram medidas das radiações de cavidade. Constataram que para altas temperaturas e pequenos comprimentos de onda, a densidade de energia era proporcional à temperatura, tal qual previsto na lei de Rayleigh. Essa constatação também contrariava a lei de Wien-Planck (MEHRA e RECHENBERG, 1982).

Em outubro de 1900, Planck tomou conhecimento dos resultados das medidas de Rubens e Kurlbaum, antes mesmo de terem sido publicadas. Buscou empreender correções na antiga dedução, no sentido de identificar alguns aspectos que pudessem ser modificados. Constatou que, o que se fazia necessário ser modificado na dedução de Wien estava associado com o modelo de osciladores, que resultaria na seguinte equação:

$$d^2 S / dE^2 = - \alpha / E \quad (15)$$

Se a densidade de energia fosse proporcional à temperatura, semelhantemente as constatações para baixas frequências e a lei de Rayleigh, então a energia medida dos osciladores também deveria ser proporcional à temperatura. Desde modo, concluiu-se pela validade da relação $\varepsilon = \alpha T$ (16)

A relação acima mostrava-se válida experimentalmente. No entanto, quando combinada com a relação da termodinâmica $dS / dE = 1 / T$, levava a resultados incompatíveis com os anteriores, através de $d^2 S / d \varepsilon^2 = b / \varepsilon^2$. Ao invés dessa equação, Planck obteve a relação $d^2 S / d \varepsilon^2 = a / E$ (17).

A primeira relação acima conduzia à lei de Rayleigh, a qual se mostrava válida para baixas frequências. A segunda equação, por sua vez conduzia à lei de Wien, que por sua vez mostrava-se válida para altas frequências. Se as duas leis pudessem ser combinadas, chegar-se-ia a resultados que satisfizesse os dados experimentais em todos os domínios de frequência (JAMMER, 1966).

No entendimento de Kuhn (1978) a tentativa de desenvolver uma expressão matemática que satisfizesse todos os domínios de frequência, tornou-se a motivação para Planck buscar uma nova teoria. Por isso, logo após conhecer os resultados das medidas de Rubens e Kurlbaum, sem se fundamentar em uma justificação teórica, Planck interpolou as duas expressões matemáticas e obteve outra expressão, $d^2 S / dE^2 = a / E^2 + bE = a / E(E+ b)$ (PLANCK, 1990a)⁴⁷. Conforme comenta Jammer (1966), os limites a partir da equação interpolada acima, bem como da utilização de outras equações do eletromagnetismo e da eletrodinâmica, Planck deduziu outra lei para o espectro da radiação do corpo negro. Assim obteve a relação seguinte⁴⁸:

$$\mu (\lambda, T) = c \lambda^5 / e^{(c / T\lambda)} - 1 \quad (18)$$

Ajustando constantes às medidas experimentais, Planck não apresentou nenhuma justificativa teórica de sua fórmula para a radiação do corpo negro. Porém, ajustando as constantes dessa formula às medidas experimentais, percebeu que a equação⁴⁹ descrevia satisfatoriamente tanto dados antigos quanto novos (KUHN, 1978).

No segundo trabalho, apresentado à *Sociedade Alemã de Física* em dezembro de 1900, Planck dispõe a dedução da equação do corpo negro, na qual utilizou a lei de Wien. Porém, para proceder a tal análise, utilizou-se da estatística de Boltzmann e empregou uma análise probabilística aos osciladores⁵⁰ (KUHN, 1978).

⁴⁷ Note-se que, para grandes valores de E em relação a b, a equação interpolada se reduz a $d^2 S / dE^2 = a / E^2$. Quando os valores de E são muito pequenos comparado com b, a equação se reduz a $d^2 S / dE^2 = a / b E$. Assim, os respectivos limites levam as leis de Wien e Rayleigh.

⁴⁸ A densidade de energia também pode ser relacionada em função da frequência, obtendo-se a seguinte equação: $\mu (\lambda, T) = - b \nu^3 / e^{a\nu/T} - 1$.

⁴⁹ Planck apresentou esse trabalho à Sociedade Alemã de Física, em outubro de 1900, como comentário ao trabalho de Rubens e Kurbaun (PLANCK, 1900a). Porém, o mesmo não se encontra acrescido de nenhuma justificativa teórica acerca de sua formula da radiação do corpo negro. **(inserir no texto?)**

⁵⁰ Boltzmann havia relacionado a entropia S com a probabilidade W, através da seguinte proposição: $S = R/N \ln W$, com N a constante de Clapeyron e N o número de Avogadro. Planck, por sua vez, considerou a relação $R/N = k$.

Para que a fórmula de Boltzmann fosse utilizada, Planck analisou a probabilidade de uma distribuição de energia E entre n osciladores iguais. No entanto, se a energia fosse considerada contínua, haveria infinitos modos de distribuí-la entre os osciladores. Logo, não seria possível calcular uma probabilidade finita. Para calcular as probabilidades das distribuições, Planck adotou que a energia E estava dividida em elementos com um valor ϵ . Considerando que a energia total E podia ser dividida em elementos ϵ , distribuída entre n osciladores, então Planck calculou o número de distribuições possíveis de energia⁵¹.

Para obter a fórmula do corpo negro, Planck pressupôs que os elementos de energia ϵ tinham um valor $h\nu$, o qual era proporcional à frequência dos osciladores. Provavelmente, esperava que pudesse fazer com que os elementos de energia $\epsilon = h\nu$ tendessem para zero, apesar do valor da constante h ser diferente de zero. Se h fosse zero, teríamos um valor incompatível com os dados experimentais.

A partir das considerações dos últimos parágrafos, seria equivocado se supormos que Planck tenha assumido que a energia E dos osciladores seria sempre um múltiplo da constante h , multiplicada pela frequência ν . Ao calcular as probabilidades associadas aos modos pelos quais a energia total poderia estar distribuída entre um número de osciladores n , ele não poderia supor que a energia admitia ser dividida de forma contínua, haja vista que haveria infinitos modos de fazer a sua distribuição (PLANCK, 1900).

Planck baseou-se na suposição de que essa energia deveria ser dividida em um número definido de partes. A partir desta, introduziu a idéia de uma energia mínima $E = h\nu$. Essa idéia já havia sido utilizada por Boltzmann em 1887, mesmo sem a intenção de obter a quantização da energia (MEHRA e RECHENBERG, 1982).

Ao analisar a condição de equilíbrio da radiação, Planck utilizou equações pertencentes à teoria eletromagnética clássica. Essa teoria incorpora a pressuposição de que tanto a emissão, quanto a absorção da energia são contínuas. Logo, o oscilador poderia ter qualquer valor de energia. Isso se constitui em outra evidência de que Planck não considerava a energia do oscilador como sendo quantizada⁵².

⁵¹ Além da equação da energia do corpo negro, a partir dos dados do espectro Planck obteve o valor de diversos valores de constantes, como, h , K , N_0 e e (KLEIN, 1977, p. 15).

⁵² A partir dos referenciais kuhnianos (KUHN, 2005), avaliamos que podemos enquadrar as investidas de Planck em relação ao problema da radiação do corpo negro como seguindo os contornos da ciência normal. Ou seja, tentava resolver a problemática a partir dos preceitos do paradigma da ciência dominante.

Equações baseadas na teoria eletromagnética clássica pressupõem que tanto a emissão quanto a absorção de energia são contínuas e não quantizadas. Se a radiação pode ser absorvida e emitida de forma contínua, então os osciladores podem ter qualquer energia, logo, não quantizada.

A visão de Planck mudou com o tempo (KUHN, 1978). Inicialmente, os elementos de energia eram apenas um artifício, sem interpretação física. Artifício ou ato de desespero, conforme carta escrita a Robert Wood, em 1931 (MEHRA e RECHENBERG, 1982).

O trabalho de Planck era restrito a um fenômeno particular – a radiação do corpo negro – que não podia ser aplicado a outras áreas (JAMMER, 1966). Por isso não se pode concluir que a maioria dos físicos tenham tido uma compreensão que estava surgindo uma nova física e, apesar do sucesso empírico da fórmula de Planck, a teoria parece não ter sido igualmente comentada.

Segundo Kuhn (1978) as pressuposições de Planck tiveram várias interpretações. Hendrik Antoon Lorentz, por exemplo, foi um dos físicos que discutiu a dedução de Planck, nos primeiros anos do século XX. O mesmo mostrava-se com dificuldade de entender os elementos de energia como sendo desiguais. Argumentou que se os elementos de energia fossem iguais seria mais satisfatório à compreensão, tendo em vista que poderia corresponder ao conceito de atomicidade da energia.

Lorentz apontou problemas com o conceito de éter, o qual tem infinitos graus de liberdade e a densidade de onda cresce com a frequência. Assim, o princípio da equi-partição de energia, juntamente com a mecânica de Hamilton, leva à lei de Rayleigh. Assim, a lei de Planck contrariava a Física Clássica. Como Planck não havia apresentado suas idéias com clareza, foi interpretado de diversas maneiras (KUHN, 1978).

Em artigo de 1903, Lorentz interpretou como se Planck tivesse afirmado que a energia dos osciladores só pudesse aumentar e diminuir aos saltos. Em 1905, Ehrenfest, interpretou como se Planck tivesse afirmado que a energia radiante fosse dividida em elementos iguais a $h\nu$. Porém, Planck não havia aplicado a equação $E = h\nu$ à radiação e sim aos osciladores.

A teoria de Rayleigh não se compatibilizava com os resultados obtidos para a radiação do corpo negro e conseqüentemente, recebeu muita atenção após o

desenvolvimento da fórmula de Planck. No entanto, diversos autores chegaram a contragosto à fórmula de Rayleigh-Jeans, através de diferentes métodos (KUHN, 1978).

Outra interpretação sobre os resultados de Planck foi apresentada por Ehrenfest entre 1905-1906, para o qual a Teoria Clássica também conduziria a essa fórmula (KUHN, 1978).

4.7 A Natureza da Luz: Restabelecendo Hipóteses Contraditórias

No início do século XIX, a luz era satisfatoriamente representada através de campos elétricos e magnéticos variáveis, os quais já haviam sido descritos pelas equações de Maxwell. A energia era associada ao quadrado das amplitudes dos mencionados campos e a frequência não era relevante. Logo, a luz era bem representada como grandeza ondulatória contínua e essa interpretação corroborada através dos fenômenos de interferência e difração, os quais eram satisfatoriamente explicados e descritos.

No contexto da primeira década do século XX, Einstein desenvolve estudos sobre a natureza da luz, cujas principais hipóteses formuladas foram apresentadas em dois trabalhos, respectivamente publicados em 1905 e 1909.

No artigo⁵³ de 1905, Einstein apresenta suas principais hipóteses acerca da natureza da luz. Iniciando o texto, o autor chama a atenção para as distintas visões existentes na época em relação à natureza da radiação e da matéria, como também os distintos formalismos utilizados⁵⁴ na descrição dos fenômenos a partir das mencionadas teorizações.

Dando prosseguimento ao artigo acima, Einstein chama a atenção para aspectos que evidenciam a validade da teoria ondulatória da luz, quando utilizada como modelo explicativo para determinados fenômenos.

A teoria ondulatória da luz, que trabalha com funções espaciais contínuas, funcionou bem na representação de fenômenos puramente ópticos e provavelmente nunca será substituída por outra teoria. Deve-se ter em mente, no entanto, que as

⁵³ Inicialmente publicado no *Annalen der Physik*. A versão utilizada no presente texto é uma tradução para a língua inglesa, publicada no *American Journal of Physics*.

⁵⁴ Enquanto que na teoria atômica a matéria é descrita a partir de variáveis discretas, na teoria eletromagnética utilizam-se variáveis contínuas para descrever o estado eletromagnético de um determinado volume.

observações ópticas referem-se mais a valores médios no tempo do que a valores instantâneos (EINSTEIN, 1905, p. 368).

Apesar do acordo de Einstein (op. cit) no tocante à teoria ondulatória para explicar determinados fenômenos, ele não deixa de pontuar as limitações da mencionada teoria, no sentido de explicar vários outros fenômenos.

Apesar da completa confirmação experimental da teoria, quando aplicada à difração, reflexão e refração, dispersão, etc., ainda é concebível que a teoria da luz, que opera com funções espaciais contínuas, possa levar a contradições com a experiência, quando é aplicada aos fenômenos de emissão e transformação da luz (EINSTEIN, 1905, p. 368).

Dentre os fenômenos não explicados através da teoria ondulatória da luz, encontra-se o da produção de raios catódicos (efeito fotoelétrico). Acerca dessa limitação, Einstein assinala:

Parece-me que observações associadas com radiação do corpo negro, fluorescência, a produção de raios catódicos por luz ultravioleta e outros fenômenos relacionados, conectados com a emissão ou transformação da luz, são mais facilmente entendidos, se assumirmos que a energia da luz, está distribuída descontinuamente no espaço. De acordo com a suposição a ser considerada aqui, a energia de um raio de luz que se espalha de uma fonte pontual não se distribui continuamente sobre um espaço crescente, mas consiste de um número finito de quanta de energia que estão localizados em pontos no espaço que se movem sem se dividir, e que podem somente ser produzidos e absorvidos como unidades completas (EINSTEIN, 1905, p. 368).

Percebe-se, assim, que Einstein (op. cit) estava propondo como modelo explicativo para determinados fenômenos uma composição para a luz diferente daquela então estabelecida. Vale salientar, porém, que Einstein não propõe uma teoria geral para a luz, mas apenas um modelo explicativo que se assentava em hipóteses restritas ao domínio de determinados fenômenos.

Ressaltamos que Einstein não estava propondo aplicar a idéia de quantum de energia, a qual havia sido desenvolvida por Planck, mas unidades indivisíveis de energia, as quais estariam distribuídas em pontos no espaço. Em nossa maneira de perceber, essas conjecturas de Einstein se assentam em um modelo explicativo corpuscular para a luz.

Einstein não adotou a magnitude dos quanta, tal como havia proposto Planck, anteriormente, ou seja, $E = h \nu$, mas, $(R/N) \beta \nu$. Por usar as constantes que aparecem na

teoria de Wien e não a constante de Planck, Kuhn (1978) compreende tal circunstância como uma evidência de que Einstein não queria vincular o seu trabalho ao de Planck no tocante à quantização da energia.

Alguns autores, todavia, interpretam que o trabalho de Einstein de 1905 conteria as pressuposições básicas do conceito de dualidade onda-partícula. Segrè (1987), por exemplo, referindo-se ao mencionado trabalho de Einstein, assinala:

Naquela época, os cientistas sabiam que a luz era constituída de ondas eletromagnéticas; se havia alguma coisa de certo, era isso. No entanto, Einstein tinha dúvidas e revelou a natureza dual da luz – corpuscular e ondulatória. Essa descoberta, junto com o aspecto dual correspondente da matéria, tornou-se a maior conquista do século (p. 89).

Vale salientar que conceber a luz como um conjunto de partículas no contexto explicativo de um conjunto de fenômenos, está longe de incorporar pressuposições da dualidade onda-partícula, no contexto da qual a luz em certas condições deverá manifestar propriedades ondulatórias e, em outras, propriedades que contém o “germe” de uma concepção corpuscular. Em trabalho publicado em 1906⁵⁵, o próprio Einstein refere-se ao trabalho de 1905.

Em 1907⁵⁶, Einstein fundamenta-se na teoria de Planck e apresenta trabalho utilizando a vibração atômica para desenvolver a teoria sobre o calor específico dos sólidos. Einstein (1989c) pressupôs que as oscilações térmicas das partículas que constituíam o sólido poderiam adquirir valores de energia que fossem múltiplos de $h\nu$. Quando as temperaturas dos sólidos aproximavam-se do zero absoluto, os calores específicos das mesmas também tendiam a zero.

Conforme nota Jammer (1966), a conjectura de Einstein explicava anomalias, as quais não eram explicadas através do contexto teórico da Física Clássica.

No entendimento de Kuhn (1978), o estudo de Einstein propiciou uma aceitação da idéia de quantização da energia de Planck. A influência do trabalho de Einstein permitiu que Walther Nernst (1864-1941) passasse a se interessar pela teoria da quantização da energia de Planck⁵⁷.

⁵⁵ No presente texto estamos nos referindo a uma versão traduzida para a língua inglesa referenciada como Einstein (1989b).

⁵⁶ No presente texto estamos nos referindo a uma versão traduzida para a língua inglesa referenciada como Einstein (1989c).

⁵⁷ Nernst idealizou a realização de uma reunião internacional para discutir a teoria quântica, tendo sido a mesma patrocinada pelo químico belga Ernest Solvay. Assim realizou a Primeira Conferência de Solvay, cuja temática foi “A Teoria da Radiação e os Quanta” (JAMMER, 1966).

Outros trabalhos que apontaram discussões dos conceitos de onda e de partícula de luz, também foram decorrentes dos estudos dos raios X e dos raios gama. Porém, no presente contexto não os analisaremos.

4.8 Bohr e o Modelo Atômico Com Propriedades Quânticas

Niels Bohr (1885-1962), físico dinamarquês, desenvolveu um modelo atômico para o átomo de hidrogênio a partir do modelo atômico planetário ou “*modelo saturniano*”, o qual havia sido proposto por Ernest Rutherford (1871-1937)⁵⁸. Nesse modelo atômico, os elétrons foram distribuídos em uma esfera eletrificada ao redor do núcleo central.

O modelo atômico de Rutherford mostrava-se problemático em relação às estabilidades, mecânica e elétrica. Na perspectiva da mecânica clássica, um elétron girando em torno do núcleo apresenta aceleração. Para a eletrodinâmica clássica, uma carga em movimento acelerado deverá irradiar energia continuamente. No modelo atômico, essa condição levaria o elétron a emitir energia e colapsar com o núcleo, resultando assim em uma condição de instabilidade atômica. Isso inviabiliza a existência de átomos e moléculas (SÈGRE, 1984).

Em 1913, Bohr utiliza-se de alguns pressupostos no sentido de corrigir questões problemáticas no modelo atômico de Rutherford, notadamente em relação à sua instabilidade. Com tal intento, desenvolve um modelo atômico e apóia-se em algumas hipóteses.

A energia radiada não é emitida (ou absorvida) da maneira contínua admitida pela eletrodinâmica clássica, mas apenas durante a passagem dos sistemas de um estado “estacionário” para outro diferente (BOHR, 2001, p. 195).

Percebe-se que Bohr incorporou no modelo atômico a existência de órbitas estacionárias, ou órbitas privilegiadas, nas quais o elétron não deveria emitir radiação. Essa pressuposição encontrava-se em desacordo com a eletrodinâmica clássica. A partir dessa condição, incorpora a hipótese de quantização de energia, a qual havia sido desenvolvida por Planck. Assim, cada elétron deveria emitir ou absorver uma quantidade discreta de energia e não um valor aleatório, tal qual preconizava a eletrodinâmica clássica.

⁵⁸ As interações de Bohr com Rutherford iniciaram-se no Laboratório Cavendish, niversidade de Cambridge, onde este começou a trabalhar em 1895, tendo inicialmente trabalhado com J. J. Thomson (1856 – 1940).

Outro pressuposto utilizado por Bohr na elaboração do modelo atômico, também impõe limitações à mecânica clássica.

Que o equilíbrio dinâmico dos sistemas nos estados estacionários é governado pelas leis da mecânica clássica, não se verificando estas leis nas transições dos sistemas entre diferentes estados estacionários (BOHR, 2001, p. 195).

Percebe-se que Bohr restringe a atuação das leis da mecânica clássica para o movimento do elétron quando o mesmo encontra-se na órbita estacionária, ou seja, quando não está submetido a uma transição de estado energético.

Para a elaboração do modelo atômico, Bohr também apresenta pressuposições em relação à radiação nas transições eletrônicas.

Que é homogênea a radiação emitida durante a transição de um sistema de um estado estacionário para outro, e que a relação entre a frequência ν e a quantidade total de energia emitida é dada por $E = h \nu$, sendo h a constante de Planck (BOHR, 2001, p. 196).

Através da adoção da condição postulada acima, Bohr restringe os níveis a serem atingidos pelos elétrons ao absorverem ou emitirem energia. Assim, a partir da adoção da hipótese de quanta de Planck, Bohr cria um modelo explicativo para a estabilidade do átomo.

Bohr impõe ainda condições ao momento angular do elétron.

Que os diferentes estados estacionários de um sistema simples constituído por um elétron que roda em volta de um núcleo positivo são determinados pela condição de ser igual a um múltiplo de $h/2\pi$ a razão entre a energia total emitida durante a formação da configuração e a frequência de revolução do elétron. Admitindo que a órbita do elétron não seja circular, esta hipótese equivale a supor que o momento angular do elétron em torno do núcleo é igual a um múltiplo inteiro de $h/2\pi$ (BOHR, 2001, p. 196).

A partir dessa última hipótese para o modelo atômico do hidrogênio, Bohr tentava relacionar o mesmo com as propriedades das linhas espectrais então conhecidas. Na segunda metade do século XIX, o estudo dos espectros atômicos teve grande desenvolvimento, principalmente a partir dos estudos espectroscópicos que haviam sido desenvolvidos por Bunsen e Kirchhoff. Eles obtiveram resultados que relacionavam as raias espectrais com a presença de determinados elementos químicos em amostras de substâncias desconhecidas (KIRCHHOFF e BUNSEN, 1860). Embora não se soubesse

a origem física das raiais espectrais, o estudo matemático das mesmas foi bastante desenvolvido durante a segunda metade do século XIX.

Bohr demonstrava-se bastante interessado pelos estudos de Jakob Balmer (1825-1898), o qual em 1885 apresentou uma formulação matemática possibilitando prever a localização das raiais no espectro do elemento hidrogênio. Balmer havia percebido que as linhas espectrais mostravam-se com uma regularidade de frequência e para a sua obtenção, desenvolveu a seguinte expressão matemática:

$$\nu = R (1 / n_1^2 - 1 / n_2^2) \quad (19)$$

Na expressão acima, Balmer considerou n_1 e n_2 como sendo números inteiros positivos, os quais atendiam à condição $n_1 < n_2$. A partir dessa condição, Bohr incorporou em seu modelo a idéia de quantização da energia no sentido de explicar a estabilidade eletrônica, bem como a origem das linhas espectrais no átomo de hidrogênio.

Com o auxílio da espectroscopia, algumas previsões do modelo de Bohr foram corroboradas como, por exemplo, a existência de estados estacionários.

Que o estado “permanente” de um sistema atômico – isto é, o estado no qual a energia emitida é máxima – é determinado pela condição de ser igual a $h/2\pi$ o momento angular de cada elétron em torno do centro da sua órbita (BOHR, 2001, p. 196).

Identifica-se que Bohr admite a quantização do momento angular do elétron. No entanto, Segrè (1987) menciona que J. W. Nicholson, astrônomo britânico, já havia tentado considerar a constante de Planck, h , em modelos atômicos. Outra tentativa também foi empreendida por N. Bjerrum em modelos moleculares. Igualmente, não obteve êxito.

Devido à coerência apresentada pelo modelo para o átomo de hidrogênio, posteriormente Bohr tenta generalizar suas hipóteses no intuito de expandi-las aos átomos multieletrônicos. Porém, os problemas mecânicos mostravam-se mais complexos, visto que envolviam um sistema com muitos corpos e não mais um sistema de dois corpos.

Em 1915, Arnold Sommerfeld (1868-1951) que trabalhava em Munique tenta resolver a problemática do átomo multieletrônico para o modelo de Bohr. Aplica correções relativísticas e utilizando-se da constante da estrutura fina $2\pi^2 m_e c^2 \alpha^2 / hc$, expande o modelo de átomo quantizado para sistemas com mais de um grau de liberdade. Essa correção desenvolvida por Sommerfeld possibilitou a explicação, por exemplo, do efeito magnético Zeeman.

4.9 A Natureza Dual da Luz e da Matéria: Onda e Partícula

Nos primeiros anos do século XX, vários estudos foram empreendidos visando compreender a natureza da interação da radiação com a matéria. Nessa época, a teoria de Thomson sobre o espalhamento da radiação de alta frequência, baseada na eletrodinâmica de Maxwell, era prevalecente. Em tal teoria, sempre que um pulso eletromagnético atravessava um átomo, elétrons oscilavam e a radiação emitida deveria ser igual à radiação espalhada.

Dentre os estudos realizados sobre a interação da radiação com a matéria, Jammer (1966) comenta sobre as várias investigações envolvendo a radiação gama, notadamente a distinção do poder de penetrabilidade entre as radiações primárias e secundárias; a relação entre o comprimento de onda da radiação secundária e o ângulo de espalhamento; o comprimento de onda da radiação gama secundária apresentava valor muito menor que aquele esperado pelas previsões de Thomson.

Estudos da interação entre os raios X e os elétrons constituintes da matéria também foram efetuadas nas primeiras décadas do século XX. Nestes estudos, os raios X revelavam algumas propriedades não explicadas pela teoria ondulatória, notadamente, o comprimento da onda dos raios X espalhados sendo menores que o comprimento da onda incidente, como também as evidências da difração dos raios X pelos cristais, ocorridas em 1913. (JAMMER, op. cit.).

Em 1922, Georg Clark e William Duane também investigaram a reflexão dos raios X por cristais e constataram que algumas destas reflexões não eram explicadas pela teoria ondulatória (MEHRA & HECHENBERG, 1982). Logo a seguir, Duane explica que se baseou em pressupostos quântico-corpusculares para explicar a mencionada reflexão, como por exemplo, a condição de quantização que havia sido desenvolvida por Sommerfeld para os movimentos periódicos de sistemas materiais. Assim apresentou explicação do fenômeno de difração dos raios X por uma rede de difração ou por cristais, prescindindo da concepção de natureza ondulatória para a radiação (DUANE, 1923).

Contribuição significativa evidenciando o caráter corpuscular dos raios X também foi dada por Arthur Compton (1892-1962), no início da segunda década do século XX (MEHRA & HECHENBERG, 1982). Compton fundamentou-se nas pressuposições de Duane acerca da natureza quântico-corpusculares dos raios X e obteve uma explicação mais abrangente para a difração dos mencionados raios pelos

cristais. Em seus trabalhos, Compton não se utilizou das propriedades ondulatórias da radiação (COMPTON, 1923).

Logo após o término da I Grande Guerra Mundial, De Broglie dedica-se a investigações sobre raios X e suas relações com os modelos atômicos⁵⁹ (DE BROGLIE, 1987). Porém, nestes trabalhos iniciais, De Broglie não denota que analisava a natureza da radiação, mas a partir de 1921, procura relacionar os fenômenos quânticos com os raios X (WHEATON, 1983).

Enquanto realizava pesquisas com os raios X, as quais evidenciavam alguns aspectos corpusculares da mencionada radiação, Louis De Broglie⁶⁰ (1892-1987) inicia investigações sobre as propriedades da radiação luminosa.

Nos anos de 1922 e 1923, De Broglie dá os passos fundamentais para dotar os corpúsculos microscópicos com propriedades ondulatórias, os quais foram importantes para o assentamento de fundamentos que resultariam na proposição de dualidade onda-partícula.

De Broglie (1922a) apresenta a idéia de átomos de luz, os quais constituíam o gás que, em equilíbrio a uma temperatura T , formavam a radiação do corpo negro. À energia destes átomos de luz, atribuiu $W = hv$, massa hv/c^2 e quantidade de movimento $h/c = W/c$. Aos átomos de luz De Broglie (op. cit.) também atribuiu massa de repouso m_0 , diferente de zero. Percebe-se assim que De Broglie utiliza a teoria da relatividade para fundamentar uma explanação sobre os quanta de luz.

De Broglie (1922b) argumenta que seria impossível interpretar os fenômenos como interferência, dispersão, difusão e outros, utilizando apenas uma teoria corpuscular. Ressaltou também a necessidade de se introduzir a hipótese de periodicidade na teoria atômica da luz. Através dessa hipótese incorpora uma articulação entre uma teoria corpuscular e uma teoria ondulatória.

Nessa época De Broglie ainda não havia formado o conceito de onda-partícula, porém, a hipótese de existência de átomos de luz foi mantida, os quais poderiam se

⁵⁹ Realiza pesquisas experimentais no laboratório do irmão.

⁶⁰ De Broglie se interessava pela teoria quântica e pela teoria da relatividade. Desde 1911, por exemplo, estudava os trabalhos de Henry Poincaré, Hendrix Lorentz, Paul Langevin, Einstein Planck e outros (MEHRA e RECHENBER, 1982, v. 1,2). Em 1913, titulou-se em Ciências, ano em que ingressou no corpo de engenharia do serviço militar francês, desenvolvendo atividades no setor de radiocomunicação. Neste período, ocorreu um grande desenvolvimento na produção de ondas de rádio, como também o início da transmissão de voz por de rádio (DE BROGLIE, 1987). Podemos avaliar que De Broglie estava familiarizado com conceitos da teoria ondulatória.

aglomerar formando as moléculas. Através destas pressuposições, procurou interpretar o fenômeno de interferência luminosa.

Em 1923, De Broglie apresenta notas que seriam o ponto de partida da sedimentação da hipótese onda-partícula no mesmo fenômeno. Inicialmente introduziu a hipótese da existência de uma vibração associada aos quanta de luz. Posteriormente, esta hipótese foi transferida ao movimento do elétron (DE BROGLIE, 1923). Vale lembrar que a frequência ν_0 já havia sido associada apenas aos átomos de luz, através das equações de energia desenvolvidas por Planck e Einstein.

Com o intuito de relacionar a onda com o movimento da partícula, De Broglie associa o momento da partícula (p) com o comprimento de onda a ela associada (λ), com a constante de Planck (h). Para a mesma, apresenta a seguinte relação:

$$p / \lambda = h \quad (20)$$

As hipóteses de De Broglie acerca do comportamento dual da matéria parecem não ter tido repercussão na comunidade dos físicos. No entanto, tal postura parece ter mudado quando Einstein referiu-se a mencionada hipótese em uma carta endereçada a Lorentz (PAIS, 1982). No entendimento de Zeilinger (1999) a natureza dual da luz é a origem dos problemas filosóficos e epistemológicos relacionados à teoria quântica.

A hipótese da dualidade onda-partícula de De Broglie foi “corroborada” com evidências experimentais obtidas em 1927 por dois físicos – Davison e L. H. Germer, nos laboratórios Bell. Identificaram figuras de difração em fotografias de espalhamento de elétrons por cristais. Isso evidencia ainda mais o caráter anti-intuitivo da mecânica quântica. Os valores obtidos eram compatíveis com os valores que haviam sido previstos por De Broglie.

A identificação das figuras de difração de elétrons é citada por Popper (2007) como um exemplo do quanto uma teoria domina o trabalho experimental. Certamente, a relevância das teorias na construção das ciências é um aspecto bastante pertinente a ser debatido no contexto da educação científica, muito frequentemente permeada por pontos de vista empiristas.

4. 10 A Mecânica Matricial e o Princípio da Indeterminação

Na segunda década do século XX, Werner Heisenberg (1901-1976) dedicara-se a estudar as aparentes regularidades dos espectros atômicas e o modelo atômico de Bohr, tornou-se o foco da sua investigação. No entanto, Heisenberg prendia-se à convicção de que uma teoria atômica somente deveria incorporar magnitudes que

fossem diretamente observáveis. Assim, mostrava-se reticente em relação ao modelo atômico de Bohr, no qual o orbital e o raio orbital não são diretamente mensuráveis ou acessíveis a observação experimental.

No entendimento de Popper (2007) as tentativas de Heisenberg em eliminar as magnitudes não mensuráveis da teoria, foi uma tentativa de expurgar os elementos metafísicos, preservando assim a teoria de Bohr de insuficiências. Popper opina ainda que essa perspectiva teórica seguida por Heisenberg evidencia influências do legado filosófico positivista.

Nas considerações de Heisenberg, os experimentos com processos atômicos não poderiam ser considerados reais, semelhantemente àqueles que ocorriam na vida cotidiana. Por isso admitia que as partículas atômicas eram formas que a energia assumia para converter-se em matéria.

Partindo da rejeição dos não-observáveis nas teorias científicas, em 1923, Heisenberg inicia a elaboração de uma teoria que evitava representações concretas e excluía os não-observáveis, como por exemplo, as posições e as velocidades dos elétrons. Nessa perspectiva, esperava aproximar-se da realidade sem, no entanto, ter que fazer uso de modelos. Logo, para uma teoria atômica deveria fazer uso de quantidades observáveis, como a intensidade da luz exibida nos espectros atômicos, as frequências emitidas pelos átomos, polarização, por exemplo.

O esquema desenvolvido por Heisenberg gerou um tipo de álgebra que não comutava⁶¹, cuja versão final foi apresentada⁶² em 1925. Com o esquema algébrico implementado por Heisenberg não se determinava de maneira exata e simultaneamente a posição e a velocidade de uma partícula, mas apenas a probabilidade de determiná-las. Com isso, o determinismo teria que ser abandonado, gerando mais uma controvérsia no interior da teoria quântica.

Com o intento de discutir as propriedades das grandezas que não comutavam, Heisenberg interagiu com Max Born (1882-1970). Born conhecia a teoria matemática das matrizes e reconheceu que o formalismo desenvolvido por Heisenberg se tratava da álgebra matricial. Heisenberg, Born, e um aluno deste, Pascual Jordan (1902-1980), trabalharam conjuntamente e elaboraram um esquema matricial consistente da

⁶¹ O produto de duas quantidades depende da ordem da multiplicação.

⁶² Tradicionalmente, a Teoria Quântica até 1925 é denominada a Velha Mecânica Quântica, tendo em vista ainda utilizarem-se de conceitos clássicos para a análises dos fenômenos.

Mecânica Quântica, os quais proporcionavam resultados muito interessantes e instigadores.

Notemos que Heisenber, Born e Jordan utilizavam a mecânica matricial para análises dos fenômenos atômicos. No entanto, não buscavam compreender o que realmente se passava dentro do átomo.

A partir da utilização do formalismo matemático matricial, em 1927, Heisenberg elabora o Princípio da Indeterminação ou da Incerteza. Uma das conseqüências deste relaciona-se com a impossibilidade de se aferir simultaneamente e com precisão ilimitada, uma componente da posição (r) e uma componente do momento (p) da partícula. Logo, segundo Heisenberg, é impossível especificar, com precisão, as condições iniciais do movimento.

No contexto do Princípio da Incerteza, o caráter probabilístico não seria uma deficiência da teoria, mas a real impossibilidade de descrever o movimento de uma partícula em sua completude.

Por maior que seja a precisão da medida, o produto da indeterminação da componente da posição pela indeterminação do momento de uma partícula ao longo de um eixo qualquer, nunca será menor que $h/4\pi$. Sendo Δx , Δy e Δz as indeterminações das componentes de r e Δp_x , Δp_y e Δp_z , as indeterminações das componentes de p , a precisão das medidas encontram-se assim limitadas.

As previsões decorrentes das teorizações de Heisenberg mostravam-se coerentes. Contudo, surgem algumas controvérsias, como por exemplo, a impossibilidade de se determinar com precisão a posição de uma partícula, da qual se dispunha então da probabilidade de localizá-la. Com isso, o determinismo é abandonado e segundo Popper (1989), durante certo período, a Física probabilística esteve associada a falta de conhecimento.

Por maior que seja a precisão de uma medida, o produto da indeterminação da componente da posição pelo momento, nunca será menor que $h/4\pi$. As indeterminações das medidas são impossibilidades formais, as quais não dependem da precisão dos instrumentos utilizados. No entanto, não significa que a partícula não possua posição e momentos bem definidos.

Outra conseqüência do princípio da indeterminação relaciona-se com a aferição da energia em relação ao tempo necessário à medida.

O Princípio da Incerteza possibilita compreender-se que a radiação e a matéria tenham natureza dual. Ou seja, se em determinadas experiências tentar-se evidenciar o

caráter ondulatório da radiação, o caráter corpuscular da mesma será obliterado. De maneira análoga, se em uma experimentação tentar-se evidenciar o caráter corpuscular, o ondulatório será obliterado.

4. 11 A Mecânica Ondulatória

Baseando-se na hipótese de De Broglie, para a qual os movimentos dos constituintes da matéria estariam associadas ondas, em 1926, Erwin Schroedinger (1887-1961)⁶³ apresenta um *formalismo* matemático que se tornou o fundamento da mecânica ondulatória. Através deste formalismo, os objetos quânticos foram tratados como ondas e eram capazes de descrever todo o comportamento das partículas.

Em relação ao elétron, Schroedinger considerou que ele estaria espalhado como uma nuvem ao redor do núcleo atômico, sendo representado pela função de onda Ψ . O quadrado do módulo da função de onda seria a densidade de carga elétrica.

Acerca da proposta original de Schroedinger, Pessoa Jr (2003) assinala que *é um exemplo do que se pode chamar interpretação realista ondulatória. Essas visões atribuem ao objeto quântico uma natureza estendida no espaço, uma natureza não pontual* (p. 35).

Seguindo a perspectiva de que aos movimentos dos constituintes da matéria (a exemplo do elétron) estaria associada uma onda, Schroedinger apresenta uma equação, denominada equação de Schroedinger⁶⁴, a qual descrevia o comportamento da onda associada ao movimento de um elétron. Para o desenvolvimento da mencionada equação, Schroedinger utiliza-se de um enfoque não-relativista, apesar de sua tentativa anterior em conciliar os dados experimentais com um enfoque relativista. Certamente, a não obtenção de êxito deveu-se ao fato do mesmo não ter levado em conta o efeito do spin, o qual já havia sido identificado.

Segrè (1987) discute que o formalismo matemático utilizado por Schroedinger era bastante familiar aos físicos que trabalhavam com a teoria ondulatória clássica. Certamente, essa condição contribui para a difusão e a proposição da mecânica ondulatória.

Por ser uma equação de um movimento ondulatório, a equação de Schroedinger não possibilita que se determine a trajetória de uma partícula. Mas a partir

⁶³ Schroedinger havia trabalhado em várias universidades e, nesta época estava estabelecido na universidade de Zurique (SEGRÈ, 1987).

⁶⁴Publicada no *Annalen der Physik*, 79, 361, 1926 (SEGRÈ, 1987).

das condições de contorno imposta à equação de onda, obtém-se valores cujos resultados haviam sido obtidos por Bohr para as energias do átomo de Hidrogênio.

Apesar de utilizar um formalismo matemático conhecido, a proposição de Schroedinger suscitou polêmicas, uma vez que se confrontava com a concepção macroscópica da matéria. Também se necessitava determinar o significado físico da função de onda, denominada de campo escalar pelo próprio Schroedinger, porém, tendo ficado um pouco obscuro. Além disso, o movimento da partícula foi descrito em termos de probabilidade.

Uma contribuição para superar o obscurantismo do significado da função de onda parece ter sido dada quando, em 1926, Max Born interpretou o quadrado do módulo da função de onda Ψ como a densidade de probabilidade de localizar um elétron no espaço. No entanto, a recepção dessa proposição de Born foi bastante conturbada, haja vista confrontar-se com o determinismo e a causalidade.

Acerca da causalidade na física, lembremos que vários físicos não se sentiam dispostos a abandoná-la. Dentre estes, podemos citar Einstein. Em um trecho de uma carta redigida a Bohr, Einstein assinala:

A Mecânica Quântica é muito impressionante. Mas uma voz interior me diz que ainda não é a coisa real. A teoria produz um bom resultado, mas dificilmente nos leva para mais perto do segredo do Velho Senhor. Para todos os efeitos, estou convencido que Ele não joga com dados (apud Pais, 1985, p. 527).

Posteriormente, Schroedinger e o físico estadunidense Carl Eckart demonstraram, independentemente um do outro, que havia semelhança entre o formalismo matemático da mecânica ondulatória, a mecânica matricial e a álgebra quântica (SÈGRE, 1987). No entanto, em 1926, entre Bohr, Schroedinger e alguns físicos de Copenhague evidenciaram que a interpretação ondulatória não seria suficiente para explicar a fórmula de Planck da radiação térmica.

4. 12 O Princípio da Complementaridade

Em 1926, Bohr e Heisenberg desenvolvem conjuntamente uma análise aprofundada da interpretação da Mecânica Quântica. Em 1927, na Conferência Internacional de Física realizado em Como - Itália⁶⁵ - ocorrida em homenagem ao

⁶⁵ Vários físicos com projeção na época estiveram nesta conferência. No entanto, como a Itália encontrava-se sob o controle de Mussolini, Einstein e outros não compareceram (SEGRÈ, 1987).

centenário do falecimento de Alessandro Volta, Bohr apresentou o Princípio da Complementaridade (SÉGRE, 1987).

Está estabelecido no Princípio da Complementaridade que, para se descrever a realidade microscópica, faz-se necessário que a manifestação corpuscular e ondulatória da radiação e da matéria sejam consideradas. No entanto, estas manifestações não poderão ser consideradas concomitantemente. Logo, na descrição da realidade microscópica, os modelos, ondulatório e corpuscular da radiação e da matéria, são complementares. Percebe-se assim que, em certa medida, o Princípio da Complementaridade incorpora a dualidade onda-partícula da matéria.

O Princípio da Complementaridade fazia oposição às proposições de Schroedinger e De Broglie, tendo sido apresentado em três acepções distintas, sendo que uma se tornou mais importante após 1935: a dualidade onda-partícula. Segundo essa, os fenômenos quânticos só poderiam ser compreendidos a partir da linguagem clássica, que seriam de dois tipos:

- 1) Corpuscular: concebe o objeto quântico como partícula que descreve uma trajetória bem definida ao longo de todo o experimento. Não poderão existir franjas de interferência.
- 2) Ondulatório: O objeto quântico é imaginado como uma onda, a qual pode ser dividida e recombinada, gerando franjas de interferência (apenas a detecção de cada quantum é pontual). Não se pode atribuir trajetórias bem definidas ao objeto quântico.

Após a apresentação do Princípio da Complementaridade, muitos teóricos da Mecânica Quântica reuniram-se em torno do Instituto de Física de Copenhague, ao qual Bohr estava vinculado. Assim, erigia-se a tradição de Copenhague da Mecânica Quântica. A Concepção de Copenhague da Mecânica Quântica rejeitava a existência de uma realidade objetiva, que fosse independente do observador⁶⁶. Como consequência, abandona preceitos bastante caros à tradição clássica da Física. Dentre os conceitos clássicos abandonados pela tradição de Copenhague encontram-se os conceitos de causalidade, determinismo e localidade. Nesta perspectiva, os teóricos de Copenhague preocupavam-se apenas em fazerem previsões da realidade, ou seja, uma formulação

⁶⁶ Conforme destaca Bunge (2000), no entendimento dos pais fundadores da tradição de Copenhague, a maior contribuição a filosofia foi a constatação da não existência de microobjetos autônomos, ou seja, todas ocorrências no nível microfísico incorpora a interferência do experimentador.

capaz de prever os resultados dos fenômenos. Assim, na mencionada tradição da Mecânica Quântica não havia uma preocupação com a compatibilidade entre as previsões dos resultados e a realidade em si. Nessa perspectiva, abandonaram todos os processos que compõem os fenômenos.

O que mais desatinava a Interpretação de Copenhague era que na Física Clássica, nenhum objeto poderia existir simultaneamente como partícula e como onda. Assim, a Interpretação de Copenhague rejeita três conceitos fundamentais: o realismo, localidade e trajetórias bem definidas. Nesta interpretação, os objetos não possuem propriedades intrínsecas bem definidas, apenas algumas propriedades potenciais, as quais só podem se manifestar em um experimento concreto.

Pela adoção de uma perspectiva que não considera os processos, muito freqüentemente, os teóricos da tradição de Copenhague são acusados de aproximarem-se de uma perspectiva instrumentalista da ciência. Para esta, as teorias científicas seriam apenas um instrumento de previsão da realidade. Com isso deram uma grande ênfase ao formalismo matemático utilizado na estruturação das teorias.

Reagindo a essa ênfase no formalismo matemático no sentido de estruturarem-se as teorias, ou ponto de vista instrumentalista, Bunge (2000) menciona a necessidade da realidade na construção das idéias da ciência. Acerca desta defesa, assinala:

A realidade não parece importar-se com nossos malogros. Mas, se negligenciarmos a realidade ou negarmos que haja uma qualquer, acabaremos por renunciar à ciência e adotar, em seu lugar, a pior metafísica possível (BUNGE, 2000, p.16).

A pretensão de que a Mecânica Quântica seria definitiva e completa foi uma das mais fortes oposições de Popper em relação a interpretação de Copenhague, a qual foi combatida ao longo da sua obra (POPPER, 1989; 2007).

4. 13 Os Confrontos Com a Tradição de Copenhague

Apesar do predomínio da tradição de Copenhague na Mecânica Quântica, a mesma não esteve imune a contendas. Vários físicos da tradição realista, dentre eles Einstein e Schrodinger, reagiam a possibilidade da física ser apenas um instrumento de previsão, ou um artifício capaz de descrever a realidade. A título de exemplo, citamos o longo debate ocorrido entre Einstein e Bohr, o qual perdurou de 1927 a 1949, mas continuado por Einstein, até 1953 (POPPER, 1989).

No início da década de 1930, o matemático húngaro J. von Neumann provou um teorema mostrando que a Mecânica Quântica não admitia outras variáveis além daquelas já utilizadas.

A condição de abandono da causalidade e determinismo ou dissolução da realidade pela tradição de Copenhague não era satisfatória para Einstein e outros teóricos. Einstein em colaboração com o físico ucraniano Boris Podolsky e o físico americano Nathan Rosen, em 1935 publicaram um texto no *Physical Review* trazendo um paradoxo, o qual ficou conhecido como o paradoxo EPR. Nesse, os autores perseguiram o intento de mostrarem a incompletude da Mecânica Quântica.

A idéia básica do paradoxo EPR é que um sistema de duas partículas quânticas correlacionadas, de tal modo que a medição direta de uma delas (partícula 1), localizada na Terra, constituísse uma medição indireta na outra (partícula 2), localizada na Lua, por exemplo. Pela postulação da projeção, o estado global do sistema se altera instantaneamente com a medição, mesmo que as partículas estejam longe uma da outra. Tal redução de estado é não local (ao menos no formalismo).

O EPR introduz uma hipótese de localidade, onde a escolha de qual observável medir na Terra não pode afetar instantaneamente (ou com $v > c$) o estado da partícula na Lua. Através de duas suposições contraditórias: não-localidade embutida no formalismo quântico, e a localidade aceita intuitivamente pela maioria dos físicos da época. Argumentaram que a Mecânica Quântica era incompleta.

O paradoxo EPR continha um confronto com a tradição da Mecânica Quântica da interpretação de Copenhague, haja vista que colocava a mesma como tendo argumentos incompletos na determinação dos fenômenos físicos.

Outra crítica a interpretação de Copenhague da Mecânica Quântica foi apresentada por Schrodinger através da metáfora do gato.

Na década de 50 do século XX, o físico David Bohm aperfeiçoa a interpretação de De Broglie e sinaliza com a possibilidade de elaborar uma complementação para a Mecânica Quântica, transformando-a em uma teoria causal, logo determinista e realista. Para isso, propôs que se levasse em conta a existência de “variáveis ocultas”. A sua teoria mostrava-se capaz de gerar as mesmas previsões experimentais obtidas pela teoria ortodoxa. Contudo, gerava debates epistemológicos com a questão do determinismo.

Os debates em torno da interpretação ortodoxa da Mecânica Quântica foram retomados na década de 60 pelo físico John Bell, propondo a formulação de uma descrição completa para a mesma. Com tal intento, propõe a existência das

“*desigualdades de Bell*”, as quais não poderiam ser percebidas pela interpretação ortodoxa da Mecânica Quântica. As “*desigualdades de Bell*” foram decorrentes da transformação da noção de localidade em critério físico e matemático.

Várias tentativas foram realizadas com o intuito de prover resultados experimentais que violassem as desigualdades de Bell. Com tal intuito, no início da década de oitenta, Allan Aspect realiza experimentos que evidenciaram que as desigualdades de Bell poderiam ser violadas. Tal constatação contrariava as teorias realistas locais. No entanto, devido às dificuldades experimentais, os resultados não se mostram conclusivos.

Pela breve exposição que fizemos no presente capítulo, podemos inferir que a construção do arcabouço teórico da FMC deu-se através de muitas mãos e encontra-se permeado por disputas interpretativas. No entanto, tais disputas nem sempre fazem parte das situações de ensino. Ao encontro deste ponto de vista e referindo-se particularmente ao ensino da Teoria Quântica, Bastos Filho (2003) assinala:

Frequentemente, quando a teoria quântica é apresentada nos cursos regulares, desaparecem todas as complexas polêmicas da história real e passam a aparecer reconstruções racionais tão forçadas e dirigidas que o objetivo precípua é o de fomentar a crença de que o pluralismo somente seria válido para o processo de discussão do turbilhão de dúvida, mas uma vez atingida a síntese final apenas existiria uma e somente uma maneira justa e coerente de se conceber a multiplicidade de fenômenos. Mas, será que as coisas são de fato assim? (p. 127)

Referências

- ARONS, A. B. *Development of Concepts of Physics*. Adison-Wesley Publishing Company, 1965.
- BASTOS FILHO, J. B. Os problemas epistemológicos da realidade, da compreensibilidade e da causalidade. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. vol 25, , n. 2, p. 125-147, jun. 2003.
- BOHR, N. **Sobre a constituição de átomos e moléculas**. v 2, Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001.
- _____. **Um itinéraire scientifique**. Paris: Georges Lochak, 1987.
- BUNGE, M. **Física e filosofia**. São Paulo, SP: Editora Perspectiva, 2000.
- COMPTON, A. H. A quantum theory of the scattering of X-rays by light elements. **Physical Review**, (série 2) 21, 1923, p. 483-502.
- CROWE, M. J. **Modern theories of the universe. From Herschel to Hubble**. New York: Dover Publications, Inc. 1994.
- DE BROGLIE, L. Rayonnement noir et quanta de lumière. **Le journal de physique et le radium**, (série 6), 3, p. 422-428, 1922a.
- _____. Sur les interférences et la théorie des quanta de lumière. **Comptes Rendus de L'Académie des Sciences de Paris**, 175, p. 811-813, 1922b.
- _____. Ondes et quanta. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, 177, p. 507-510, 1923.
- DUANE, W. The transfer in quanta of radiation momentum to matter. **Proceedings of The National Academy of Science of USA**, 9, p. 158-164, 1923.
- EINSTEIN, A. **Notas autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982.

- EINSTEIN, A. Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento. In: LORENTZ, H. A., EINSTEIN, A. e MINKOWSKI, H. **O Princípio da relatividade**. I, 5ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001, p. 47-86.
- EINSTEIN, A. Light production and light absorcion. In: BECK, A. **The collected pappers of Albert Einstein**. II V. Princeton: Princeton University Press, 1989a, p. 192-199.
- EINSTEIN, A. Planck's theory of radiation and the theory os specific heat. In: BECK, A. **The collected pappers of Albert Einstein**. IIV. Princeton: Princeton University Press, 1989c, p. 214-224.
- ÉVORA, F. R. R. **A revolução copernicana-galileana. Astronomia e cosmologia pré-galileana**. V I. Campinas: UNICAMP, Coleção CLE, 1988.
- FREY, J. E. Discovery of the nobre gases and foundations of the theory of atomic structure. *Journal of Chemical Education*, v. 43, n. 7, p. 371-374, jul. 1966.
- GRANT, E. **Iniciação à história da ciência. hipóteses no fim da Idade Média e nos primórdios da ciência moderna**. São Paulo, SP: Editora Cultrix, 1963.
- HEERING, P. On Coulomb's inverse square law. *American Journal of Physical*, n. 60 v. 11, 1992, p. 988-994.
- JAMMER, M. **The conceptual development of quantum mechanics**. New York: MacGraw-Hill, 1966.
- KIRCHHOFF, G.; BUNSEN, R. Chemical analysis by observation of spectra. *Annalen der Physik und der Chemie* (Poggendorff). v. 110, 1860, p. 161-189, (Edited in Heidelberg).
- KLEIN, M. The egginnigs of the quantum theory. *Proceedings of The 57 th International School of Physics "Enrico Fermi"*. New York: Academic Press, 1977, p. 1-39.
- KUHN, T. S. **Black-body Theory and the quantum discontinuity**. Oxford: Oxford University Press, 1978.
- _____ **A revolução copernicana**. Lisboa: Edições 70, 1990.
- LORENTZ, H. A. A Experiência Interferencial de Michelson. In: LORENTZ, H. A., EINSTEIN, A. e MINKOWSKI, H (Orgs.). **O princípio da relatividade**. I Volume. 5 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001a, p 5-11.
- LORENTZ, H. A. Fenômenos electromagnéticos num sistema que se move com qualquer velocidade inferior à da luz. In: LORENTZ, H. A., EINSTEIN, A. e MINKOWSKI, H. (Orgs.). **O princípio da relatividade**. I Volume. 5 ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001b, p. 13-43.

- MARTINS, R. A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, n.10, 1986, p. 89-114.
- _____ A dinâmica relativística antes de Einstein. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, 2005a, p 11-26.
- _____ Física e filosofia. **Ciência e Cultura**. v. 57, n 3, jul-set. 2005b.
- MEHRA, J. e RECHENBERG, H. **The historical development of quantum the quantum theory**. v. 1,2. New York: Springer, 1982.
- NEWTON, I. **Principia: princípios matemáticos da filosofia natural**. São Paulo, SP: Nova Stela, 1990.
- _____ **Óptica**. São Paulo, SP: EDUSP, 1996.
- OSADA, J. **Evolução das idéias da física**. São Paulo: Editora Blücher e EDUSP, 1972.
- PAIS, A. "Sutil é o senhor": a ciência e a vida de Alberto Einstein. Rio de Janeiro, RJ: Nova Fronteira, 1982.
- PESSOA Jr, O. **Conceitos de física quântica**. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2003.
- POPPER, K. R. **A Teoria dos quanta e o cisma na física**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1989.
- _____ **A lógica da pesquisa científica**. São Paulo, SP: Editora Cultrix, 2007.
- SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks. Físicos modernos e suas descobertas**. Brasília, DF: Editora da UnB, 1984.
- SHANKLAND, R. S. The Michelson-Morley experiment. **Scientific American**, oct. 1964, p.107-114.
- VILLANI, A. O confronto Lorentz - Einstein e suas interpretações. Parte I. A revolução einsteiniana. **Revista de Ensino de Física**, v. 3, n. 1, p. 31-45, 1981.
- ZEILINGER, A. Experiment and the foudation of quantum physics. **Reviews of Modern Physics**, v. 71, n. 2, p. 288-297, 1999.
- WHEATON, B. R. **The tiger and the shark. empirical roots of wave-particle dualism**. London: Cambridge University Press, 1983.

CAPÍTULO 5

A Teoria Social Crítica e a Modernidade Ocidental

CAPÍTULO 5

A Teoria Social Crítica e a Modernidade Ocidental

No presente capítulo, o objetivo é situar a Teoria Social Crítica no contexto da modernidade ocidental explorando, assim, alguns dos seus determinantes sociais, como também algumas pressuposições incorporadas ao mencionado corpo teórico.

A partir do intento acima, resenhamos em traços largos os princípios fundantes da modernidade ocidental ao mesmo tempo em que situamos a tradição com a qual a mesma faz oposição. Assim, traremos à baila aspectos do debate que possibilitaram tentativas de que a razão ocupasse um lugar de destaque na modernidade – ou mesmo, debatendo que, ontologicamente, a modernidade em si, advém do uso da razão, possibilidade esta que, para algumas perspectivas se configurou, a partir do século XIX.

Em seguida, debateremos problemáticas apontadas como decorrentes do uso da razão instrumental na modernidade ocidental. Dando continuidade, apresentaremos uma visão geral dos enfrentamentos dos membros da Escola de Frankfurt em relação aos

ditames da razão instrumental. Particularizaremos essa abordagem com uma análise mais aprofundada do pensamento habermasiano no tocante ao posicionamento do mesmo em relação à crise da razão na modernidade.

5.1 A Modernidade Ocidental e o Estatuto da Razão

Uma característica fundante da modernidade ocidental é a sua sustentação na razão. Esta vinculou-se tanto aos preceitos das tendências empiricistas quanto racionalistas originadas no século XVII, prevalentemente orientadas pelos padrões das ciências da natureza.

As teorizações de Francis Bacon (1561-1626) são consideradas como um referencial básico nos alicerces do empiricismo moderno. Bacon propôs que, para o ser humano alcançar o ápice da intelectualidade, o mesmo deveria romper com a tradição filosófica escolástico-medieval e com a tradição do pensamento clássico. Logo, pautou-se na pressuposição de que essas teorizações seriam de pouca utilidade prática.

Bacon (1979) procurou superar os obstáculos ao conhecimento, sobretudo os obstáculos oriundos do próprio espírito humano. O trecho seguinte realça tal intento.

Se os homens tivessem à sua disposição uma justa história da natureza e da experiência; se pudessem impor-se duas regras: a primeira, de renunciar às opiniões e às noções recebidas; à segunda, de manter seu espírito, por um tempo, longe das proposições mais gerais (...) descobririam nossa forma de interpretação (BACON, 1979, p. 11).

Com o propósito de que a ciência seria o meio a colocar a natureza a serviço do homem, Bacon preocupou-se em liberá-la dos ídolos. Para isso, empenhou-se em apresentar alternativas ao silogismo aristotélico, bem como a todo o pensamento clássico, ainda professado pelos escolásticos. Segundo as pressuposições adotadas por Bacon, esses conhecimentos eram totalmente imprestáveis à invenção e à utilidade prática.

No entendimento de Bacon, o silogismo aristotélico fixava o espírito no erro, sendo impotente para propiciar a busca da verdade que está nas coisas. Assim, na primeira parte do *Novum Organum*⁶⁷ procura apresentar as formas dos erros, a qual afasta os mitos que se opõem ao conhecimento e, para alcançar o domínio da natureza, todos esses *ídolos* deveriam ser suplantados. Por *ídolos* Bacon refere-se aos erros comuns da espécie humana, principalmente o erro de julgar as coisas pelas aparências: os ídolos da tribo, preconceitos individuais e subjetivos que aprisionam os indivíduos; os ídolos da caverna, erros advindos das relações sociais, frequentemente associados a linguagens e os ídolos do fórum, erros e preconceitos advindos das teorias e sistemas filosóficos.

Para o homem conhecer a natureza, Bacon recomenda a necessidade de observá-la e experienciá-la, porque a experiência é o princípio para obtenção do conhecimento, admite. Porém, essa experiência não deverá ser conduzida ao acaso. A experiência deverá ser planejada a partir de um método, o qual possibilitará ao homem interpretar e intervir sobre a natureza. Nesta perspectiva, o saber torna-se instrumento do entendimento e do poder.

Notemos que na concepção baconiana, o conhecimento assenta-se em uma perspectiva prática e utilitarista do saber, ou seja, o conhecimento está vinculado às soluções efetivas a serem apresentadas aos problemas concretos que atingem o ser humano. Nessa perspectiva, conhecimento é um instrumental para manipular a natureza, como também para a elaboração do planejamento racional da organização da sociedade a partir do controle de especificações científicas.

Na segunda parte do *Novum Organum*, Bacon apresenta a formulação do método experimental para investigação acerca das causas naturais dos fatos.

Entretanto, para que se penetre nos estatutos mais profundos da natureza é preciso um método mais adequado e seguro de abstração, que permita recolher os axiomas dos dados dos sentidos e particularidades, ascendendo contínua e gradativamente, até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade (BACON, 1979, p. 115).

O método experimental baconiano fundamenta-se na indução, por meio da qual o raciocínio é capaz de passar do particular ao universal, possibilitando, assim, que, a partir do conhecimento dos fatos, obtenha-se o conhecimento das leis. Na proposição de Bacon, a pesquisa experimental deveria ser desenvolvida em três momentos, a saber: a)

⁶⁷ Obra de Bacon, onde no próprio título o autor expressa o antagonismo ao *Organum* de Aristóteles.

a acumulação dos fatos, onde se deve colocar a natureza em questão; b) a classificação dos fatos a partir dos resultados da experiência e c) a determinação da causa do fenômeno, possibilitada pela interpretação e, em seguida, a sua lei.

René Descartes (1596-1650) e seguidores racionalistas constituem outra corrente de pensamento na qual se alicerça as bases da racionalidade moderna.

Na obra *Discurso do Método*, publicada em 1637, Descartes deixa transparecer uma nova atitude frente à existência e à razão, destacando principalmente o caráter subjetivo desta última. Nesta perspectiva, coloca a razão estruturada na própria existência humana.

Descartes identifica duas características na racionalidade moderna, as quais permaneceram, a partir de então, como seus princípios fundamentais: a autonomia e a flexibilidade.

Descartes opina que um dos atributos da razão é colocar tudo que é evidente em suspeição e levar o sujeito a refletir sobre as condições de possibilidade do conhecimento verdadeiro. Essa condição somente é obtida através da autonomia da razão. Logo, Descartes determina que o sujeito é a instância de fundamentação do conhecimento, criador de significação. A consciência subjetiva, racional e autônoma é quem produz seus próprios atos e sentidos. Por isso a mesma poderá fugir dos enganos e das ilusões que emanam do seu entorno. Logo, na base da racionalidade, toda a possibilidade humana para conhecer é colocada sob suspeita.

No entendimento de Descartes, a razão, livre das amarras socioculturais, poderá colocar tudo sob discussão e não aceitar nada como verdadeiro, sem antes dissecar detalhadamente aquilo que se pretende conhecer. Configura-se, então, uma razão autônoma e subjetiva e que deverá organizar a experiência, contrapondo-se, assim, ao conhecimento transcendente.

Descartes atribuiu a um método rigoroso de análise a responsabilidade pelo logro do seu empreendimento acerca da razão. Aponta, assim, procedimentos gerais, os quais constituem os processos permanentes da construção do conhecimento humano: inicia-se com a dúvida; desenvolve-se pela separação e análise; encerra-se com síntese e ordenamento claro e distinto das idéias ou conceitos (DESCARTES, 1996).

Em Descartes, o conhecimento matemático é o conhecimento verdadeiro, é o modelo de conhecimento a ser seguido em toda e qualquer área do conhecimento.

Apesar da dicotomia empreendida em relação à origem do conhecimento pelas abordagens empiristas e racionalistas, em ambas as tendências, a razão ocupa lugar

comum. Segundo essas abordagens, a razão visa oferecer condições para a humanidade construir e alcançar o progresso, sendo então fator de felicidade e de progresso. Para isso faz-se então necessário o sujeito livre para racionalmente ocupar a condição de juiz e de senhor. Assim, o homem elaborara o conhecimento e dominara a natureza e proverá suas necessidades materiais e construirá a sua própria felicidade.

5.2 O Iluminismo e o Ideal de Educação Emancipatória

O Iluminismo, movimento filosófico da modernidade ocidental, é geralmente caracterizado pela crença exagerada na faculdade da razão. Por meio desta, buscava-se o conhecimento da natureza, como também a forma de utilizá-lo para emancipar a espécie humana da opressão e da dominação. A partir de tal intento, no projeto iluminista, a educação torna-se um recurso fundamental para propiciar a emancipação do homem.

Embora de maneira esparsa, em outras épocas, outros povos também já haviam adotado a educação como meta cultural, tendo em vista atribuírem à educação importância fundamental para a autonomia de um povo. Conforme nos lembra Mühl (2003a), a crença no poder emancipatório ou mesmo salvacionista da educação não é uma exclusividade iluminista. No entanto, a crença na emancipação propiciada pela educação, fundamentada no poder crítico da razão, foi um exclusivismo iluminista, conforme salienta o autor. Para isso, foi imprescindível identificarem a natureza humana com a natureza da razão, considerada universal.

O princípio da subjetividade é então tomado como o princípio fundante da pedagogia iluminista. A adoção desta postura encontrava-se em sintonia com a modernidade, na qual a liberdade e a subjetividade eram também princípios fundamentais. Por isso, nas premissas iluministas, a razão deixa de ser meramente contemplativa e passa a penetrar na atuação dos sujeitos no mundo físico, propiciando o desenvolvimento da interioridade espiritual dos mesmos.

Outra consequência do papel assumido pela subjetividade nas premissas iluministas é que a mesma também passa a determinar os contornos da cultura. Isso porque os componentes pertencentes à realidade são desenvolvidos em torno dos direitos dos indivíduos.

Também como consequência do papel assumido pela subjetividade, na perspectiva iluminista a ciência despede-se das influências das visões metafísica do mundo. Em contrapartida, valoriza-se a consciência cognoscente dos sujeitos como via de entendimento da natureza.

Dentre os filósofos iluministas há várias divergências de pensamento. No entanto, há uma expectativa entre eles acerca da concepção de progresso e aperfeiçoamento da espécie humana, adquirido através do desenvolvimento racional.

A concepção de ser humano adotado pelos diversos projetos educacionais da pedagogia iluminista é a do sujeito elaborada por Kant. Adotando posição extremada em relação à subjetividade humana, Kant define o conhecimento como a submissão do objeto ao sujeito. A razão kantiana abandona a postura de passividade e delinea a ordem do universo e do conhecimento, a partir dos seus princípios *a priori*. No excerto a seguir, ilustra-se essa pressuposição kantiana.

Esclarecimento é a saída do homem da sua menoridade, da qual ele próprio é culpado. A menoridade é a incapacidade de fazer uso de seu entendimento sem a direção de outro indivíduo. O homem é o próprio culpado dessa menoridade se a causa dela não se encontra na falta de entendimento, mas na falta de direção de outrem. *Sapere aude!* Tem coragem de fazer uso de teu próprio entendimento, tal é o lema do esclarecimento! Eis a palavra de ordem do Iluminismo (KANT, 1985, p. 100).

Os educadores iluministas pressupunham que a educação poderia propiciar transformações necessárias para a instauração de uma nova ordem política e cultural, as quais estariam sendo requeridas pela modernidade. Essas transformações foram influências dos ideais burgueses da sociedade. A partir de tal intento, o acesso à educação deveria ser universal e a educação deveria ser gratuita e laica. Ao Estado, caberia o papel de assegurar e zelar por estas condições (BOTO, 1996).

À luz da pedagogia iluminista, caberia ao professor, tido como sujeito iluminado, determinar todos os processos educativos. Subjacente a este ideal regulador, não haveria limites para o modelo de sujeito totalmente livre, devendo-se, então, os processos de aperfeiçoamento estenderem-se ao infinito.

O ideário pedagógico iluminista influenciou sobremaneira os ideais da Revolução Francesa, tendo em vista manterem a esperança de que, através da educação, poderiam construir uma sociedade de homens virtuosos. Inicialmente, acreditavam que a educação propiciaria o surgimento do homem novo, emancipado e livre do obscurantismo.

Após o embate inicial, os “revolucionários” franceses perceberam que a superação de hábitos inculcados durante séculos seria lenta e gradual. Diante desta

constatação, os ideais pedagógicos iniciais cedem lugar à vigilância e ao controle. A partir dessa perspectiva, a intenção de formação do novo homem cede lugar ao controle do homem.

5.3 A Instrumentalização da Razão e a Crise da Racionalidade Moderna

A despeito das expectativas iluministas no tocante à obtenção da emancipação humana através da razão, o que se assistiu, principalmente ao longo das primeiras cinco décadas do século XX, foi a razão prestando-se à negação da própria natureza humana, inclusive refratária a irracionaisismos extremados.

Com o êxito do capitalismo, a razão associada à ciência e a técnica foi largamente utilizada para se planejar e justificar os mais cruéis regimes totalitários e dogmáticos do século XX, ou seja, a razão mostra-se como uma nova irracionalidade. Como evidência da opressão através da razão, destacamos os regimes políticos na extinta União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, o Nazi-Fascismo que se instaurara no eixo Alemanha-Itália, o programa nuclear estadunidense, as degradações ambientais em prol do lucro, etc.

Há algumas décadas, parece ser consenso de que vários organismos sociais, dentro os quais, a própria ciência e a educação, estão em crise. Assistimos também rompimentos com a tradição, sem precedentes na história. No entanto, o entendimento de que a própria modernidade está em crise não é tão recente quanto possa parecer à primeira vista.

Segundo Oliveira (2001) a crise da razão que emergiu no século XX, foi uma crise provocada pela implosão da própria razão. Trata-se de uma crise profunda e de larga abrangência a qual coloca em suspeição toda a estrutura da sociedade moderna.

Foi Max Weber (1864-1920) quem primeiramente distinguiu as ações racionais regidas por valores daquelas regidas pela organização dos meios em relação a fins, as quais envolviam o planejamento e o cálculo. No entendimento de Weber, estas últimas ampliavam-se cada vez mais nas esferas da sociedade moderna.

Como crítica ao poder totalitário da razão, duas tendências emergiam no século XX. Uma destas tendências é constituída pelos movimentos que, apesar das críticas empreendidas aos excessos cometidos em nome da razão, ainda acreditavam no poder emancipador da mesma, logo, tencionavam restabelecê-la. Partidários da outra tendência defendiam o mais completo abandono ao predomínio da razão.

A seguir, explanaremos sobre uma das perspectivas teóricas que emergiu a partir de uma crítica aos excessos cometidos em nome da razão na modernidade, porém inicialmente, ainda acreditavam no poder emancipador da razão humana: a teoria social crítica desenvolvida na Escola de Frankfurt.

5.4 Perspectivas Teóricas da Teoria Social Crítica

No século XX, uma das críticas mais profundas contra a opressão da razão e da ciência, as quais *desencantavam* o mundo, estabeleceu-se no Instituto para Pesquisas Sociais de Frankfurt, Alemanha. Essa crítica organizou-se em torno das teorizações de um grupo de intelectuais marxistas não ortodoxos, que, na década de 20, permaneciam à margem do marxismo-leninismo clássico. O Instituto teve sua criação oficial em 3 de fevereiro de 1923, a partir do intento de se institucionalizar um grupo de trabalho para documentar os movimentos operários da Europa⁶⁸. Os precursores desse Instituto tencionavam que o mesmo ficasse vinculado a uma universidade, tendo sido possível na Universidade de Frankfurt. Porém, a partir de 1924 o Instituto possuía sede própria, como também autonomia financeira⁶⁹ (FREITAG, 2004).

No Instituto para Pesquisas Sociais de Frankfurt iniciaram-se as teorizações básicas da Teoria Social Crítica, da qual foram precursores Theodor Adorno (1903-1969), Walter Benjamin (1892-1940), Herbert Marcuse (1898-1979) e Max Horkheimer (1895-1972). Posteriormente, agruparam-se Jürgen Habermas, Karl-Otto Apel, A. Schmit, Eric Fromm e vários outros membros. No entanto, inicialmente, o quadro teórico geral da Escola de Frankfurt se perfila, principalmente, pelas teorizações de Adorno e Horkheimer.

Acerca da denominação “crítica”, das teorizações da Escola de Frankfurt, Matos (1993) argumenta que foi uma crítica ao chamado pensamento tradicional, fundado na identidade e na contradição, bem característico da filosofia cartesiana.

A partir de perspectivas teóricas singulares, a preocupação básica dos frankfurtianos orbitava em torno das conseqüências decorrentes da sociedade industrializada, sobretudo visando o estudo das condições concretas do operariado. As

⁶⁸ Representou uma idealização originada em uma semana dedicada aos estudos marxistas, na Turígia, em 1922, da qual participaram Felix Weil, e vários marxistas, como Karl Korsch, Karl Wittfogel, Georg Lukács, Frederich Pollock e outros (FREITAG, 1994).

⁶⁹ Possibilitada por intermédio de Felix Weil, filho de um produtor de trigo alemão, porém, radicado na Argentina, para onde havia emigrado no final do século XIX.

preocupações dos frankfurtianos traduziam as desilusões correntes da maioria dos intelectuais da época, notadamente, com o que chamavam o desaparecimento das forças críticas na sociedade capitalista - o desaparecimento do engajamento político.

Desejosos em preservarem a autonomia e a independência do pensar, os frankfurtianos empenharam-se em analisar o esclarecimento como fator de emancipação humana. No entanto, o conceito de esclarecimento não partilhou de uma concepção homogênea entre os membros da Escola de Frankfurt.

Tendo em vista o propósito dos frankfurtianos em analisarem as possibilidades de esclarecimento e emancipação humanos no contexto da sociedade industrializada, empenharam-se em repensar criticamente as obras clássicas da tradição iluminista, colocando-as em tensão com o mundo contemporâneo. Destacam-se notadamente as obras de Georg Friedrich Hegel (1770-1831) e Emmanuel Kant (1724-1804), como também as teorias sociais de Karl Marx (1818-1883), Max Weber (1864-1920) e Sigmund Freud (1856- 1939) (LEMERT, 2000). Vale salientar que os frankfurtianos também foram influenciados por vários outros pensadores contemporâneos, como Friedrich Nietzsche (1884-1900), William Dilthey (1833-1911), Henri Bérghson (1859-1941), Edmund Husserl (1859-1938) e outros.

Torres (2003) argumenta que o ponto de partida dos frankfurtianos foi o método crítico de Marx de examinar e evidenciar as deficiências da ideologia. No entanto, os frankfurtianos não consideravam o marxismo como uma verdade em si mesma e o determinismo das forças produtivas foi relativizado em relação às condições sócio-culturais (OZMON e CRAVER, 2004). Nesta perspectiva, os frankfurtianos consideravam que outras categorias da totalidade, tais como cultura, psique humana e sociedade eram igualmente tão importantes quanto a economia e a política.

Acerca da relativização do marxismo pelos frankfurtianos, Pucci (1995) menciona especificamente a mudança da realidade social concreta, a saber: a desmobilização do operariado europeu nos anos trinta; a emergência da dominação política do fascismo associado à consolidação do capitalismo monopolista e a stalinização do socialismo na então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, as quais requeriam novas construções teóricas. Nesta linha de entendimento, o empenho dos teóricos críticos deu-se como uma resistência à barbárie, resistência às performances capitalistas, bem como ao autoritarismo stalinista.

Outra categoria desenvolvida pelos frankfurtianos foi a razão emancipatória. A mesma originou-se do conceito de esclarecimento, na acepção utilizada por Kant, a qual

implicava a afirmação da autoconsciência do sujeito. Em Kant (1985), o esclarecimento do sujeito representa a saída do mesmo da sua *menoridade*, compreendida como a incapacidade do sujeito em fazer uso do seu entendimento, sem a direção de outros sujeitos. Para ser *maior*, é imprescindível a decisão, tendo em vista que apenas o entendimento não se faz suficiente.

A articulação entre a dimensão da crítica e da emancipação gerou a caracterização das três fases da Escola de Frankfurt. Na primeira fase, compreendida nas décadas de 20 e 30 do século XX, as dimensões positivas e negativas estavam em tensão. Conforme explana Freitag (2004), nesse período, o anti-semitismo e o movimento nazista encontravam-se em ascensão na Alemanha. Em 1933, por exemplo, o governo nazista considerou que as atividades do Instituto eram hostis ao Estado, logo decreta o seu fechamento e confisca a biblioteca e o prédio. No entanto, desde 1930, Horkheimer havia se tornado diretor do Instituto⁷⁰, e a partir de 1931, havia criado filiais em três cidades europeias. Assim, com a proibição do Instituto em Frankfurt, o mesmo é transferido para Genebra⁷¹. Em 1934, Horkheimer negocia a transferência do Instituto para New York, ficando então sediado na Universidade de Columbia. A partir desta fase, torna-se então Instituto Internacional de Pesquisa Social, porém ainda continua sendo custeado financeiramente como antes e recebendo 50 bolsas de estudo e pesquisa. Foi o período de migração dos membros para os Estados Unidos da América, dentre os quais migraram Benjamin, Block e Marcuse.

Um texto de destaque na primeira fase da Escola de Frankfurt foi o ensaio filosófico de Horkheimer, intitulado *Teoria Tradicional e Teoria Crítica*, publicado em 1937. O mesmo passou a ser um verdadeiro manifesto da mencionada Escola.

Também na primeira fase da Escola de Frankfurt, um dos trabalhos mais significativos foi coordenado em vários países europeus por Horkheimer e Eric Fromm, denominado *Estudos Sobre a Autoridade da Família*. Os autores buscavam uma integração entre o marxismo e o freudismo, e assim, visavam obter informações sobre a estrutura da personalidade da classe operária europeia, a qual, para os frankfurtianos havia perdido a consciência da sua missão histórica, na medida em que se submetiam as formas de dominação e exploração, as quais subvertiam as possibilidades emancipatórias (FREITAG, 2004).

⁷⁰ O primeiro diretor do Instituto foi o historiador vienense e marxólogo Carl Gruenberg, o qual permaneceu no cargo até 1930.

⁷¹ Além de Genebra, Horkheimer criou filiais do Instituto em Londres e Paris.

Ainda nessa primeira fase, Marcuse depositou suas esperanças em uma “nova esquerda”, a qual deveria ser constituída por estudantes e grupos que viviam à margem da sociedade, e não por trabalhadores ou representantes destes. No entendimento de Marcuse, a “nova esquerda”, tendo como pressuposto a natureza humana, possibilitaria a construção da tão sonhada sociedade comunal.

Na segunda fase da Escola de Frankfurt, a qual se inicia na década de 40, indo até meados da década de 50 do século XX, ocorreu o aumento da descrença na razão emancipatória. Deveu-se, principalmente, a prevalescência da razão instrumental na sociedade industrial moderna.

A obra *Dialética do Esclarecimento*, publicada originalmente em 1947 por Adorno e Horkheimer, torna-se o texto de maior referência na segunda fase da Escola de Frankfurt. A idéia básica que trespassa essa obra é que a civilização ocidental moderna estruturou-se a partir de uma dominação do meio ambiente natural. No entanto, a retroação da natureza sobre a esfera humana resultou em um mal estar geral sobre a cultura e, paralelamente, os efeitos perversos da tecnologia. Isso porque a racionalidade científica causou o apagamento de valores, expulsou do exame da razão as questões sociais, as quais fugiam do âmbito da economia e da eficiência dos meios. Tais questões sociais foram jogadas para o campo do irracional e da subjetividade. Como decorrência, opinaram que a organização da esfera cultural incorporava aspectos equivalentes aos encontrados nos processos industriais de produção de mercadorias.

Em se tratando da transferência dos processos de industrialização para o da cultura, um dos conceitos desenvolvidos por Adorno e Horkheimer na obra *Dialética do Esclarecimento* foi o de *indústria cultural* - *A Indústria Cultural: O Esclarecimento Como Mistificação das Massas*. Nesse texto, os autores expressam a preocupação com o controle da percepção dos indivíduos, através dos meios de comunicação.

Para Adorno e Horkheimer (2006), a indústria cultural atesta a instrumentalização da cultura, conferindo a tudo um ar de semelhança e assim, gerando a exclusão da possibilidade de criação do novo através do exercício crítico da razão. A criação pertence a especialistas.

A partir da planificação de produtos e instituições por especialistas, atrofia-se a criatividade de milhares de indivíduos, à medida que lhes bloqueiam discernimentos e direciona o comportamento e suas predileções por determinados bens de consumo padronizados. Nesta perspectiva, automatizam os indivíduos, resultando na alienação das massas e no ofuscamento da razão.

A cultura sempre contribuiu para domar os instintos revolucionários, e não os bárbaros. A cultura industrializada faz algo mais. Ela exercita o indivíduo no preenchimento na condição sob a qual ele está autorizado a levar essa vida inexorável (ADORNO e HORKHEIMER, 2006, p. 126).

Adorno e Horkheimer consideram que o retorno do homem à dominação e à barbárie deve-se, principalmente, ao progresso da civilização associado ao esclarecimento burguês. A partir de Francis Bacon, o saber apóia-se nos ditames da utilidade, da calculabilidade e da previsibilidade. Nesta perspectiva, o saber torna-se então um instrumento para a dominação da natureza e dos homens. Os autores consideraram ainda que no processo de esclarecimento emerge uma concepção estreita e mutilada de razão - a razão instrumental - a qual não consegue levar a humanidade ao esclarecimento. Por isso, a razão mostra-se, então, com um desfecho negativo (ADORNO e HORKHEIMER, 2006).

No entender de Freitag (2004), esse desfecho negativo no pensamento de Adorno e Horkheimer ocorreu como consequência da própria razão. A autora assinala:

/.../ a razão, converte-se na leitura de Horkheimer e Adorno, em uma razão alienada que se desviou do seu objetivo emancipatório original, transformando-se em seu contrário: a razão instrumental, o controle totalitário da natureza e a dominação incondicional dos homens (p. 35).

A única alternativa decorrente da crítica feita por Adorno e Horkheimer à razão instrumental foi proceder com uma dialética negativa do esclarecimento. Concluíram com uma postura irracional diante da visão pessimista que assumiram diante do futuro da razão.

Na obra *Eclipse da Razão*, Horkheimer situa de maneira enfática o papel ocupado pela razão na sociedade moderna. Para Horkheimer os objetivos supremos da vida - justiça, amor, felicidade - somente poderiam se pensados a partir da Razão Objetiva. No entanto, esta razão foi banalizada pela Razão Subjetiva e com o aval da burguesia em busca dos seus ideais. Assinala:

A razão jamais dirigiu verdadeiramente a realidade social, mas hoje está tão completamente expurgada de quaisquer tendências ou preferências específicas que renunciou, por fim, até mesmo à tarefa de julgar as ações e o modo de vida do homem. Entregou-os à sanção suprema dos interesses em conflito aos quais nosso mundo parece estar realmente abandonado (2007, p. 15).

Siebeneichler (2003) opina que a postura de descrença de Adorno e Horkheimer diante dos avanços da razão instrumental não foi menor que o diagnóstico niilista de Nietzsche em relação à sociedade ocidental. Além disso, apesar da crença de Adorno e Horkheimer em relação à felicidade, à emancipação e à liberdade, consideraram que essas já não podiam emergir das tradições iluministas do passado.

Gonçalves (1999) comenta que, semelhantemente ao ponto de vista de Adorno e Horkheimer, tanto para Weber quanto para Marcuse, o intento do homem em dominar a natureza através da ciência e da técnica já incorporava o germe da dominação. Quando o sujeito do conhecimento decide que conhecer é dominar e controlar tanto a natureza quanto os seres humanos, a razão torna-se instrumental. Nesta perspectiva, a ciência deixa de ser uma forma de acesso ao conhecimento e perfila-se como um instrumento de dominação e de exploração.

A terceira fase da Escola de Frankfurt, inicia-se no final da década de 50 do século XX, na qual ocorreu a crescente retomada da articulação entre crítica e emancipação. Esta terceira fase é caracterizada pelo resgate das potencialidades da Razão Emancipatória no âmbito da Teoria Social Crítica. Um dos textos básicos desta fase é a *Teoria da Semicultura*, apresentado por Adorno em 1959. Porém, ao contrário do texto da segunda fase, neste último Adorno admite a possibilidade de superação do caráter opressor da razão.

Na terceira fase, a Escola de Frankfurt passa a funcionar na Alemanha. Em 1948, com o fim da II Guerra e a Alemanha livre do domínio nazista, Horkheimer viaja à Alemanha com o intuito de negociar o retorno do Instituto. Recebendo apoio da municipalidade, a partir de 1950 o Instituto passa a funcionar na antiga sede, em Frankfurt.

5.5 A Razão Comunicativa Como Alternativa ao Predomínio da Razão Instrumental

Pontuamos, na secção anterior, abordagens gerais dos teóricos da Escola de Frankfurt, no tocante à oposição às forças de repressão social decorrentes da sociedade industrial moderna. Nesta secção, contextualizaremos as principais leituras

empreendidas por Habermas acerca da sociedade, as quais resultaram na elaboração da Teoria da Ação Comunicativa⁷².

A Teoria da Ação Comunicativa, fundamentada na razão comunicativa, foi desenvolvida por Habermas sem que o mesmo se preocupasse em aplicá-la em um determinado campo da atividade humana. No entanto, o intento principal de Habermas era desenvolver uma teoria da sociedade, na medida em que denunciava a crise da razão, considerada como tema central da filosofia, como também denunciar a crescente incapacidade do ser humano em objetivar criticamente o mundo em que vivia.

Para a elaboração da Teoria da Ação Comunicativa, Habermas incorporou influências de vários teóricos, tais como Marx, Lukács, Adorno, Horkheimer, etc, sobretudo na racionalização da sociedade moderna, a partir da concepção adotada por Weber. No entanto, essas influências não ficaram imunes à crítica. Após a fase inicial, Habermas abandonou algumas categorias marxistas, como por exemplo, o trabalho, por não considerá-la como um fator direto de emancipação do ser humano.

Habermas (2002a) considera que, com o crescimento da produtividade capitalista, modificaram-se também as atribuições da empresa, visto que, esta última passou a atuar em decisões que anteriormente advinham da esfera social e também assumindo atribuições que, anteriormente eram de competência do Estado.

Para conduzirmos a presente exposição de agora em diante, partimos do seguinte questionamento: Subjacente à racionalidade da ciência e da técnica, estariam os preceitos da dominação e da manipulação? Em um texto intitulado *Técnica e Ciência Como Ideologia*, escrito em 1968⁷³, Habermas faz uma análise crítica da democracia nas sociedades industriais avançadas e teoriza sobre essa questão, notadamente a partir das idéias de Marcuse a quem dedica a obra, principalmente das idéias contidas no texto *O Homem Unidimensional - A Ideologia da Sociedade Industrial*.

Com o avanço do capital, o Estado passou a intervir diretamente na economia, assumindo a função de preservar as relações de produção, porém submetendo-se aos interesses do capital global, como uma forma de conciliar os interesses nacionais, na

⁷² É também o título de uma das obras principais de Habermas, publicada em dois volumes, em 1981. Porém, as teorizações iniciais da *Teoria da Ação Comunicativa* já são encontradas na obra, *Técnica e Ciência Como Ideologia*, originalmente publicada em 1968. Porém, é na obra publicada em 1981, que o autor desenvolve a sua elaboração teórica em maior extensão.

⁷³ As primeiras teorizações de Habermas sobre a razão estão nos textos *Ciência e Técnica Como Ideologia e Conhecimento e Interesse*. Na obra *Teoria do Agir Comunicativo*, encontram-se as teorizações já desenvolvidas.

medida em que procurava compensar as disfunções do sistema capitalista. A este sistema capitalista regulado pelo Estado, Habermas denomina de *capitalismo tardio ou avançado* (HABERMAS, 2002a).

Como decorrência, as sociedades capitalistas adotam o Estado de Bem-estar, visando assegurar segurança social e oportunidade de promoção pessoal a população, ao mesmo tempo em que assegura “*a forma privada de revalorização do capital*” (p.70). No entanto, os cidadãos não participam das decisões, as quais permanecem restritas às esferas especializadas dos tecnocratas, haja vista que os mesmos asseguram o planejamento e funcionamento do Estado.

Com o crescimento da crise do sistema capitalista, mostra-se cada vez mais a interferência na área cultural. Esta passa a operar através de uma lógica do controle externo.

Com o intuito de apresentar alternativas às aporias em relação à razão, notadamente aquelas apresentadas por Adorno e Horkheimer, Habermas desenvolve a *Teoria da Ação Comunicativa*, visando resgatar na razão o seu potencial emancipador, na qual a razão comunicativa se apóia.

A razão comunicativa pode ser considerada como o fio condutor das teorizações habermasianas, a qual corresponde a capacidade dos sujeitos, através da fala argumentativa e sem coações, gerarem acordos entre si. Nesta argumentação, através da utilização da linguagem, as subjetividades iniciais deverão ser superadas em favor das perspectivas dos interesses consensuais.

Tido como um representante da segunda fase da Escola de Frankfurt, Habermas aproximou-se da mencionada Escola durante o período em que foi assistente de Adorno no período de 1954 a 1959, em Frankfurt.

Conforme discute Siebeneichler (2003), Habermas vincula-se à Escola de Frankfurt através do conceito de “crítica dialética”⁷⁴, originalmente elaborado por Hegel e posteriormente desenvolvido por Marx, Lukács, Bloch e Adorno. Através da crítica dialética, Habermas vislumbra a possibilidade de reconciliação do homem consigo e com a natureza, como também uma análise interdisciplinar da sociedade.

⁷⁴ A crítica dialética debruça-se sobre a teoria a ser criticada e, das suas lacunas e contradições, recebem impulsos de pensamento. Nesta perspectiva teórica, as contradições da teoria criticada não significam fragilidades na mesma, apenas que uma problemática ainda não foi resolvida (SIEBENEICHLER, 2003).

Embora Habermas tenha iniciado suas teorizações na mesma trilha de Adorno, vale salientar que, posteriormente, as teorizações habermasianas trazem divergências em relação a alguns conceitos adotados pelos precursores da Escola de Frankfurt, notadamente em relação a algumas proposições de Adorno e Horkheimer. Isso levou-o a partir de algumas aporias da Teoria Crítica, notadamente as conclusões pessimistas dos mesmos em relação à razão. Assim, na acepção tradicional do termo, não podemos considerar Habermas como discípulo da mencionada escola, mas desenvolvendo um pensamento que, ora é de identificação, ora de oposição.

Habermas não se opunha totalmente aos preceitos da racionalidade instrumental, os quais se encontram vigentes no mundo sistêmico, haja vista, considerar que, através das ações desenvolvidas nele, o homem poderá assegurar a manutenção das suas necessidades materiais. Além disso, entende que o mundo sistêmico, assentado na razão instrumental, é uma decorrência do processo de racionalização do mundo moderno. O que Habermas denuncia enfaticamente é o exclusivismo atribuído à racionalidade instrumental no mundo moderno, visto considerá-la uma razão mutilada e atrofiada, a qual incorpora os preceitos do positivismo e das ciências empírico-formais.

A concepção mais ampla de Habermas em relação à razão é um dos pontos que o distancia da Escola de Frankfurt, notadamente em relação ao pensamento de Adorno e Horkheimer. Acerca desta questão, Siebeneichler (2003) menciona que o conceito de razão herdado de Hegel não se compatibiliza com a uma perspectiva unidimensional de razão.

Opondo-se à prevalescência da racionalidade instrumental, a qual pertence ao mundo do saber e do agir técnico, Habermas coloca em jogo os limites desta racionalidade, à medida que resgata algumas das suas potencialidades e propõe o alargamento do conceito de razão, acreditando que a racionalidade técnica não dá conta das diversas perspectivas da realidade humana. Considera que a racionalidade instrumental é um reducionismo do ser humano e a razão deveria incorporar a possibilidade de reconciliação consigo mesma.

A racionalidade orientada para um fim aponta para as condições necessárias a uma intervenção, eficiente do ponto de vista causal, no mundo dos estados de coisas existentes: ao passo que a racionalidade dos processos de entendimento mede-se pelo conjunto de condições de validade exigidas para atos de fala, e por razões para o resgate discursivo dessas pretensões (HABERMAS, 2002c, p. 70).

O padrão de razão com orientação instrumental emerge como padrão prevaiente a partir do século XVII, a qual se apóia na interpretação experimental do saber, percebida como tecnologia. Esse conhecimento é tido como conhecimento exato haja vista seguir as regularidades das leis do mundo natural e social.

Habermas não assume integralmente as teses contidas na *Dialética do Esclarecimento*, denunciando principalmente uma falta de esperança de Adorno e Horkheimer ao criticarem a razão instrumental. Segundo Habermas, Adorno e Horkheimer se fundamentam em uma visão negativa da história, associando a razão ao poder.

O agir pautado na racionalidade instrumental, Habermas denomina *agir instrumental ou estratégico*, enquanto o agir pautado na racionalidade comunicativa, denomina *agir comunicativo*.

O agir comunicativo distingue-se, pois, do estratégico, uma vez que a coordenação bem sucedida de ação não está apoiada na racionalidade teleológica dos planos individuais de ação, mas na força racionalmente motivadora de atos de entendimento, portanto, numa racionalidade que se manifesta nas condições requeridas para um acordo obtido comunicativamente (HABERMAS, 2002c, p. 72).

Na obra *Discurso Filosófico da Modernidade*, o pano de fundo é a possibilidade de um paradigma fundamentado na filosofia da linguagem, com o propósito de não perder de vista a emancipação humana, mediada pelo exercício da razão. Habermas (2002b) admite que a filosofia fundamentada na consciência, a qual é subjetiva, impossibilita a razão de cumprir sua função na modernidade, haja vista que a razão subjetiva é monológica. Lembra que, para Hegel, a modernidade já nasce em sua fase crítica. Como superação, propõe uma filosofia intersubjetiva, fundamentada na análise da linguagem, e que não se centraliza no sujeito, privilegiando assim os interlocutores.

Ainda acreditando nas potencialidades da razão para superar a crise social moderna, Habermas rejeitou desenvolver proposições de verdades universais acerca da natureza humana. No entanto, não se alinhou com os propósitos pós-modernos, conforme discute Lemert (2000).

Com o intuito de explicar a crise da razão no mundo moderno, Habermas traz ao debate a técnica e a ciência, os quais no mundo capitalista transformam-se em força produtiva e incorporam uma nova forma de ideologia. Considera que uma sociedade

está em crise quando a mesma é incapaz de resolver determinados problemas criados por ela mesma, sem que para isso rompa com determinadas estruturas culturais e/ou institucionais. Na obra *A Crise de Legitimação do Capitalismo Tardio*, Habermas faz suas explicações iniciais sobre esse conceito de crise (HABERMAS, 2002a).

Vale salientar que Habermas não permanece apenas no âmbito de criticar os reducionismos aos quais a razão foi submetida. Mas, busca resgatá-la, tendo em vista que para o autor, o idealismo humanista não havia se esgotado e sim o modelo de racionalidade humana, o qual havia sido denominado por Max Weber de racionalidade instrumental.

Acerca do resgate da razão por Habermas, Gutierrez (1994) ressalta que ele se manteve no contexto do método dialético, possibilitando assim revelar transformações do processo social. Com isso, sua teoria não incorpora verdades universais acerca da natureza humana.

A partir da década de setenta do século XX, Habermas distancia-se mais intensamente das pressuposições iniciais dos frankfurtianos e aprofunda o desenvolvimento da *Teoria da Ação Comunicativa*. Nesta, aponta o revigoramento da dialética, como possibilidade para o restabelecimento do potencial libertador da razão humana. Devido ao papel preponderante assumido através da razão na sociedade industrial moderna, Habermas (2006) posiciona-se contra a universalização da ciência e da técnica, ou seja, contra a penetração da racionalidade científico-instrumental em todas as esferas sociais, haja vista entender que em determinadas esferas deveria prevalecer outro tipo de racionalidade.

Habermas também considera que o desenvolvimento científico ao propiciar o crescimento e o aperfeiçoamento das forças produtivas, assegura a manutenção do sistema capitalista, isto é, “institucionaliza-se a inovação enquanto tal”, cumprindo a ciência e a técnica o papel de legitimar a dominação (HABERMAS, 1987).

Uma das pressuposições da *Teoria da Ação Comunicativa* habermasiana é que, historicamente, a razão manifesta-se de forma lingüística, logo, impossível compreender o mundo racionalmente sem a compreensão da própria linguagem. A racionalidade possui duas direções: a razão instrumental, que através de ações estratégicas volta-se para o mundo objetivo; e a razão comunicativa, voltada para a argumentação e o entendimento comunicativo entre os sujeitos. É ponto fundante da Teoria da Ação Comunicativa que essas duas instâncias da razão - razão comunicativa e razão instrumental - deverão ser integradas.

Na Teoria da Ação Comunicativa, Habermas elabora duas categorias complementares entre si e pertinentes a subesfera do conceito de sociedade – *mundo da vida e sistema*, os quais não estão integrados. Ambas as categorias são referências para uma discussão das suas leituras sobre as especificidades nas esferas de reprodução social, e assim, re-elaborar e fundamentar uma teoria da modernidade. Conforme menciona Mühl (2003b), estas categorias representam uma atualização no campo das ciências sociais dos conceitos de trabalho e interação.

O *mundo da vida*⁷⁵ é o lócus da integração comunicativa entre os sujeitos. Abrange o contexto da cultura e das relações pessoais ocorridas cotidianamente entre as pessoas, visando se comunicarem intersubjetivamente através da fala e de se entenderem consensualmente. Logo, as relações são orientadas pelos processos de comunicação linguísticas, visando-se o entendimento entre as pessoas. O mundo da vida incorpora assim os padrões de interpretações transmitidos culturalmente⁷⁶. A racionalidade do mundo da vida ou “*Razão Comunicativa*”, por sua vez, é quem dá sustentação às interações comunicativas, sendo então orientada pelas ações comunicativas. Dessa forma:

O mundo da vida é o lugar transcendental em que o falante e o ouvinte se encontram para projetar reciprocamente a pretensão de suas emissões e no qual podem criticar e exhibir os fundamentos destas pretensões de validade, resolver seus desentendimentos e chegar a um acordo (HABERMAS, 1987, p. 177).

As instâncias que compõem o mundo da vida - as convicções culturais, a sociedade, bem como a estrutura da personalidade - são interdependentes. Essas instâncias representam toda a reprodução social: a reprodução cultural, a integração social e a socialização.

Chamo de cultura ao acervo do saber em que os participantes da comunicação se abastecem de interpretações para entender-

⁷⁵ Em uma perspectiva de criticar a razão, o conceito de *mundo da vida* foi originalmente cunhado por Edmund Husserl (1959-1938), apresentado em uma obra intitulada *A Crise das Ciências Europeias*. No entanto, Habermas (2002c) ao reconstruir esse conceito no mundo linguístico, critica Husserl por apoiá-lo na filosofia da consciência. Nesta discussão assinala que “*Husserl não é capaz de reconhecer que o próprio solo da prática comunicativa cotidiana descansa sobre pressupostos idealizadores*” (p. 88).

⁷⁶ Foi Max Weber quem primeiramente distinguiu as ações racionais regidas por fins, daquelas regidas por valores, as quais ocorriam nas esferas sociais da sociedade moderna.

se sobre algo no mundo. Chamo sociedade aos ordenamentos legítimos através dos quais os participantes da comunicação regulam suas pertencas a grupos sociais, assegurando, com isso, a solidariedade. E por personalidade entendo as competências que tornam um sujeito capaz de falar e de agir, isto é, que o capacitam para participar em processos de entendimento e para afirmar neles sua própria identidade (HABERMAS, 1987, p. 208).

Em relação às possibilidades quanto ao uso da linguagem, citadas anteriormente, (HABERMAS, 2002c) aponta que existem quatro pretensões de validade normatizando o consenso entre os falantes, a saber:

- a) a compreensibilidade do conteúdo transmitido;
- b) a veracidade dos interlocutores;
- c) a veracidade dos conteúdos proposicionais;
- d) a validade das razões pelas quais o locutor pratica o ato lingüístico.

Percebe-se que as duas primeiras proposições citadas podem ser resolvidas no campo da interação e as duas últimas, com a problematização, haja vista que inclui não apenas a troca de informação, mas os falantes buscam argumentos capazes de propiciar sustentação às pretensões de validade. Habermas mostra-se atento ao fato de que, frequentemente, fatores da própria sociedade capitalista incorporam certos dogmatismos que inviabilizam a obtenção do consenso.

O *sistema* contempla predominantemente o contexto pertinente às ações orientadas pelo modelo estratégico-instrumental constituindo ações teleológicas. Habermas (1987) apresenta a elaboração de uma classificação da tipologia das interações humanas.

O *sistema* possui dois subsistemas: o econômico e o político. Logo, as ações ocorridas neste contexto seguem respectivamente, a lógica do dinheiro e do poder, as quais substituíram a linguagem comunicativa. Com isso, a linguagem comunicativa é utilizada como um meio de assegurar a conquista de determinados propósitos, tendo sido substituída pela linguagem estratégica.

O surgimento do sistema ocorreu a partir de uma estrutura já existente - *o mundo da vida* - do qual ainda se mantêm dependente e relativamente vinculado. Ao se diferenciar, ambos representam duas instâncias que se opõem entre si e constituem um complexo sistema dialético.

Habermas considera que, à medida que *o sistema* se torna independente do *mundo da vida* e rompe os vínculos com este, torna-se mais complexo e assim ocorre,

uma inversão da atuação. Ou seja, quando os imperativos do *mundo sistêmico* agregam o *mundo da vida* e passam a predominar sobre as relações ocorridas neste último, ocorre a *colonização do mundo da vida*⁷⁷ pelo *sistema*⁷⁸. Assim, as relações livres e espontâneas ocorridas intersubjetivamente, são substituídas pelas relações determinadas pela lógica do dinheiro e do poder. Por isso, no mundo sistêmico ocorre a separação entre o sujeito e o mundo.

Segundo Habermas, a crise da modernidade foi instaurada a partir do desequilíbrio entre *sistema* e *mundo da vida*. Vale salientar que, nas teorizações de Habermas, a razão comunicativa não é pura espontaneidade individual, tendo em vista que se encontra situada historicamente.

A razão comunicativa não é destituída de corpo, como se fosse espontaneidade de uma subjetividade constitutiva do mundo, em si mesma alheia ao mundo, e também não constrange a história – reivindicada para a automeadiação absoluta de um espírito historicizado – sob uma teologia que se fecha num círculo. Não é mais preciso superar o desnível transcendental entre o mundo inteligível e o mundo dos fenômenos através de uma filosofia da natureza ou da história; este desnível é mitigado através da tensão entre a incondicionalidade de pretensões de validade que explodem e transcendem o contexto, de um lado, e de outro, a facticidade de tomadas de posições através de sim e não, dependentes do contexto, relevantes para a ação, que criam realidades sociais antes de qualquer situação (HABERMAS, 2002c, p. 178 - 179).

Conforme explica Freitag (2004), a razão comunicativa não é subjetiva, apesar de refratar a intersubjetividade e as relações sociais dos envolvidos. Tampouco é inata. Logo, tem pouco em comum com a razão kantiana.

Habermas não despreza a importância da razão instrumental, mas o predomínio da mesma, nas esferas onde deveriam predominar os processos comunicativos. As sociedades sem a existência do sistema seria uma utopia, sendo o mesmo uma consequência do próprio progresso da sociedade. O problema principal é a ausência de diferenciação das subesferas sociais, tendo em vista que a *colonização do mundo da vida* pelo sistema, coisifica e se confunde com o sistema.

⁷⁷ Este conceito foi trabalhado ao longo de toda a obra de Habermas, porém, recebe uma análise mais aprofundada pelo autor na obra intitulada *Teoria da Ação Comunicativa, vol II*.

⁷⁸ A esse predomínio da razão instrumental sobre as relações culturais, Weber entende como uma *armação de ferro* que aprisiona os homens e Marcuse denominou a *unidimensionalização* dos homens.

Habermas identifica na ação comunicativa entre os indivíduos a possibilidade de resistência à *colonização do mundo da vida*, delimitando assim a esfera de atuação da razão instrumental. Decorrente desta possibilidade o autor considera que a racionalidade comunicativa incorpora um telos emancipador. No entendimento de Freitag (2004) esse momento representa uma reconciliação entre duas atuações distintas da razão, a qual somente foi possível porque Habermas superou as formulações pessimistas de Adorno e Horkheimer acerca da razão.

Freitag (2004) discute que Habermas, acompanha o raciocínio de Marx e valoriza a racionalidade do sistema de reprodução material existente nas modernas sociedades de massa. Semelhantemente a Marx, Habermas também admite que a reprodução dos bens destinados a suprir as necessidades dos homens ainda não encontrou formas racionais de distribuição. Porém Habermas discorda de Marx no sentido de que as condições sociais alteradas revolucionariamente seria a única saída possível.

5.6 Esclarecimento e Emancipação na Perspectiva da Teoria Social Crítica

Preocupações com a emancipação orientaram as teorizações de Marx, Adorno, Horkheimer e dos demais frankfurtianos. A emancipação tem assumido contornos mais definidos nos trabalhos de Habermas, no sentido de empreender uma teoria crítica da sociedade.

Diante das perversidades ocorridas na contemporaneidade, presenciamos que a sociedade está cada vez mais administrada pela racionalidade instrumental, tal como vem nos lembrando Adorno e Horkheimer desde a década de trinta do século XX. Assim, a possibilidade de trilharmos ao encontro da emancipação através do exercício da razão, chega a parecer-nos cada vez mais utópica.

Habermas faz uma leitura negativa das afirmações acerca da impossibilidade da razão prestar-se para propiciar a emancipação da humanidade. Suas críticas depreendem-se principalmente às leituras de Horkheimer e Adorno, notadamente a tese negativista da regressão da razão a um novo mito.

Na obra *Dialética do Esclarecimento*, apresentada em 1947, Adorno e Horkheimer vincularam a estratificação devastadora da sociedade com a destruição da possibilidade de emancipação dos sujeitos, diante das perversas formas de opressão que se mostravam. Segundo os autores, o esclarecimento apóia-se no pressuposto de que existe uma relação dialética entre pensamento, esclarecimento e mito. Também admitem

a existência de um entrelaçamento entre racionalidade e realidade social. Por isso consideraram que através do esclarecimento racional, a humanidade procurava emancipar-se dos receios em relação ao mito e à dominação. No entanto, acaba recaindo no mito e na barbárie.

O esclarecimento habermasiano encontra-se inserido no projeto inacabado de modernidade, o qual necessita ser reconstruído, caso se acredite que o esclarecimento poderá propiciar a emancipação dos sujeitos na sociedade. Faz-se então necessário aclarar-se também o que é o esclarecimento na modernidade. Acerca deste, Siebeneichler (2003) assinala:

/.../ o esclarecimento não se apresenta no interior da história da modernidade apenas como uma ilustração intelectual que ensina terem os homens naturalmente os mesmos direitos, a mesma obrigação de fazer uso de sua razão individual sem limites e de chegar a uma decisão ética inteiramente livre, mas também como um movimento histórico, um processo de emancipação que tem por alvo modificar a estrutura da consciência e das instituições econômicas, jurídicas, da arte, da religião, dos costumes (p. 12).

Com o intento de reconstruir o projeto inacabado de modernidade, Habermas apoia-se não mais na *razão pura*, mas na *razão comunicativa*, a qual se apóia em uma *práxis social*. Devido a essa perspectiva, o esclarecimento passa a ser percebido como o processo de argumentação que tende a empreender uma mediação entre a razão e a esfera do poder e da dominação. Assim o esclarecimento volta-se para a possibilidade do homem guiar-se pela razão comunicativa, assegurando assim a possibilidade do saber teórico vincular-se a práxis livre e emancipada. Ao encontro desta possibilidade Habermas (1993) assinala:

Emancipação tem a ver com libertação em relação a parcialidades que derivam, de certa forma de nossa responsabilidade /.../ A emancipação é um tipo especial de auto-experiência porque nela os processos de auto-entendimento se entrecruzam com um ganho de autonomia (p. 99).

Percebe-se na menção acima que, no contexto da Teoria da Ação Comunicativa, o conceito de emancipação é distinto de liberdade ofertada. A emancipação requer a participação ativa do sujeito. Neste sentido, determinados ambientes, como a escola, por exemplo, poderão contribuir para a busca da mesma pelo sujeito, porém, nunca ser a responsável pela sua entrega.

Para Habermas, um dos impedimentos ao esclarecimento humano é decorrente da *colonização do mundo da vida* pelas instâncias pertencentes ao *sistema*. Esse processo desencadeia-se à medida que no *mundo da vida* ocorre a penetração da cultura dos especialistas, provocando a desintegração da cultura dos indivíduos. Neste processo comunicativo, a argumentação dos especialistas vai ficando sofisticada e a comunicação entre os não especialistas, sendo dificultada devido a uma compreensão fragmentada ou mesmo uma incompreensão da comunicação dos especialistas.

Diante da impotência do cidadão em compreender integralmente os processos comunicativos advindos da comunicação dos especialistas, forma-se a consciência fragmentada desses processos comunicativos. Segundo Habermas, modernamente a falsa consciência é utilizada como manipulação ideológica dos indivíduos. A citação abaixo parece bastante explicativa para o presente contexto. Assinala:

No lugar da falsa consciência, hoje aparece a consciência fragmentada, que impede o esclarecimento a respeito do mecanismo da reificação. As condições para uma *colonização do mundo da vida* são conseqüentemente preenchidas: logo que é despido do seu véu ideológico, o imperativo de subsistemas independentes pressiona, a partir do exterior, o mundo da vida e compele à assimilação, como senhores coloniais numa sociedade tribal (HABERMAS, 1987, p.114).

Evidencia-se então que, na concepção habermasiana, a comunicação entre os sujeitos configura-se como um *telos emancipador*, haja vista que mantém o poder transformador da razão. Como falantes, os sujeitos estabelecem um entendimento racional entre si e, usando a linguagem de forma pragmática, constituem as estruturas do mundo da vida.

No próximo capítulo, explanaremos sobre algumas contribuições da Teoria Social Crítica para as teorizações educacionais, notadamente, no tocante à busca de autonomia pelos sujeitos.

Referências

- ADORNO, T.; HORKHEIMER, M. **Dialética do esclarecimento**. Rio de Janeiro, RJ: Jorge Zahar Editor, 2006.
- BACON, F. **Novum organum**. 2 ed, São Paulo, SP: Abril Cultural, 1979 (Coleção os Pensadores).
- BOTO, C. **A escola do homem novo**. São Paulo: Editora UNESP, 1996.
- DESCARTES, R. **Discurso sobre o método**. São Paulo, SP: Edipro, 1996.
- FREITAG, B. **A teoria crítica: ontem e hoje**. 5 ed. São Paulo, SP: Editora Brasiliense, 2004.
- GONÇALVES, M. A. S. Teoria da ação-comunicativa de Habermas: possibilidades de uma ação educativa de cunho interdisciplinar na escola. **Educação e Sociedade**, v. 20, n. 6, 1999.
- GUTIERREZ, L. **Habermas e a administração. Contribuição da teoria da ação comunicativa para o estudo da gestão do trabalho**. 1994, Tese (Livre Docência) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Marília.
- HABERMAS, J. **Teoria de la accion comunicativa**. v II. Madrid: Taurus, 1987.
- _____ **Passado como futuro**. Rio de Janeiro, RJ: Tempo Brasileiro, 1993.
- _____ **A crise de legitimação do capitalismo tardio**. 2 ed. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2002a.
- _____ **O discurso filosófico da modernidade**. São Paulo: Martins Fontes, 2002b.
- _____ **Pensamento pós-metafísico. Estudos filosóficos**. 2 ed. Rio de Janeiro, RJ: Tempo Brasileiro, 2002c.
- _____ **Técnica e ciência como “ideologia”**. Lisboa: Edições 70, 2006.

- HORKHEIMER, M. **Eclipse da razão**. 7 ed. São Paulo, SP: Editora Centauro, 2007.
- KANT, I. **Textos seletos**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1985.
- LEMERT, C. **Pós-modernismo não é o que você pensa**. São Paulo, SP: Edições Loyola, 2000.
- MATOS, O. C. F. **A escola de Frankfurt. Luzes e sombras do iluminismo**. São Paulo: Editora Moderna, 1993.
- MUHL, E. H. **Habermas. Ação pedagógica como agir comunicativo**. Passo Fundo, RS, Editora UPF, 2003a.
- _____ Educação e emancipação: construção e validação consensual do conhecimento pedagógico. In: FÁVERO, A.; MUHL, E, H. (Orgs.). **Filosofia, educação e sociedade**. Passo Fundo, RS: UPF, 2003b, p. 61-72.
- OLIVEIRA, M. A. **A filosofia na crise da modernidade**. 3 ed. São Paulo, SP: Edições Loyola, 2001.
- OZMON, H. H.; CRAVER, S. M. **Fundamentos filosóficos da educação**. 6 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004.
- PUCCI, B. Teoria Crítica e Educação. In: PUCCI, B. (Org.). **Teoria crítica e educação. A questão da formação cultural na escola de Frankfurt**. 2 ed. São Carlos, SP: Editora da UFSCar, Petrópolis, RJ: Vozes Editora, 1995, p. 11-48.
- SIEBENEICHLER, F. B. **Jurgen Habermas: razão comunicativa e emancipação**. 4 ed. Rio de Janeiro, RJ: Tempo Brasileiro, 2003.
- TORRES, C. A. Teoria Crítica e Sociologia Política da Educação. In: ____ (Org.). **Teoria crítica e sociologia política da educação**. São Paulo, SP: Editora Cortez, 2003, p. (103-144).

CAPÍTULO 6

Teorias Educacionais Críticas: Correlacionando Posturas Emancipatórias e a Atual

Perspectiva da Formação de Professores de Física no Brasil

CAPÍTULO 6

Teorias Educacionais Críticas: Correlacionando Posturas Emancipatórias e a Atual Perspectiva da Formação de Professores de Física no Brasil

No presente capítulo abordaremos algumas das principais influências da Teoria Crítica na educação, constituindo assim as Teorias Educacionais Críticas.

Inicialmente, situaremos diversas vertentes das teorias educacionais críticas, evidenciando que incorporam uma multiplicidade de idéias e que emergiram a partir de distintos movimentos de resistência.

Particularizando as influências das Teorias Críticas na educação, inicialmente explanaremos sobre as influências da Teoria da Ação

Comunicativa na educação. Em seguida, explanaremos acerca da Educação Problematizadora Freireana, situando alguns dos seus pressupostos básicos. Em seguida, explanaremos também sobre a Pedagogia Radical de Henry Giroux e a sua passagem para os estudos culturais.

Ao final do capítulo, situamos o contexto legal da formação de professores no Brasil, notadamente professores de física.

6.1 Situando a Gênese das Teorizações Educacionais Críticas

Diante da crise e das debilidades atribuídas à modernidade, a contemporaneidade é marcada por uma diversidade de posturas educacionais, muitas das quais colocam em cheque a possibilidade de emancipação humana. Em meio a essa conjuntura de incertezas, a educação não se mostra, necessariamente, como um fator de emancipação, mas, como um instrumento de instalação da barbárie (MAAR, 2006).

Situando a educação no contexto da crise da razão moderna, Muhl (2003a) aponta como sendo paradoxais algumas alternativas surgidas como solução à crise da educação. Trata-se, segundo o autor, das soluções inspiradas no neopositivismo, neoconservadorismo e no pós-modernismo, as quais têm recebido bastante adesão dos pensadores contemporâneos, alegando estes perseguirem a flexibilidade intelectual.

Diante do contexto de incertezas no qual se encontra alocada a educação na contemporaneidade, vários teóricos educacionais têm empreendido críticas as perspectivas formativas que se fundamentam em teorias que defendem o desmantelamento da razão. Alguns destes teóricos tem (re)visitado as teorias sociais críticas e sinalizam com alternativas que propiciam um enfrentamento aos paradoxos que inviabilizam a perspectiva emancipatória da educação. Com o intento de discorreremos acerca de algumas destas teorizações, situamos algumas perspectivas que constituem a teoria educacional crítica.

A valorização do potencial crítico da educação é o propósito comum dos teóricos e seguidores da teoria educacional crítica, os quais focam a educação na totalidade do ser humano, ao invés de centrarem-se apenas na formação técnica dos estudantes, por exemplo. Para os teóricos críticos, a formação do ser humano é entendida como uma questão existencial e não meramente técnica, visando apenas resultados pontuais. Nas palavras de Prestes (1995):

A meta da Teoria Crítica indica que à educação compete a vinculação a um projeto emancipatório. Nesse sentido, emerge do interior de seu próprio papel – construir o homem autônomo moral e racionalmente – o vínculo com as projeções de uma nova sociedade, sem ingenuidade e voluntarismo (p.100).

Conforme destaca Silva (1995) a teoria educacional crítica tem sido desenvolvida por um vasto grupo de teóricos, desde os pioneiros como Basil Bernstein, Paulo Freire, Louis Althusser, Pierre Bourdieu, citando apenas alguns e por outros contemporâneos, como Michael Apple, Henry Giroux, Peter McLaren, Thomas Popkewitz dentre outros. Silva (op. cit.) destaca ainda que esses teóricos empreenderam novas formas de pensar, através de novos conceitos e metáforas, como currículo oculto, educação bancária, reprodução cultural, capital cultural, aparelhos ideológicos de estado, os quais possibilitaram novas formas de pensar a educação.

Apesar dos autores anteriormente citados assumirem uma filiação educacional crítica, incorporam contribuições nem sempre compatíveis entre si. Às vezes, os fundamentos dessas contribuições encontram-se permeadas por divergências e incompatibilidades.

As chamadas *teorias educacionais críticas* tiveram seus desenvolvimentos a mais de 40 anos em diversos países. Em termos gerais, as perspectivas educacionais críticas são aquelas que analisam os processos educativos no quadro de uma perspectiva crítica.

Os anos sessenta do século XX foram marcados por uma série de movimentos sócio-culturais, os quais ocorreram em distintos locais do mundo. Podemos citar, por exemplo, os protestos estudantis desenvolvidos em vários locais da Europa, sobretudo na França e na Alemanha; movimentos de libertação de várias colônias européias, o movimento contracultura; o movimento feminista; a resistência à ditadura militar no Brasil, como também em outros países da América Latina; protestos contra a Guerra do Vietnã e outros.

Juntamente com os movimentos acima apontados, através dos quais tentavam reverter à ordem estabelecida em diversos campos, a partir do final dos anos sessenta, também emergiu a tendência educacional crítica, a qual colocava em suspeição o pensamento e toda a estrutura educacional tradicional, notadamente a estrutura curricular. Teorizações críticas acerca do currículo viriam a efetuar uma completa inversão nos fundamentos das teorias educacionais tradicionais, porque a preocupação básica dos estudos curriculares críticos gravita em torno de uma compreensão daquilo que o currículo faz e não em torno de técnicas de como fazer o currículo, visando assim o ajuste e a adaptação dos estudantes às regras definidas por outros (SILVA, 2004a).

Mesmo tendo sido os estudos curriculares críticos um movimento originado em distintos países, Silva (op. cit.) considera natural que, aqueles que tentam revisar esses movimentos, reivindicuem a sua procedência para os movimentos originados em seus respectivos países. Nesta perspectiva, o autor considera que na literatura educacional estadunidense, a renovação teórica sobre o currículo mostra-se como sendo originada a partir do campo dos estudos educacionais. A literatura inglesa, por sua vez, tende a atribuir a “nova sociologia da educação”, como sendo a gênese dos estudos curriculares críticos. Se essa revisão for brasileira, enfatiza-se a importância de Paulo Freire. Se for uma revisão francesa, não deixarão de creditar a origem dos movimentos educacionais críticos originados não no campo da educação ou da pedagogia, mas na sociologia crítica, destacando-se, como por exemplo, as teorizações de Bourdieu e Passeron, como também de Baudelot e Estrabet, e ainda aos estudos da filosofia marxista desenvolvido por Althusser.

Silva (op. cit.) opina que uma “análise equilibrada” do movimento de renovação da teoria educacional não é prioridade de um único país, mas depende da contribuição de todas as teorizações, as quais foram elaboradas em distintos contextos.

O movimento em busca de uma perspectiva crítica para o currículo a partir dos anos sessenta do século XX, propiciou uma alternativa teórica que representou uma inversão radical nos fundamentos das teorias educacionais tradicionais, então estabelecidas. Façamos então uma breve revisão.

No final do século XIX e início do século XX, os valores e costumes da classe média estadunidense - protestante, branca e habitando em pequenas cidades - estavam em risco pela conduta dos imigrantes de outros países. Os valores da classe média estadunidense também incompatibilizavam-se com o estilo de vida dos habitantes do meio rural, os quais haviam migrado para as zonas urbanas. Neste contexto,

necessitavam preparar mão de obra para o trabalho fabril, repetitivo, em larga escala e ordenado. Além disso, necessitavam também adequar os hábitos das crianças a um novo estilo de sociedade, no sentido de assegurar a normalidade da mesma. Assim, a escola foi escolhida como um meio para adequar as crianças dos imigrantes a um novo comportamento, necessários a manutenção da normalidade da sociedade (SILVA e MOREIRA, 1994).

Tendo em vista ter sido dispensado à escola um papel de relevo no sentido de normatizar o comportamento de crianças, o currículo torna-se um instrumento por excelência para o controle e a eficiência social. Assim deveria fundamentar-se em condutas adequadas para as crianças, visando também ajustá-las as necessidades econômicas, ditadas agora pelo capital industrial. Por isso tornou-se indispensável organizar o currículo a partir de princípios da racionalidade e da eficiência.

Conforme discutido por Silva (2004a), estudos sistemáticos que configurariam a gênese dos estudos curriculares surgem a partir da segunda década do século XX, nos Estados Unidos da América. Estes estudos ocorreram em conexão não somente com a os movimentos migratórios, mas também com a expansão da industrialização, os quais requeriam a massificação da escolarização. O comportamento de pessoas de origem camponesa, acostumadas ao trabalho artesanal, não era adequado ao trabalho repetitivo e ordenado das linhas de produção das indústrias. Diante desta perspectiva social, pessoas vinculadas à administração escolar deram novos impulsos ao estudo dos currículos. Essa tendência encontra influência maior no livro de Franklin Bobbitt – *The Curriculum* – publicado em 1918, o qual representou um marco dos estudos curriculares enquanto campo constituído. Bobbitt inspira-se no modelo da administração científica de Taylor e desenvolve um currículo inspirando-se em uma linha de produção fabril. Neste, os objetivos, procedimentos e métodos necessitavam de precisão com o intento dos resultados educacionais serem controlados.

Reportando-se aos estudos curriculares no contexto estadunidense do século XX e situando o mesmo em uma perspectiva de controle social, Apple (2006) menciona que esta perspectiva não se desenvolveu apenas a partir de influências do campo da sociologia. Ressalta o autor que o controle social através do currículo, desenvolvido Bobbitt e outros, foi também por questões ideológicas, tendo em vista terem sido fortemente influenciados não apenas pelos ideais da administração científica, mas, também por especialistas em mensuração social. Apple acrescenta também que se pautaram em convicções que consideravam o movimento eugênico, tão popular na

época, como sendo uma perspectiva social progressista. Em síntese, as intenções de mecanismo de controle social, incorporadas aos estudos curriculares no final do século XIX e início do século XX no contexto estadunidense, fizeram parte do *currículo oculto*⁷⁹.

Outro marco para as inspirações dos estudos curriculares estadunidenses, na primeira metade do século XX, foi o livro de Ralph Tyler, publicado em 1949. Nesta obra, Tyler aprofunda a tônica dos estudos curriculares que haviam sido iniciados por Bobbit (SILVA e MOREIRA, 1994).

Também rejeitando as pressuposições técnicas curriculares consolidadas no modelo curricular de Tyler, configuram-se os escritos de James McDonald e Swayne Huebner. Forte oposição à concepção curricular de Ralph Tyler e Bobbit também foi empreendida por um movimento liderado por William Pinar, o qual resultaria na I Conferência Sobre Currículo, ocorrida em 1973, na universidade de Rochester, New York (SILVA e MOREIRA, 1994).

A partir da conferência anteriormente citada, surgem duas tendências associada aos estudos curriculares. A primeira desenvolvida na Universidade de Wisconsin e Columbia, fundamentada no neomaxismo e na teoria crítica. Dois adeptos dessa primeira tendência, os quais são bastante conhecidos no Brasil são Michael Apple e Henry Giroux. A segunda tendência foi desenvolvida na Universidade de Ohio, associada à tradição humanística e hermenêutica. Esta segunda tendência teve grande participação de William Pinar (SILVA e MOREIRA, 1994).

6.2 A Teoria da Ação Comunicativa e a Educação

Na perspectiva da teoria educacional crítica, as teorizações de Habermas contidas na Teoria da Ação Comunicativa têm apontado percursos possíveis no intuito de favorecer a compreensão de algumas desesperanças de cunho educacional. Conforme salienta Hermann (1999), embora a preocupação teórica de Habermas não tenha contemplado especificidades do contexto educacional propriamente dito, as suas teorizações incitam a educação. A ocorrência dessa possibilidade dá-se devido a sua tentativa de reconstruir a racionalidade instrumental, bem como devido ao estreito vínculo entre teoria social, normatividade, modernidade e educação. Nessa perspectiva, o pensamento habermasiano apresenta-se como uma possibilidade de superação da

⁷⁹ Segundo Apple (2006) essa é uma expressão utilizada por Philip Jackson e outros para se reportarem as intenções que, embora não diretamente explícitas, fazem parte dos currículos.

racionalidade instrumental na educação, bem como a possibilidade de superação da perda de bases legitimadoras que permeiam algumas vertentes de pensamento na contemporaneidade. Nas palavras de Bannel (2009):

Talvez o maior desafio do pensamento habermasiano para a educação, hoje em dia, seja o de compreender o processo educativo como a formação simultânea do indivíduo como um indivíduo insubstituível, com sua identidade pessoa e projeto da vida, também como um membro de um grupo social e cultural qualquer, com sua identidade cultura, étnica, racial, etc (p. 52).

Hermann (1999) alerta que, para a recepção de uma obra filosófica no campo educacional, tal como o legado habermasiano, faz-se necessário compreender as circunstâncias relativas à fundamentação da educação, haja vista que não se trata de uma prescrição metodológica ou didática.

A escola, enquanto pertencente ao *mundo da vida*, logo, permeável aos seus condicionantes. Assim, a escola sofre as influências do *sistema*, tais como a normatização dos objetivos educacionais; a burocratização da própria organização escolar, a qual centraliza as decisões construídas hierarquicamente; a imposição de conteúdos a serem cumpridos pelos professores e estudantes e vários outros, sem que a escolha desses conteúdos incorpore necessidades do contexto. A atual perspectiva educacional, a qual sob as influências dos interesses da economia e da propriedade individual prioriza a formação com finalidades para a produtividade econômica, como também visando finalidades utilitaristas, evidencia o predomínio do *sistema* em decisões ocorridas no *mundo da vida*. Assim, os determinantes do *sistema* suplantam a instauração de possibilidades que seriam decididas comunicativamente.

Procedendo com uma análise habermasiana acerca dessa perspectiva educacional pontuada anteriormente, Fávero (2003) identifica como sendo uma *colonização do mundo da vida*. Nesta conjuntura, a educação não visa à transformação social, mas, presta-se como um instrumento de dominação e de ajustamento. Acerca dessa perspectiva, Fávero (op cit) assinala:

Assim, pensar a educação numa perspectiva habermasiana implica em reacoplá-la ao Mundo da Vida e transformar a escola num espaço público onde são apropriadas as conquistas sócio-culturais da humanidade de modo crítico e criativo a fim de contribuir para formação de uma visão global e concreta da realidade, podendo, assim, identificar as patologias e redirecionar o agir social (p. 30-31).

Devido à possibilidade de *descolonização do mundo da vida*, possibilidade esta admitida no próprio contexto da teoria habermasiana, a escola também poderá reagir às imposições do *sistema* e alicerçar uma educação pautada no *agir comunicativo*. Isso porque, apesar da *colonização do mundo da vida* pelo *sistema*, aquele não fica apagado. Há espaços para reversão. Mas, em se tratando de reações a ocorrem no contexto escolar, certamente já se configura a pergunta: Quais as possibilidades e atitudes a serem seguidas com o intuito de desencadear a *descolonização do mundo da vida*, a partir do contexto escolar?

No entendimento de Carr (1996), em uma perspectiva educacional pautada no agir comunicativo, um dos principais objetivos é propiciar a autonomia racional aos educadores, no intuito de, coletivamente construir sua compreensão de mundo e, principalmente, as suas práticas pedagógicas.

Na perspectiva do agir comunicativo, os integrantes do contexto educacional deverão agir comunicativamente, elaborando vínculos de cooperação entre si. Segundo Muhl (2003b), compreender a reconstrução que Habermas desenvolve no tocante as relações entre a teoria e a prática é condição fundamental para perceber a contribuição habermasiana no tocante a um novo paradigma educacional.

Muhl (op. cit.) discute que uma prática pedagógica participativa subjaz ao conceito de práxis comunicativa, a qual requer o professor comprometido com uma prática pedagógica participativa e cooperativa com os demais participantes do contexto. Nessa perspectiva, o fazer pedagógico do professor deixa de ser um agir instrumental, ou seja, deixa de ser um agir visando um determinado propósito delineado em circunstâncias alheias ao contexto educacional imediato.

Mühl (2003a) opina que uma prática pedagógica participativa emerge da práxis comunicativa, tendo em vista que tal prática não mais é um agir instrumental, mas um processo cooperativo entre os envolvidos na construção do conhecimento. Neste sentido, uma prática escolar que se fundamenta em uma perspectiva habermasiana deverá estar articulada com o *mundo da vida*.

Sobre a potencialidade da ação comunicativa na formação dos professores, Mühl (2003b) assinala:

O que caracteriza uma educação crítico-comunicativa é sua preocupação com a emancipação dos professores de suas crenças irracionais e de suas idéias unilaterais herdadas das patologias provenientes de uma comunicação sistematicamente

distorcida, que se manifesta no seu mundo de vida, bem como das ideologias predominantes em seu contexto social /.../ (p. 321).

Além de planejamentos pedagógicos mais amplos, no espaço das salas de aula o professor também poderá desencadear ações viabilizando a descolonização do *mundo da vida*. Por exemplo, privilegiando as manifestações individuais dos sujeitos sobre leituras e interpretações de determinados textos e a manifestação deles. Em seguida, os sujeitos deverão ser convocados a interagir com o outro, podendo-se formar um consenso sobre um determinado objeto. Esse consenso não é mais individual, mas emerge da multiplicidade de vozes que interagem comunicativamente.

Vale aqui salientar que o professor que, em qualquer nível de ensino, optar por arriscar-se a conduzir suas atividades fundamentadas nas pressuposições do *agir comunicativo*, certamente encontrará uma série de obstáculos e impedimentos as suas ações. Como exemplo, as próprias estruturas curriculares, a estrutura administrativa das instituições escolares, a opção de outros por determinadas práticas e metodologias. Sem falar que muitas das imposições do mundo sistêmico encontram-se normatizadas.

Na atual conjuntura em que se encontra o contexto educacional brasileiro, que em nosso entender, fortemente influenciado pelos preceitos neoliberais, em que medida seria possível alternativa ao mesmo, notadamente em se tratando da formação de professores? É na perspectiva de apresentar alternativas racionais para a educação, que mencionamos alguns teóricos educacionais críticos. Essa postura traz resultados diferentes daqueles ambientes em que se privilegiam posturas *sistêmicas*.

6.3 A Educação Problematizadora Freireana

Outra contribuição à teoria educacional crítica tem sido dada a partir das teorizações de Paulo Freire (1921-1996), cujo lócus inicial da construção da sua práxis político-pedagógica ocorreu no Brasil e na América Latina, a partir da década de quarenta, do século XX.

No Brasil, Paulo Freire inicia suas teorizações em escolas formais e em movimentos populares na cidade do Recife e em seus entornos, principalmente no âmbito das Comunidades Eclesiais de Base (CEBs), sob a liderança de Dom Hélder Câmara, então bispo da cidade do Recife. Ainda no Brasil, as experiências de Freire foram ampliadas para o estado do Rio Grande do Norte, notadamente no município de Angicos, onde desenvolveu projetos de alfabetização com adultos camponeses.

Nas décadas seguintes, a construção da práxis freireana é respectivamente construída e difundida no Brasil⁸⁰ e na América Latina. Na década de setenta do século XX, a práxis freireana chega a países da África, Europa e América do Norte.

A disseminação do pensamento de Freire teve como núcleo irradiador a obra *Pedagogia do Oprimido*⁸¹, escrito no início dos anos sessenta, no qual acumulava reflexões de experiências ocorridas anteriormente, tanto no contexto brasileiro, quanto no chileno.

Em se tratando de um contexto mais amplo, no qual se inseria o lócus das teorizações freireanas, lembremos, que a partir dos anos 50 para os anos 60 do século XX, a sociedade brasileira estava em transição para a chamada modernização das forças produtivas. Esta ocorria basicamente em torno das disputas de dois setores: o tradicional setor agro-comercial e o emergente setor industrial-urbano, ao qual se aliavam frações significativas da classe dirigente, defendendo a formação de uma consciência nacional.

Freire também defende a necessidade de formação de uma nova consciência, mas uma consciência crítica das massas oprimidas acerca dos processos políticos. E essa possibilidade de consciência crítica requer a intermediação político-pedagógica do diálogo, desvelando assim um processo educativo que alertaria os oprimidos para a *emancipação* da condição de opressão que estão submetidos.

Freire (1998) refere-se às condições de exclusão da vida social que estão submetidas as minorias como *situações-limites*, as quais são conseqüentes da realidade objetiva que provocam necessidades nos sujeitos. No entanto, as *situações-limites* não deverão ser tomadas como se fossem barreiras intransponíveis, como se, além das mesmas nada existisse.

Como seres inconclusos, e no exercício da vocação ontológica humana, homens e mulheres deverão buscar superação dos obstáculos que constituem as condições de exclusão. Porém, segundo Freire, a percepção dessas *situações-limites* são entendidas distintamente pelos envolvidos no contexto. Por isso as intenções de enfrentamento, também o são - alguns já aceitam tais situações como condição natural; outros acreditam poderem rompê-las e se empenham na sua superação, etc. Neste

⁸⁰ Com o golpe militar ocorrido no Brasil em 1964, o trabalho de Freire no Brasil foi bruscamente interrompido, tendo em vista que o mesmo foi considerado subversivo para o Estado. Inicialmente, exilou-se no Chile e somente retornando ao Brasil com a concessão da anistia política, em 1979.

⁸¹ *Pedagogia do Oprimido* faz parte de uma tríade que se inicia com *Educação e Atualidade Brasileira* e *Educação Como Prática da Liberdade*.

contexto, é imprescindível que os homens se percebam como o obstáculo para a própria libertação e esta não existe fora da relação homem-mundo.

Para a superação das *situações-limites*, Freire propõe o *inédito viável*, o qual é representado pelo sentimento de necessidade de superação das *situações-limites* (FREIRE, 2001).

Para Freire (2001) o refletir e o agir dos sujeitos comprometidos com o mundo a ser humanizado, com o mundo a ser transformado terão que estar associados ao diálogo. O diálogo torna-se, assim, uma exigência existencial.

Na perspectiva freireana, a realização do pensamento tanto em nível pedagógico, quanto organizacional são mediados pela história. A partir desta pressuposição, poder, política e educação se interpenetram e constituem uma unidade indissolúvel, requerendo que a prática educativa dos educadores seja pautada na clareza política⁸² em relação as suas metas, conforme ressalta Torres (2003). Logo, educação é um ato político associado à emancipação, à cidadania, à democracia, etc.

Apesar do profundo reconhecimento de que a educação é um ato político, e que a política é um ato educativo, Freire (1993) mostra-se convicto de que se faz necessário que os educadores tenham clareza acerca dessas possibilidades. Os educadores propalarem acerca da relação existente entre política e educação, não é suficiente. É necessário que os educadores assumam a política em sua prática educativa, possibilitando que, através dessa junção, o conhecimento seja percebido como um ato de conhecer político.

A insistente defesa de Freire no tocante a educação como ato político mostra-se de encontro dos ideais educacionais emergentes nas últimas décadas no contexto educacional brasileiro, bem como em outros países latinos. Conforme pontuamos no primeiro capítulo e em seções seguintes, são as marcas dos ideais neoliberais no contexto educacional. A menção de Gentili (2007) contextualiza bem essa proposição:

Em outras palavras, o neoliberalismo precisa - em primeiro lugar, ainda que não unicamente - despolitizar a educação, dando-lhe um novo significado como mercadoria para garantir, assim, o triunfo de suas estratégias mercantilizantes e o necessário consenso em torno delas (p. 244-245).

A conquista através do diálogo é, segundo Freire (2001), a conquista dos sujeitos dialógicos, a qual não é a conquista de um pelos outros, mas, a conquista dos

⁸² No entendimento de McLaren (1999a), Freire foi um dos primeiros pensadores da educação que atentou integralmente para a relação entre política, imperialismo e libertação.

próprios homens pela libertação do mundo. É nessa perspectiva que Freire (op. cit.) enfatiza: *!...! ninguém educa ninguém e ninguém se educa sozinho. Os homens se educam juntos na transformação do mundo* (p. 43).

A partir da perspectiva acima, para Freire (1983), a construção pedagógica de um sujeito emancipado perpassa pelo diálogo, o qual possibilitará a problematização do conhecimento em sua relação com a realidade social. A compreensão do sentido de libertação e emancipação dos sujeitos será maior tanto quanto maior for a abertura entre educador-educando para o diálogo.

Ao propor uma educação libertadora e emancipatória, Freire (2001) levanta-se contra uma educação bancária que se fundamenta na repetição pelo educador e na memorização pelo educando. Nesta perspectiva, a educação bancária é entendida como a manifestação instrumental da ideologia da opressão.

McLaren (1999) opina que, frequentemente, a pedagogia freireana é equivocadamente percebida como sinônimo de método de alfabetização global destinadas a professores alfabetizadores de adultos. Opondo-se a essa concepção, McLaren (op. cit.) reporta-se a Taylor para quem a notabilidade da pedagogia freireana não está restrita à metodologia de alfabetização em si, mas pela capacidade de criação de uma pedagogia da consciência prática, a qual antecede a ação crítica.

McLaren (1999) também destaca que muitos dos apoiadores da pedagogia freireana tem domesticado e reduzido a mesma a métodos de aprendizagem completamente psicologizados, associando-a a presunções pós-modernistas. Com isso, a pedagogia freireana é esvaziada dos potenciais de crítica social e a luta revolucionária para a emancipação é atenuada, quando não, suplantada.

Na perspectiva de construção de sujeito assumida acima, apóia-se uma prática educacional orientada para a libertação, pautada em um amplo respeito pela autonomia do sujeito em constante processo de formação, a partir da interação. Nesta, o sujeito é responsável pela ressignificação do conhecimento e a educação em nada se assemelha com a regulação dos sujeitos.

Para que se possa trabalhar em favor das classes populares visando a sua emancipação, Freire (1993) salienta que somente será possível se trabalhar com elas, discutindo as suas intenções, seus anseios, medos e frustrações.

Em nossa maneira de perceber, há elementos de convergências entre o pensamento de Habermas e Paulo Freire, no tocante a importância da participação política dos sujeitos. A partir da linguagem intersubjetiva, Habermas coloca os

indivíduos como agentes da sociedade. Ao alicerçar uma prática educativa no diálogo entre os participantes, releva a participação social na formação da cidadania crítica. Assim, em ambos os autores percebemos um elemento de emancipação no diálogo livre e sem coações ocorridos entre os sujeitos, seja no contexto educacional, seja no contexto social mais amplo.

No contexto da formação de professores, entendemos que a *ação dialógica freireana* faz aliança com a proposição da *ação comunicativa habermasiana* e certamente, ambas apresentam-se como referenciais autênticos para superação da racionalidade instrumental nas esferas educacionais. Ambas as teorizações primam pela emancipação do sujeito na sociedade, a partir das interações entre os próprios sujeitos, interações estas que, atualmente, permanecem bastante ofuscadas pela dominação ensejada pelos interesses do capital.

Tanto para Freire quanto para Habermas, o diálogo só poderá existir a partir do reconhecimento e do respeito pelas diferenças. É neste reconhecimento que se encontram a fecundidade da ação dialógica e da ação comunicativa no contexto educacional. Se em Freire a educação bancária subverte a capacidade reflexiva dos sujeitos, em Habermas impede a capacidade de sair dos processos comunicativos cotidianos para o agir comunicativo. Destaca-se aqui que, apesar de Freire e Habermas partirem de pressuposições distintas, há essa convergência no tocante ao diálogo, enquanto construção da autonomia.

Ao analisar o paralelismo entre os elementos das teorias habermasiana e freireana, aqui comentadas, torna-se explícito que ambas convergem em forjar a participação do sujeito através de práticas emancipatórias tanto no *agir comunicativo* quanto na *ação dialógica*. Como filósofo da educação, Freire constrói uma prática educativa emancipatória que se estende para sociedade. Habermas, ao inverso, constrói uma teoria da sociedade, que deve se estender para a educação, pois sem esta é inviável. Neste sentido, se complementam, se identificam e se interpenetram.

Talvez, o aspecto mais importante seja o da intersubjetividade integrada pela linguagem em Habermas e pelo diálogo, em Freire. Essa destacada intersubjetividade permite que se entenda a prática educativa, além de moral no sentido de ser imputável quanto à responsabilidade de cada um dos participantes, também uma prática social, situada histórica e culturalmente. Daí o fato de apresentar-se como problemática e, tendo em vista que, os fins perseguem as relações sociais que cria e a forma de vida que sustenta podem ser sempre reconsiderados; esta visão pode apoiar uma educação

genuinamente livre e autônoma. Assim, em diferentes perspectivas, as teorizações de Freire e Habermas continuam sendo fontes inspiradoras para reflexões educacionais.

Para finalizarmos nossas considerações sobre o pensamento freireano, é também oportuno trazermos ao texto lacunas apontadas em suas teorizações. Uma das insuficiências comumente apontadas no pensamento freireano, conforme menciona McLaren (1999), dá-se pela ausência de diretrizes no tocante as possibilidades de se passar do pensamento à prática crítica. Contudo, essa aparente “debilidade” do pensamento freireano, McLaren (op. cit.) aponta como fonte da sua perenidade e força, não sem antes registrar que determinadas lacunas em nada ofuscam a grandiosidade das teorizações freireanas. Acerca desta assinala:

É precisamente sua recusa em definir soluções alternativas que permite seu trabalho ser “re-inventado” nos contextos em que se encontram seus leitores, desfrutando assim duma “tradução” específica através de fronteiras geográficas, geopolíticas e culturais. É isso ainda que garante ao corpus freireano um caráter universal, na medida em que é capaz de manter seu potencial heurístico, de modo a poder ser requisitado por educadores e educadoras de todo o mundo com o intuito de criticar e estabelecer oposição a suas práticas pedagógicas (McLaren, 1999, p. 34-35).

A recusa de Freire em definir alternativas a serem incorporadas na “prática” de educadores e educadoras não foi acidental, mas fruto de uma intencionalidade. Intencionalidade de que seu pensamento fosse recriado e reinventado dialeticamente por aqueles que optarem em refutarem ou mesmo apoiarem-se nas teorizações freireanas. Esse convite permeia toda a obra de Freire.

Em seus últimos escritos, *Pedagogia da Esperança* (Freire, 1998) e *Pedagogia da Autonomia* (Freire, 1996), Freire incorpora considerações do contexto sócio-cultural emergente nos anos noventa, notadamente em relação ao contexto da globalização e do neoliberalismo. O mesmo destaca enfaticamente que à perversidade da exclusão e da opressão não desapareceram, por mais que se tente mascará-los.

6.4 A Pedagogia Radical e os Estudos Culturais de Henry Giroux

Nesta secção, abordaremos aspectos das teorizações de Henry Giroux como um exemplo da teoria educacional crítica haja vista que Giroux é um autor que tem

contribuído com o debate educacional crítico, sobretudo no âmbito da sociologia e da filosofia da educação.

Giroux explicita vínculos da sua obra com categorias potencialmente pedagógicas da crítica social e cultural dos teóricos frankfurtianos, sobretudo Adorno, Horckheimer e Marcuse, as quais foram elaboradas a partir do contexto sócio-histórico do capitalismo monopolista. Giroux também declara ter incorporado influência das teorizações de Freire e Gramsci (GIROUX, 1986a; 1986b).

Zuin e Pucci (1999) opinam que as influências dos frankfurtianos sobre Giroux faz-se notar tanto nos títulos das suas obras, quanto na própria terminologia utilizada pelo autor, como por exemplo, *pedagogia radical*, *educador radical* e *intelectual transformador*.

A leitura empreendida por Giroux em relação aos frankfurtianos não é isenta de críticas. No primeiro capítulo da obra *Teoria Crítica e Resistência em Educação*, capítulo intitulado Teoria Crítica e Prática Educacional, o autor assinala a necessidade de se pensar a contribuição dos teóricos frankfurtianos no contexto das condições históricas atuais. Assim, a partir do resgate teórico sobre a razão instrumental, a cultura e a ciência, associada à tentativa de dá voz as minorias e aos marginalizados constitui-se a *água viva* dos alicerces da pedagogia radical.

A partir da perspectiva delineada anteriormente, Giroux busca opor-se a concepção de ensino e aprendizagem escolar descolados do contexto social e das relações de poder nos quais se encontra. Essa é uma perspectiva teórica que permeará todo o pensamento do autor.

Giroux desenvolve bases para uma teoria social da aprendizagem escolar, ao mesmo tempo em que coloca desafios a todos os envolvidos no contexto educacional, questionando a suposição de que as escolas funcionam dentro de uma ordem social visando à igualdade entre as pessoas. Ao empreender tais incursões, Giroux desvela que muitas práticas aceitas como sendo liberais e progressistas, divergem dos valores verdadeiramente democráticos. Como exemplo de práticas que aparentemente incorporam valores democráticos, McLaren (1997) cita a estruturação curricular visando atender as demandas do capital industrial.

No entendimento de Zuin e Pucci (1999), a busca em compreender a educação a partir das suas raízes contextuais é o que caracteriza a pedagogia radical de Giroux. Nessa perspectiva teórica, Giroux visa, então, desvendar potencialidades transformadoras e formadoras do sujeito, assim como a realidade social em que esses

sujeitos estão envolvidos. Tratando-se de significação, os autores opinam que os termos “pedagogia radical” e “pedagogia crítico transformativa” são equivalentes.

Para Giroux (1986c), a maioria das teorias educacionais marxistas tem tratado o conceito de resistência sem o rigor necessário e sem a devida precisão analítica. Atribui que esta debilidade deve-se à incapacidade de entenderem a natureza dialética do conceito, o que inviabiliza a sua utilização em favor de uma pedagogia crítica. Nesta o conceito de resistência deverá ser situado em uma racionalidade incorpora a noção de emancipação como meta. Assim, Giroux (op. cit.) expressa sua oposição às teorias reprodutivistas contempladas no enfoque da nova sociologia da educação.

Para se entender a natureza de tal resistência, é preciso colocá-la em um contexto mais amplo, a fim de se ver como ela é mediada e articulada dentro das instituições da vida diária e das experiências vivenciadas que constituem a cultura dos grupos de oposição que estão sendo analisados. A mensagem é que por causa da incapacidade de entender a natureza dialética da resistência, o conceito tem sido tratado superficialmente, tanto em termos teóricos como em termos ideológicos na maior parte das teorias da educação (GIROUX, 1986c. p.141).

Giroux (op. cit) aponta fragilidades das teorias de resistência e diz que gostaria que estas se tornassem pontos de partida para uma teoria crítica da escolarização⁸³.

Acerca da obra de Giroux, a qual foi iniciada no final da década de setenta do século XX, McLaren (1999a) opina que, em um primeiro momento, as teorizações de Giroux estiveram associadas com as relações entre salas de aula e os contextos sociais. O lócus das teorizações de Giroux ocorreu no contexto estadunidense, dominado pela democracia burguesa e enquadrado em um capitalismo monopolista, marginalizador das minorias.

Inicialmente, Giroux estava bastante influenciado pelas teorizações de Apple, Pinar, Anyon, etc. Conforme lembra McLaren (1999), esse foi um período em que grande parte das teorizações críticas mantinha deferências em relação à determinação causal e a um marxismo de cunho econômico.

⁸³ Giroux (1986c) enumera cinco fragilidades nas teorias de resistência: 1) ausência de teorizações sobre as condições que promovem modos contraditórios de resistência e luta; 2) tentativas inadequadas de considerações acerca das questões que contemplem gênero e raça; 3) a definição de resistência em uma perspectiva apolítica tem sido preponderante; 4) poucas teorizações sobre o fato de que as escolas estão envolvidas na produção de subjetividades; 5) atenção insuficiente a maneira como a dominação atinge a estrutura da personalidade, a qual resulta na contradição entre compreensão e ação.

Ainda nesta primeira fase, Giroux também foi influenciado pela nova sociologia do conhecimento de vertente inglesa, a qual emergiu com os trabalhos de Michael Young e Basil Bernstein, bem como pelos estudos culturais contemporâneos desenvolvidos pelos teóricos da Universidade de Birmingham.

Buscando perspectivas teóricas mais amplas que o determinismo econômico para analisar o contexto social no qual se encontra a escola, os interesses de Giroux deslocaram-se para as teorizações de Gramsci, de Paulo Freire, bem como para a teoria social crítica da Escola de Frankfurt. Nesta fase, Giroux foi notadamente influenciado pelas teorizações de Adorno, Horkheimer, Marcuse e Benjamin, na medida em que empreendia uma reestruturação para a pedagogia crítica no contexto estadunidense. É através dessa pedagogia que o autor acredita resgatar na contemporaneidade dimensões como a valorização da cultura, da participação ativa do sujeito na sociedade, como também da resistência, constituindo-se categorias estruturantes da pedagogia radical.

Para Giroux (1986c) apesar das tentativas dos frankfurtianos em politizarem a cultura, entendida como instrumento de reprodução social no contexto ocidental, os autores não conseguiram transcender completamente a lógica do marxismo tradicional. Nesta, o capital controla todos os aspectos do comportamento humano. Esse ponto de vista levou Giroux a rejeitar a visão marxista clássica, de que cultura seria o reflexo da base econômica. No entendimento do autor, esse conceito restrito de cultura impede uma compreensão clara de como o significado é produzido, mediado, legitimado e questionado dentro da escola, bem como em outras instituições educacionais. Vale salientar que as esferas econômicas e as relações sociais de produção ainda são consideradas por Giroux como importantes na análise crítica. Mas essas categorias não suplantariam os conceitos de cultura e poder para explicar os aparatos históricos de dominação e de luta.

Ainda segundo Giroux, a tendência marxista de considerar o capital com a principal base da dominação, desvia a atenção para as maneiras como a cultura, o poder e a ideologia operam como aparatos de dominação. No contexto educacional, esses se adequam para moldar a subjetividade dos estudantes e assim, assegurar a transmissão de um ponto de vista que abriga uma separação entre dominantes e subordinados. Vale salientar que, as influências gramscianas e freireanas haviam alertado Giroux para as várias maneiras de legitimação da ideologia estabelecida por meio das várias mediações culturais, de etnia, poder e gênero.

Para Giroux, a ideologia é uma experiência ativamente construída; não é simplesmente uma imposição que fixa as pessoas a um relacionamento imaginário com o mundo real. A ideologia é transmitida por imagens, gestos, expressões lingüísticas estando envolvidos na produção de subjetividades dentro de domínios públicos e privados da vida cotidiana.

À medida que se insere nos estudos culturais, Giroux publica *Ideologia, Cultura e o Processo de Emancipação*, que representaria a primeira contribuição de Giroux à teoria educacional crítica. Essa obra representou uma tentativa de articular um laço conceitual entre as formulações sobre ideologia e dominação gramscianas, os conceitos de alfabetização de Freire, a crítica da racionalidade tecnocrática pelo marxismo clássico, pela psicologia profunda da Escola de Franckfurt e pelos trabalhos da sociologia da educação.

Com o intuito de que no contexto educacional sejam estabelecidas resistências aos modelos hegemônicos dominantes na cultura escolar, os quais inviabilizam práticas educativas emancipatórias, Giroux opina como imprescindível o desenvolvimento de uma linguagem crítica, que possibilite aos educadores compreenderem as relações entre o ensino escolar e as relações sociais mais amplas. Assim, desenvolve teorizações no sentido de que o ensino seja compreendido como uma forma de *política cultural*⁸⁴, na qual estão permeadas por relações de poder, raça, gênero, etc.

A partir de uma perspectiva em que os educadores apropriam-se de uma compreensão de que o ensino assenta-se em uma forma de *política cultural*, suas ações são desenvolvidas no sentido de orientarem os estudantes a intervirem na sua própria formação, como também colocando-a em uma perspectiva social mais ampla.

Uma mudança na direção de Giroux tem como marco a obra *Teoria Crítica e Resistência na Educação*. Houve um aprofundamento das teorias de reprodução social e cultural, argumentado que as escolas não seriam apenas locais de reprodução social e cultural. Questionava que as escolas seriam definidas apenas pela lógica de dominação e os professores eram representantes da classe dominante.

Embora reconheça que a influência do capital seja determinante nas relações de poder, e conseqüentemente determinante na opressão, Giroux não acredita que esta questão inviabiliza as possibilidades de luta transformadora. Diz acreditar que é na

⁸⁴ O ensino desenvolvido como uma forma de política cultural é outra condição requerida por Giroux (1987) para que os educadores desenvolvam uma pedagogia radical.

resistência que os educadores críticos devam reverter a opressão do pensamento hegemônico dominante nas bases educacionais.

Em suas teorizações, Giroux reconhece a necessidade de revelarem-se as regras de formação ideológica, suas relações com a resistência e com a fabricação de necessidades e desejos.

Para a constituição da pedagogia radical Giroux (1987)⁸⁵ aponta também outras necessidades fundamentais. Uma destas condições é que o professores atuem como *intelectuais transformadores* (GIROUX, 1997). O intelectual transformador deverá trabalhar na perspectiva de se opor a *proletarização do professor*. Sobre este conceito, Giroux (1987.) argumenta que, com o avanço da tecnologia, há uma padronização do conhecimento. Isso resulta na separação entre a concepção e a execução do trabalho escolar. A partir da adoção da perspectiva de separação entre concepção e execução do trabalho, há um esvaziamento de questões relacionadas com o trabalho intelectual crítico. É a retirada da influência coletiva do docente das questões que, historicamente, constituem a natureza da docência.

Com a padronização do ensino e a separação entre a planificação e a execução, Giroux (op. cit) argumenta que o trabalho docente é cada vez mais submetido à metáfora da produção fabril, ou seja, atividades isoladas a serem cumpridas por indivíduos que não possuem a visão do todo, tampouco dos propósitos e finalidades pretendidos. Quando os professores são convocados ao debate é para implementarem metas de natureza instrumental, as quais foram planificadas por especialistas que sequer são conhecedores do cotidiano escolar. Ou seja, subtraem a possibilidade do professor desenvolver a autonomia crítica. Como fazer para resistir a essas imposições?

Como reversão da condição de proletarização do trabalho docente, Giroux (1987) exorta os professores a atuarem como *intelectuais transformadores*⁸⁶, no sentido de se oporem a racionalidade tecnocrática e instrumental, na qual se fundamenta a *pedagogia do gerenciamento*. Essa é uma condição para que os educadores tornem-se radicais.

No contexto educacional, o propósito básico do *intelectual transformador* é inserir o pedagógico na esfera política, a medida em que o político torna-se mais

⁸⁵ Trata-se de uma coleção de texto escritos originalmente em fins da década de 70 e primeira metade da década de 80.

⁸⁶ No entendimento de Silva (2004b) a categoria *intelectuais transformadores* denota ser uma inspiração gramsciana de Giroux, sobretudo uma inspiração advinda de especificidades da categoria *intelectual orgânico*.

pedagógico, ou seja, utilizar formas de pedagogia de natureza emancipatória. Os professores não podem ser vistos como técnicos ou burocratas a cumprirem determinações doutras, alheias ao contexto das necessidades locais. Neste sentido, os professores, enquanto *intelectuais transformadores*, necessitam criar uma linguagem crítica, no sentido de desvelar que é possível fazer mudanças.

Segundo Giroux (op. cit.), um ponto de partida para se trilhar na perspectiva dos professores atuarem como *intelectuais* é ver a escola como local que não se resume apenas ao ensino e a aprendizagem de conteúdos. As escolas precisariam ser vistas “*como locais econômicos, culturais e sociais que estão inextricavelmente atrelados às questões de poder e controle*” (p. 162), ou seja, permeada por contradições. Logo, a escola deverá ser percebida como esfera de oposição. Trabalhar a escola como esfera de oposição é, segundo Giroux (op. cit.), outra condição requerida dos educadores radicais.

Giroux (op. cit) não despreza a situação paradoxal a qual estarão submetidos os professores no sentido de atuarem como *intelectuais transformadores*. Deparar-se-ão esses professores com o paradoxo de oferecerem aos estudantes discursos alternativos mediados por práticas alternativas, ao mesmo tempo em que se encontram no interior de uma instituição que assenta todas as suas diretrizes na reprodução cultural dominante.

Giroux (op. cit.) reafirma sua convicção de que a escola é um espaço de contestação, haja vista que está imersa na produção da experiência vivida. É nesse terreno de cunho político e ideológico que a cultura dominante dissemina suas certezas. No entanto, há um intercâmbio entre as vozes dominantes e subordinadas, tornando a escola um espaço de contestação e luta. Nesse sentido, o autor entende a escola como “espaço de possibilidades” para o exercício da rebeldia.

A defesa de Giroux para que o contexto educacional seja um espaço de luta e resistência para os professores é, segundo Silva (2004b), uma inspiração advinda do conceito de *esfera pública* habermasiano.

Outra condição colocada por Giroux (1987) para se trilhar na perspectiva da pedagogia radical é que esta seja relacionada com a política cultural. Assim busca em Bakhtin elementos para definir essa relação. Para Bakhtin (2006), a linguagem é um ato político-social, relacionando a maneira como os indivíduos constroem sua relação com o mundo, como também a articulação de significados do mesmo. A linguagem é constitutiva do daquilo que, em nossa sociedade, é considerado real. A partir dessas influências, Giroux é enfático ao admitir que a linguagem não é somente um instrumento que reflete a realidade social lá de fora.

Reportando-se ao contexto estadunidense, Giroux (1999) menciona que os educadores tem se utilizado de várias tradições teóricas que vinculam a linguagem ao poder e tem colocado-se em oposição aos preceitos teóricos da educação liberal, para a qual as escolas oferecem igual acesso ao conhecimento e a linguagem. Segundo Giroux (op. cit.), para os educadores radicais as escolas são locais em que o conhecimento e o poder se articulam com os conflitos mais amplos da sociedade e que a linguagem está implicada em tentativas que visam silenciar grupos subordinados, cuja cultura é marginalizada pela educação dominante. Inclusive Giroux acrescenta que mais os educadores radicais não têm apenas se contentado em situar a análise da linguagem da dominação, mas tem tentado também desenvolver uma “linguagem da possibilidade”. Nesta a linguagem é percebida não apenas como força de oposição, mas também como força afirmativa.

Acerca da perspectiva crítica de Giroux, Contreras (2002) aponta o risco do mesmo não ultrapassar o discurso, tendo em vista que não se encontra ancorado na análise das condições concretas da escola. Considerando que os sujeitos que compõem a escola não possuem visões homogêneas, logo se faz necessário considerar os processos de interação diante dos valores e conflitos representados, tanto no contexto institucional, quanto no contexto social, sendo este, também plural. É possível que Giroux não tenha se detido a apontar perspectivas fechadas, mas apenas algumas possibilidades. Isso requer o engajamento crítico dos professores com o contexto em que se encontram.

Um outro momento das teorizações de Giroux, conforme analisa McLaren (1997), são marcados pela defesa da resistência estudantil no contexto escolar. Giroux alega que professores conduzem os estudantes como se a lógica da opressão não apresentasse falhas possíveis de empreenderem-se modificações no pensamento hegemônico. Por isso defende que, no ambiente escolar, existe espaço para uma ampla resistência, devendo o mesmo ser encarado como um espaço de lutas e possibilidades, local onde os participantes possam ter voz para questionarem os pressupostos subjacentes à vida em sociedade, voz que frequentemente tem sido suplantada pelas relações de poder.

Giroux defende que as experiências estudantis deveriam ser relevantes na programação dos conteúdos curriculares, como também nas práticas pedagógicas dos professores. Assim, os professores direcionariam os estudantes a reconhecerem a relevância do conhecimento escolar no sentido de realizarem implicações políticas mais

amplas. Nesta perspectiva os professores contribuiriam para o conhecimento a tornar-se experiência emancipadora para os estudantes.

6.5 Situando a Formação de Professores de Ciências da Natureza no Brasil: Aspectos Legais e Alguns Pressupostos

No Brasil, a legislação educacional sofreu diversas mudanças nos últimos anos, notadamente, em se tratando da formação de professores para atuarem na educação básica. Em relação a esse nível de ensino, a formação de professores é regulamentada pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDBEN), Lei 9.394, promulgada em 1996.

Vale ressaltar, porém, que as mudanças ocorridas na legislação educacional brasileira relativa à formação de professores, necessariamente não significam avanços ou comprometimento com tendências populares. Conforme explanaremos, várias destas mudanças ocorreram visando atender as demandas exigidas a partir dos interesses do capital, em mais uma fase de expansão.

Através do Artigo 62 da LDBEN em vigor, está regulamentado para os professores da educação básica a formação em nível superior, com graduação em licenciatura plena. Ainda segundo a LDBEN, a formação superior do professor, bem como dos demais profissionais deste nível, tem por propósito básico estimular a criação cultural, o desenvolvimento do pensamento científico e reflexivo, o trabalho de pesquisa e investigação científica, visando o desenvolvimento da ciência e da tecnologia, bem como a criação e a difusão da cultura.

A legislação educacional anterior, Lei 5.692/71, a qual foi instituída através de atos militares, instituiu a licenciatura de “curta duração”, cursada em dois anos, propiciando através desta a habilitação para o ensino fundamental. Com a complementação em mais um ano, o docente estaria habilitado para atuar no nível médio de ensino, obtendo assim a credencial de licenciatura plena.

A priori, avaliamos que especificamente em relação à formação mínima requerida dos professores, a LDBEN incorporou avanços bastante significativos no tocante a formação mínima requerida. No entanto, esses avanços foram posteriormente reconfigurados, conforme veremos a seguir.

Apesar da extinção dos cursos de licenciatura de “curta duração”, a carência de profissionais habilitados para o ensino de ciências, principalmente em determinadas localidades, propicia que normatizações semelhantes sejam instituídas. Através da

resolução CNE/CP 02 de 1997 instituiu-se outra condição para a formação de professores da educação básica. Possibilitou o oferecimento de cursos de complementação pedagógica destinados aos profissionais com formação superior em outras áreas, porém, que desejassem atuar como professores.

Aos cursos de formação complementar, a resolução CNE/CP 02 de 1997 estabelece um total de 540 horas de estudo. No entanto, se o profissional já tiver ministrado aulas anteriormente, esse tempo poderá ser reduzido para 240 horas.

Percebe-se assim com a brevidade dos cursos de complementação pedagógica, a brevidade do percurso formativo torna-se menor que aquele requerido pela licenciatura curta. Além disso, prioriza-se a prática em detrimento de uma formação conceitual sólida. Segundo Carvalho (1998), o aligeiramento da formação de professores encontra-se em sintonia com as diretrizes do Banco Mundial, para quem a docência requer um treinamento e não uma formação profissional extensa.

Tendo em vista a necessidade de se estabelecerem diretrizes para cada curso, através do edital 4/97, a Secretaria de Educação Superior (SeSU), vinculada ao Ministério da Educação e Cultura (MEC), convocou representantes das instituições de ensino superior do país a opinarem sobre a elaboração de diretrizes para a formação de professores no Brasil.

No ano de 2002, o Conselho Federal de Educação (CFE) aprova as Diretrizes Curriculares Nacionais Para a Formação de Professores da Educação Básica, através da resolução CNE/CP 1 de 18 de fevereiro de 2002. A resolução instituiu que, além da formação plena em curso superior (Art. 1º), já estabelecida pela LDBEN, também especificou que a mencionada formação fosse na modalidade licenciatura.

O Artigo 15º das Diretrizes Curriculares Nacionais Para a Formação de Professores estabeleceu que os cursos de formação de professores que já se encontravam em funcionamento, teriam um prazo de dois anos, para se adaptarem à nova resolução. No entanto, devido a necessidades recorrentes às demandas de reestruturação dos cursos de licenciatura, em 27 de agosto de 2004, foi editada a resolução 02/2004 do CNE, adiando o prazo previsto inicialmente, para a data de 15 de outubro de 2005, no sentido de ocorrer adaptação à resolução 01/2002 - CNE/CP.

As Diretrizes Curriculares Nacionais Para a Formação de Professores, através do Artigo 4º (§ I e II) também especificam que em relação à concepção, o desenvolvimento e a abrangência da formação de professores da educação básica

deverão ser norteados pelo *princípio das competências*⁸⁷. As mesmas deverão nortear tanto as propostas pedagógicas curriculares, as etapas da avaliação, como também a organização da instituição formadora.

O Artigo 5º (§ I) das Diretrizes Nacionais Para a Formação de Professores abordam a necessidade de compatibilizar o projeto pedagógico de cada curso de maneira a assegurar o desenvolvimento de *competências* pelos futuros professores, visando atender aquelas objetivadas na educação básica.

O princípio das competências rompe com o modelo educacional proposto pela lei 5692/71 a qual, devido às influências do regime militar, incorporou que a prioridade para a formação do cidadão seria a preparação profissional. Assim, o equivalente ao nível médio da educação básica assume características profissionalizantes, no sentido de atender as demandas imediatas do mercado de trabalho.

Por meio do artigo 3º, a LDBEN assegura liberdade de concepções pedagógicas dos envolvidos nos planejamentos educacionais das unidades escolares. Também por meio do artigo 13º da LDBEN é assegurada a participação dos professores no projeto pedagógico da unidade escolar em que atuam, o qual deverá ser elaborado atendendo as especificações comuns, estabelecidas em lei. Também é assegurado ao professor a elaboração e cumprimento do seu plano de trabalho individual, desde que compatível com o projeto pedagógico da unidade escolar⁸⁸.

A resolução CNE/CP 2 de 19 de fevereiro de 2002 instituiu a carga-horária mínima para os cursos de licenciatura em formação de professores para a educação básica, para o estágio curricular, para as atividades práticas, bem como para as demais atividades. Algumas especificações encontram-se delineadas abaixo.

Art. 1 - A carga horária dos cursos de Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, em curso de licenciatura, de graduação plena, será efetivada mediante a integralização de, no mínimo, 2800 (duas mil e oitocentas) horas, nas quais a articulação teoria-prática garanta, nos termos dos seus projetos pedagógicos, as seguintes dimensões dos componentes comuns:

I - 400 (quatrocentas) horas de prática como componente curricular, vivenciadas ao longo do curso;

⁸⁷ O *princípio das competências* é identificado como um reflexo das influências do neoliberalismo na educação brasileira. Neste sentido, justificamos alguns dos avanços e retrocessos incorporados pela última LDBEN, conforme mencionado no Capítulo 1.

⁸⁸ Este aspecto da legislação parece não está sendo respeitada. A Secretaria Estadual de Educação do estado de São Paulo, por exemplo, constituiu equipes que nos dois últimos anos vem elaborando material com uma programação de conteúdos a serem seguidos pelos professores das escolas estaduais.

II - 400 (quatrocentas) horas de estágio curricular supervisionado a partir do início da segunda metade do curso;

III - 1800 (mil e oitocentas) horas de aulas para os conteúdos curriculares de natureza científico-cultural;

IV - 200 (duzentas) horas para outras formas de atividades acadêmico-científico-culturais.

Através do Artigo 3º das Diretrizes Curriculares Para a Formação de Professores da Educação Básica, a lógica vigente em relação à formação de professores é invertida. Ao invés de uma listagem de disciplinas obrigatórias aos currículos, determina-se a observância de um conjunto de *competências* a serem adquiridas pelo futuro professor durante a sua formação básica. Outros pontos também são contemplados pelas diretrizes, os quais trazem mudanças significativas em relação aos aspectos legais da formação de professores no Brasil.

O Artigo 12 (§ I e § II) das Diretrizes Curriculares Para a Formação de Professores da Educação Básica dispõe sobre as componentes curriculares práticas de ensino. As mesmas deverão estar presentes ao longo de toda a formação do futuro professor e não apenas na etapa final do curso.

As proposições em relação às Práticas de Ensino ao longo do curso rompem com uma proposição vigente de longa tradição. Nessa, as componentes práticas de ensino deveriam ser oferecidas ao final dos cursos, o que favorece a desarticulação com as demais componentes curriculares. Essa proposição ficou conhecida como esquema “3 + 1”, a qual foi adotada pela LDB 5692/71. Nesta, estava estabelecido que as disciplinas pedagógicas (Didática Geral, Didática Especial, Psicologia da Educação e similares) dos cursos das licenciaturas seriam oferecidas ao final do curso, após o licenciando ter cursado a maioria das disciplinas de conteúdos específicos.

Na perspectiva de formação do profissional estruturada no esquema “3 + 1”, com fortes influências positivistas, priorizava-se que o futuro professor tivesse uma profunda formação técnico-conceitual em relação aos conteúdos da área específica. Assim, a formação pedagógica era relegada para um segundo plano, esperando-se que a mesma fosse adquirida pelo professor durante o exercício profissional (DAVINI, 1995). Essa perspectiva encontrava-se em sintonia com a pressuposição do professor formado como um técnico. Tanto que, através da LDB 5692/71 ampliou-se o núcleo comum de algumas disciplinas técnicas.

Apesar de incorporado pela LDB 5692/71, o esquema “3 + 1” foi prevaiente entre o período de 1930 até 1968. Conforme discute Pereira (2000), tal esquema que teve forte presença nos cursos de licenciatura do Brasil e deve-se a herança do curso de pedagogia. O esquema “3 + 1” foi regulamentado através do Decreto Lei nº 1190, de 4 de maio de 1939, na Universidade do Brasil. A partir desta regulamentação, a modalidade bacharelado em pedagogia poderia ser desenvolvida em três anos e complementado com mais um ano de disciplinas pedagógicas, completando assim a modalidade licenciatura em pedagogia. Esse modelo foi adotado a partir dos anos 30, da formação dada oferecida pelas Faculdades de Filosofia Ciências e Letras. Nestas, a preocupação maior era a formação do pesquisador e não do docente.

Ainda sobre a dimensão prática da formação do professor, o Artigo 13 (§ I, II) das Diretrizes Curriculares Para a Formação de Professores da Educação Básica estabelece que essa deverá transcender o estágio curricular obrigatório. Espera-se que através da dimensão prática sejam enfatizados procedimentos de observação e reflexão, com o intuito de propiciar uma atuação contextualizada pelo futuro professor. Também fica estabelecido que a atuação prática do futuro professor poderá ser ampliada com a utilização de recursos tecnológicos.

Sobre o estágio a ser desempenhado pelo futuro professor, através do Artigo 13 (§ III) ficou instituído que o estágio curricular supervisionado deverá ser desenvolvido a partir do início da segunda metade do curso, em escolas da educação básica. Especifica-se também que o estágio deverá ser avaliado tanto pela instituição formadora, quanto pela escola do campo de estágio.

Através do Artigo 53 (§ II) da LDBEN, assegura-se às instituições de ensino superior autonomia no tocante a estruturação dos cursos oferecidos. No entanto, deverão observar as diretrizes regulamentadoras, as quais foram sistematizadas através de especialistas do SESu/MEC, a partir de propostas enviadas por várias universidades brasileiras.

Na mesma época da formulação das Diretrizes Curriculares Para a Formação de Professores, também foi promulgada as Diretrizes Curriculares para o Curso de Física, o qual foi instituído através do parecer CNE/CES nº 1303, de 06 de fevereiro de 2001.

Em termos de carga horária, estabeleceu-se que o curso de Física deverá dispor de 2 400 horas, ao longo de 4 anos. Em sendo o curso ofertado no período noturno, o mesmo poderá ter um acréscimo de um ou dois anos. Deste total de horas,

aproximadamente 50% deverão corresponder a um Núcleo Comum e as demais, destinadas aos Módulos Seqüenciais Especializados definidores de ênfases, as quais são compatíveis com a modalidade do curso de física.

Neste Núcleo Comum, encontra-se a recomendação para que aproximadamente 240 horas sejam destinadas a física do século XX, notadamente a Física Estatística, a Mecânica Quântica, a Relatividade e aplicações. Recomenda-se ainda neste módulo a utilização de laboratórios.

Os Módulos Seqüenciais Especializados visam atender especificidades para a formação do físico-pesquisador (bacharel em Física), o físico interdisciplinar (bacharel ou licenciando), físico-tecnólogo (bacharel em física aplicada), para os quais componentes curriculares compatíveis deverão ser oferecidas. Independente da ênfase profissional, o curso deverá constar de uma monografia ao final do curso.

No tocante ao Módulo Seqüencial Especializado referente a formação do físico-educador, as Diretrizes recomendam a realização conjunta de um trabalho com os departamentos de educação. A partir das Diretrizes para o físico-educador, iniciam-se as reformulações dos cursos de licenciatura em física de todo o país.

Em relação ao físico-educador, as diretrizes especificam que este deverá ser um profissional que dedicar-se-á a disseminação do saber científico, seja através do ensino formal, seja através doutros diversos meios disponibilizados. Percebe-se que há uma flexibilização em relação a formação do físico-educador, no tocante a atender os interesses priorizados individualmente pelo mesmo, como também em relação as possibilidade de flexibilização do mesmo diante das “demandas”.

Acerca dessa flexibilização da formação profissional do físico-educador, percebemos que a mesma harmoniza-se com a análise empreendida por Frigotto (2007) acerca de algumas categorias utilizadas no contexto educacional. Segundo o autor, embora essas categorias se mostrem “progressistas” em um primeiro momento, porém, quando analisadas mais atentamente percebe-se que se metamorfoseiam e prestam-se para incorporar os mais brutais propósitos do ideário neoliberal no contexto educacional. As categorias apontadas por Frigotto (op. cit.) são: *qualidade total, formação abstrata e polivalente; flexibilização; participação; autonomia e descentralização*, as quais, segundo o autor estão impondo fragmentação tanto no sistema educacional quanto no próprio processo de conhecimento no contexto educacional.

De acordo com Frigotto (op. cit.) um entendimento acerca da atual crise educacional e a penetração do ideário neoliberal no contexto educacional, somente será possível de ser entendida e analisada à partir de uma perspectiva mais ampla da crise do capitalismo, notadamente o capitalismo denominado de *bem-estar social*, o qual predominou na segunda metade do século XX.

Apesar das reformas na legislação educacional, notadamente as reformas ocorridas a partir dos anos noventa sob a orientação da LDBEN 9.394/1996, o sistema educacional brasileiro no tocante a educação científica básica ainda insere-se em parâmetros precários, notadamente, a profissionalização do professor, cada vez mais afastada das perspectivas críticas.

Referências

- APPLE, M. W. **Ideologia e currículo**. 3 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2006.
- BAKHTIN, M. **Marxismo e filosofia da linguagem**. 12 ed. São Paulo, SP: Editora Hucitec, 2006.
- BANNEL, R. I. Habermas e a educação. **CULT**. Ano 12, n. 136, p. 49-52, jun. 2009.
- BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Brasília, 1996.
- CARR, W. **Una teoria para la educación: hacia una investigación educativa crítica**. Madrid: Morata, 1996.
- CARVALHO, D. P. A Nova Lei de Diretrizes e Bases e a formação de professores para a Educação Básica. **Ciência & Educação**, v. 5, n. 2, p. 81-90, 1998.
- CONTRERAS, J. Contradição e contrariedade: do profissional reflexivo ao intelectual crítico. In: ____ (Org.) **A Autonomia do professor**. São Paulo, SP: Cortez Editora, 2002, p. 133-188.
- DAVINI, M. C. **La formación docente em cuestion: política y pedagogía**. Buenos Aires: Paidós, 1995.

FÁVERO, A. A. Racionalidade e educação numa perspectiva habermasiana. In: FÁVERO, A. A.; DALBOSCO, C. A.; MUHL, E. H. (Orgs.). **Filosofia, educação e sociedade**. Passo Fundo, RS: UFP, 2003, p. 13-36.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação**. 33 ed. São Paulo: SP, Editora Paz e Terra, 1983.

_____. **Pedagogia da autonomia**. 33 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

_____. **Política e educação**. São Paulo, SP: Cortez, 1993.

_____. **Pedagogia da esperança: Um reencontro com a pedagogia do oprimido**. 5. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1998.

_____. **Pedagogia do oprimido**. São Paulo, SP: Paz e Terra, 2001.

FRIGOTTO, G. Os delírios da razão: crise do capitalismo e metamorfose conceitual no campo educacional. In: GENTILI, P. (Org.). **Pedagogia da exclusão. Crítica ao neoliberalismo em educação**. 13 ed, Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2007, p. 77-108.

GENTILI, P. Adeus à escola pública. A desordem neoliberal, a violência do mercado e o destino da educação das maiorias. In: GENTILI, P. (Org.). **Pedagogia da exclusão. Crítica ao neoliberalismo em educação**. 13 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2007, p. 228-252.

GIROUX, H. Teoria Crítica e Prática Educacional. In: ____ (Ed.). **Teoria crítica e resistência em educação. Para além das teorias de reprodução**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1986a, p. 21-64.

_____. Escolarização e política do currículo oculto. In: ____ (Ed.). **Teoria crítica e resistência em educação. Para além das teorias de reprodução**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1986b, p. 65-101.

_____. Reprodução, resistência e acomodação no processo de escolarização. In: ____ (Ed.). **Teoria crítica e resistência em educação. Para além das teorias de reprodução**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1986c, p. 102-154.

_____. **Escola crítica e política cultural**. São Paulo, SP: Cortez Editora, 1987.

_____. **Os professores como intelectuais. Rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. Porto Alegre, RS: Artmed Editora, 1997.

_____. Estudos Culturais, Resistindo à Diferença e o Retorno da Pedagogia Crítica. In: ____ (Org.). **Cruzando as Fronteiras dos Discursos Educacionais**. Porto Alegre, RS: Artmed, 1999, p. 189-210.

HERMANN, N. **Validade em educação. Intuições e problemas na recepção de Habermas**. Porto Alegre: RS, EDIPUCRS, 1999.

- MAAR, W. L. À guisa de introdução: Adorno e a experiência formativa: In: ADORNO, T. W. **Educação e emancipação**. 4 ed. São Paulo, SP: Paz e Terra, 2006, p. 11-28.
- McLAREN, P. L. Teoria crítica e o significado da esperança. Prefácio. In: GIROUX, H, A. (Org.). **Os professores como intelectuais. Rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. Porto Alegre, RS: Artmed, 1997, p. (xi-xxi).
- _____. Uma Pedagogia da Possibilidade. In: ____ **Utopias provisórias. As pedagogias críticas num cenário pós-colonial**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1999, p. 15-48.
- MÜHL, E. H. **Habermans. Ação pedagógica como agir comunicativo**. Passo Fundo: UPF, 2003a.
- _____. Educação e emancipação: construção e validação consensual do conhecimento pedagógico. In: FAVERO, A. A.; MÜHL, E. H. (Orgs.). **Filosofia, educação e sociedade**. Passo Fundo: RS, Editora UPF, 2003b, p. 61-72.
- PEREIRA, J. D. **Formação de professores: pesquisas, representações e poder**. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.
- PRESTES, N. H. A razão, a teoria crítica e a educação. In: **Teoria crítica e educação. A questão da formação cultural na Escola de Franckfurt**. 2 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes e São Carlos, SP: Editora da UFSCar, 1995, p. 83-101.
- SILVA, T. T. **Apresentação da teoria crítica e educação. A questão da formação cultural na Escola de Franckfurt**. In: PUCCI, B. (Org). _____. 2 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes e São Carlos e SP; Editora da UFSCar, 1995, p. 7-10.
- _____. Onde a crítica começa: ideologia, reprodução e resistência. In: ____ (Ed.) **Documentos de identidade. Uma introdução às teorias do currículo**. 2 ed. 6ª reimpressão. Belo Horizonte, MG: Autêntica Editora, 2004a, p.29-36.
- _____. Currículo como política cultural: Henry Giroux. In: ____ (Ed.) **Documentos de identidade. Uma introdução às teorias do currículo**. 2 ed., 6ª reimpressão Belo Horizonte, MG: Autêntica Editora, 2004b. p. 51-56.
- SILVA, T. T.; MOREIRA, A. F. B. Sociologia e Teoria Crítica do Currículo: Uma Introdução. In: ____ (Ed.). **Currículo, cultura e sociedade**. 6 ed. São Paulo, SP: Cortez Editora, 1994, p. 7-37.
- TORRES, C. A. Teoria Crítica e Sociologia Política da Educação. In: ____ (Org.). **Teoria crítica e sociologia política da educação**. São Paulo, SP: Editora Cortez, 2003, p. 103-144.
- ZUIN, A. A. S.; PUCCI, B. **A pedagogia radical de Henry Giroux. Uma crítica imanente**. Piracicaba, SP: Editora UNIMEP, 1999.

CAPÍTULO 7

*Interpretando os Discursos dos
Professores e dos Livros Didáticos
Sobre o Ensino da Física Moderna e
Contemporânea*

CAPÍTULO 7

*Interpretando os Discursos dos
Professores e dos Livros Didáticos Sobre o
Ensino da Física Moderna e Contemporânea*

O presente capítulo está estruturado em duas partes. Na primeira parte, procedemos com a construção e a interpretação dos discursos dos professores de física

sobre questões atinentes ao ensino da Física Moderna e Contemporânea na educação básica, como também sobre suas respectivas formações profissionais. Conforme pontuamos no capítulo que trata das trajetórias metodológicas, a partir das nossas questões de pesquisa, organizamos as interpretações dos discursos dos professores em quatro seções, respectivamente nomeadas:

- O Silêncio dos Professores Acerca da Necessidade de Introdução da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica;
- A Relevância que os Professores Atribuem ao Ensino da Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica;
- Os Impedimentos Alegados Pelos Professores Para Introduzirem a Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica;
- A Formação dos Professores no Tocante ao Ensino da Física Moderna e Contemporânea.

Na segunda parte do capítulo, procedemos com a construção e a interpretação dos discursos dos oito livros didáticos no tocante à Física Moderna e Contemporânea, delineadas a partir das questões de pesquisa e dos referenciais teóricos mobilizados.

Conforme mencionado na metodologia, cada livro encontra-se analisado individualmente.

7.1 Interpretando os Discursos dos Professores Sobre o Ensino da Física Moderna e Contemporânea

7.1.1 O silêncio dos professores acerca da necessidade de introdução da física moderna e contemporânea na educação básica

Os questionamentos iniciais dirigidos aos professores que participaram das entrevistas ocorreram de maneira tal que nos possibilitasse identificar em seus discursos aquilo que consideravam como sendo mais relevante para ser abordado nas aulas de física do ensino médio e a importância que conferiam a mencionada abordagem.

A partir da perspectiva acima, pretendíamos assim identificar em que medida o ensino da FMC encontrava-se na memória dos professores como sendo algo relevante a ser trabalhado nas aulas de física, mesmo que eles não identificassem o motivo da importância ou quem determinou (BRANDÃO, 2002; ORLANDI, 2002).

Avaliamos que, possibilitando aos professores falarem livremente sobre aquilo que consideravam mais relevante para as aulas de física, poderíamos identificar tanto os anseios dos professores, quanto o que deles se requeria no contexto educacional, como também conheceríamos as possibilidades ou os obstáculos que os impediam de cumprir o mister de introduzirem a FMC no ensino médio.

A partir da perspectiva acima, solicitamos aos professores identificarem e comentarem livremente sobre abordagens e conteúdos que consideravam mais relevantes para serem desenvolvidos por um professor nas aulas de física. Procuramos também identificar em que medida os professores estariam desenvolvendo as citadas proposições nas aulas de física das respectivas escolas em que atuavam ou quais os impedimentos em fazê-lo. Buscávamos ainda identificar se os professores estariam associando os impedimentos citados às lacunas nas respectivas formações profissionais ou mesmo a impedimentos existentes no contexto escolar.

Constatamos que para o professor P_1 é bastante relevante a utilização das atividades práticas nas aulas de física, principalmente aquelas atividades elaboradas com materiais de baixo custo. Constatamos, porém, que esse professor usa indistintamente a terminologia atividades práticas e atividades experimentais⁸⁹. No entanto, denota remeter-se a esta última.

Argumentando pelo uso das atividades experimentais nas aulas de física, o professor P_1 argumenta:

Quando você vai trabalhar os conceitos para os alunos, tudo fica muito abstrato. /.../ Olha, acho que os alunos iam se interessar mais. Iam ficar mais motivados com as aulas de física. As coisas não iam ficar tão abstratas para eles (P_1).

Interpretamos no discurso do professor P_1 as marcas de uma postura epistemológica bastante criticada por vários filósofos da ciência ao longo do século XX – as posturas epistemológicas de cunho empiricista-positivista. Um traço básico em várias destas posturas epistemológicas é a crença na concepção de que o conhecimento origina-se através da experiência e é validado através da indução. Por isso, a importância do experimento para a suplantação do caráter abstrato dos conceitos.

Ainda em defesa do uso das atividades práticas nas aulas de física, o professor P_1 argumenta que se as mencionadas atividades fossem devidamente planejadas pelo

⁸⁹ No presente contexto, estamos nos apoiando a distinção entre atividades práticas e atividades experimentais desenvolvidas no contexto da educação científica e atividades experimentais desenvolvidas no contexto da formação científica.

professor, suplantando-se-las as principais dificuldades de aprendizagem dos conceitos pelos estudantes do ensino médio. Acerca da provável “eficiência” propiciada pelo uso do experimento nas aulas de Física, o professor P₁ comenta:

/.../ Desde que o professor planeje direito, acho que sim. Fica menos abstrato. É. A medida que o professor vai colocando os conceitos, o aluno vai vendo as aplicações. É diferente das aulas somente com quadro e giz (P₁).

Interpretamos que há no discurso do professor P₁ a idéia que concebe o ambiente escolar apenas como espaço para aprendizagem de conteúdos. Não percebemos no discurso do mencionado professor o intento de, através do uso do experimento didático - citado pelo mesmo como recurso privilegiado nas aulas de física - potencializar o espaço escolar e mesmo as aulas de Física como um espaço privilegiado para se problematizarem as questões sociais mais amplas vivenciadas pelos participantes daquele contexto. Esta seria então uma estratégia para que determinadas linguagens adentrassem o contexto da sala de aula, que as experiências dos estudantes fossem relevantes na elaboração da programação de ensino, tal como sugere Giroux (1987).

O professor P₉ também apresenta convicção de que a utilização de atividades experimentais melhoraria toda a participação dos alunos nas aulas de Física. Comenta:

Seria muito bom que o professor pudesse trabalhar com experimentos em todas as aulas. Que existisse material para todo experimento que o professor desejasse expor, que ele estivesse disponível. Acho que ia melhorar muito as aulas de física /.../ É assim. Acho que a física, toda a física, muito abstrata. Então, quando a gente consegue exemplificar alguma aplicação que o aluno conhece, percebo que ele fica mais motivado. Fica mais motivado, participa mais das aulas (P₉).

Os argumentos dos professores P₁ e P₉ para que as atividades experimentais sejam trabalhadas nas aulas de física, apresentam-se diretamente relacionada às disposições motivacionais dos estudantes. Não se percebe nas intenções dos professores, por exemplo, a proposição de, a partir dos aspectos motivacionais, avançarem em na direção dos aspectos políticos, culturais e outros do conhecimento.

Diante da perspectiva acima, interpretamos que se encontra nos discursos dos professores P₁ e P₉ as marcas de uma voz sem nome, mas fazendo sentido nas suas vozes, apesar de ter origem desconhecida, porém, difundindo a convicção de que o a ausência de atividades experimentais é a responsável pelo desinteresse dos estudantes nas aulas de ciências. Trata-se de uma voz sem nome, mas que dita regras e por não se

questionar as suas origens, perpetua tradições. Segundo Orlandi (2002) essa voz sem nome que se faz presente no discurso assinala a presença da interdiscursividade.

Apesar da relevância atribuída pelos professores P₁ e P₉ à utilização dos experimentos didáticos nas aulas de física, no sentido de motivar os estudantes, no entanto, esses professores não utilizam o mencionado recurso didático. Esta postura deve-se respectivamente às lacunas teóricas e a indisponibilidade dos recursos didáticos no ambiente de trabalho. Comentam:

/.../ Eu queria muito saber usar experimentos com materiais de baixo custo. Assim. Queria saber fazer o experimento e depois usá-lo nas aulas. Seria muito bom pra os alunos (P₁).

/.../ Nunca usei experimentos porque aqui na escola não tem experimentos. Então, não tenho como usá-los. /.../ Até fica melhor para o professor fazer perguntas ao aluno. Então isso é uma suposição minha, mas é uma suposição que tenho muita convicção nela (P₉).

A impossibilidade de trabalharem com experimentos didáticos nas aulas de física do ensino médio é apontada pelo professor P₁ como uma deficiência na sua formação. Comenta:

Uma grande lacuna em meu curso eu apontaria a falta de atividades práticas. /.../ A falta de experimentos. /.../ Pouquíssimas vezes tivemos aulas usando experimentos. Muito poucas aulas. Neste aspecto foi muito deficiente (P₁).

Apesar do professor P₁ reconhecer a deficiência em sua formação no tocante ao uso do experimento, não identificamos no discurso do mesmo uma diferenciação entre as atividades experimentais utilizadas no contexto da educação científica básica e as atividades experimentais desenvolvidas no contexto da formação profissional, em particular, na formação do professor de física.

O professor P₉ também reconhece lacunas na sua formação acerca do uso dos experimentos. Porém, segundo ele, o foco destas encontra-se na insuficiência da quantidade de aulas durante a formação básica.

Semelhantemente ao professores P₁ e P₉, o professor P₄ também atribui importância ao uso das atividades experimentos nas aulas de Física. Acerca desta postura, argumenta:

Acho que não resolveria todos os problemas, mas eu queria trabalhar com experimentos. /.../ Acho que dá pra fazer muitas coisas. A aula torna-se mais dinâmica, o aluno fica mais envolvido e participa mais (P₄).

A concepção de que as aulas de física tornar-se-iam mais dinâmicas, incorpora um discurso pelo qual perpassa uma voz que não distingue entre dinamismo nas atividades cognitivas e nas habilidades manuais. Ou seja, a execução de atividades manuais interpretadas como atividades cognitivas desenvolvidas pelos estudantes.

Semelhantemente ao professor P₁, o professor P₄ também não trabalha com atividades experimentais nas aulas de Física. Porém, os impedimentos alegados pelo professor P₄ para desenvolver tal intento, relacionam-se com as condições disponibilizadas pela estrutura escolar.

A escola não oferece condição para trabalhar com o experimento. Primeiro a escola não tem experimentos. Mesmo que o professor deseje fazer experimentos, não tem um ambiente para ele fazer. Também não tem material disponível. Tem também a questão da utilização. Às vezes um experimento, mesmo sendo simples, não dá pra fazer em um lugar qualquer. Precisa-se de água, fogo, várias outras coisas que não dá pra fazer em uma sala de aula comum (P₄).

Interpretamos que uso o do experimento mostra-se para esse professor como não problemático, haja vista que os impedimentos alegados são de natureza material. Essa postura contraria os resultados de várias pesquisas desenvolvidas no contexto da educação científica.

Questionado sobre a sua formação no tocante ao uso do experimento didático, igualmente ao professor P₁, o professor P₄ diz que as aulas foram quantitativamente insuficiente ou quase inexistente. Porém, o professor P₄ denota que essa lacuna na sua formação poderá ser superada, haja vista possuir certas habilidades para planejar e estruturar aparatos experimentais. Comenta:

Como tudo no curso, foi muito deficiente. Deficiente mesmo. Quase que não tivemos aulas com experimentos. Mas, experimentos simples, assim, experimentos pra usar nas aulas de física do ensino médio eu consigo desenvolver. Então, essa é uma deficiência que eu consigo superar. Tenho idéia de como fazer vários experimentos /.../ (P₄).

Interpretamos no discurso do professor P₄ um ponto de vista ingênuo acerca do uso das atividades experimentais no contexto da educação científica. Esse professor parece perceber a problemática do uso do experimento didático relacionada apenas com destrezas na planificação, montagem e manuseio de aparatos experimentais. Percebe-se que o mesmo silencia em relação a outras possibilidades e necessidades requeridas com o uso do experimento didático. Por exemplo, que o manuseio de aparatos experimentais,

como também a realização de tarefas pré-determinadas, não asseguram melhorias na aprendizagem.

Semelhantemente ao professor P₉, para o professor P₄, através da realização de atividades experimentais, os estudantes mostrar-se-iam bastante motivados nas aulas de física.

Com o experimento o aluno fica motivado prá participar das aulas. Fica mais fácil prá aprender porque ele vivencia aquilo que ele está aprendendo. O aluno pode colocar em dúvida aquilo que está no livro, aquilo que o professor diz. Então, o experimento é importante nas aulas de física (P₄).

A medida que o experimento possibilita ao aluno colocar em dúvida tanto aquilo que o professor menciona, quanto o livro didático, mostra-se como verdade última. Também interpretamos no discurso do professor P₄ que não há uma diferenciação entre habilidades manuais das atividades cognitivas, tal como interpretado no discurso do professo P₁.

Para o professor P₆, de maneira geral, o ambiente escolar é bastante tumultuado. No entanto, a utilização do experimento didático nas aulas de física, iria propiciar uma melhor participação dos estudantes. Comenta:

Mas, se o professor tivesse condições de trabalhar com experimentos, ia ajudar muito. O problema é que é bem mais amplo. Mas, com o experimento, o professor pode trabalhar questões do cotidiano, pode trabalhar com a história da física. E o experimento em si, qualquer que seja ele, o aluno sente muito, vamos dizer, mostra muito interesse. É. O aluno mostra muito interesse, curiosidade pelo experimento /.../ Trabalhei uns oito ou nove meses em uma escola estadual, como contratada. Foi em outra, não foi nessa aqui não. Aí senti isso. Os alunos ficaram bastante interessados (P₆).

Apesar do professor P₆ destacar o aspecto motivacional dos estudantes diante da utilização do experimento didático nas aulas de física, interpretamos em seu discurso a intenção e a possibilidade de utilizar e explorar o mencionado recurso em uma perspectiva mais ampla que aquelas mencionadas pelos professores P₁ e P₄. Por exemplo, trabalhar o experimento em uma perspectiva histórica, trabalhar o experimento em conexão com temáticas do cotidiano. Semelhantemente aos demais que elegeram o experimento didático como recurso privilegiado, o professor P₆ também não trabalha com atividades experimentais nas aulas de física.

O que me impede? Ora. Eu não sei como fazer isso. Tive um professor que sabia fazer. Aliás, ele não foi meu professor. Apenas assisti a uma aula dele

e ele conseguia unir o experimento com a história, com questões do cotidiano. Aí sim. Mas eu não tenho conhecimento sobre isso /.../ (P₆).

Ao contrário dos demais professores que elegeram a utilização do experimento didático como recurso privilegiado nas aulas de Física, para o professor P₆ essa não é uma atividade trivial. Mas, vai além, requerendo do professor uma formação teórica consistente, além do quantitativo de aulas manuseando aparatos em laboratórios didáticos de física.

Apesar do entusiasmo dos professores P₁, P₄, P₆ e P₉ em relação às atividades experimentais, interpretamos que não tiveram uma preparação minimamente satisfatória durante as respectivas formações profissionais no tocante ao planejamento e ao uso dos experimentos didáticos.

Através do discurso dos professores P₁ e P₄ percebe-se que os resultados das pesquisas sobre o uso do experimento didático não permeou a formação deles. Neste sentido, alertamos os professores formadores, que o mencionado recurso didático faz parte do ideário dos professores no sentido de propiciar melhorias no ensino de ciências, conforme evidenciado anteriormente. Nesta perspectiva, as pesquisas envolvendo o uso dos experimentos didáticos deverão adentrar o contexto dos cursos de formação de professores de física.

A concepção de que com o uso de atividades experimentais poderia suplantar as dificuldades de aprendizagem em relação às ciências parece ainda dominar o ideário de muitos professores da educação básica. No entanto, alguns pesquisadores questionam a tão defendida eficiência das atividades experimentais no tocante a aprendizagem dos conceitos científicos. Nesta perspectiva, a voz sem nome que faz sentido principalmente através das vozes dos professores P₁, P₄ e P₉, principalmente, em defesa do uso do experimento, denotam desconhecer as pesquisas que tratam das atividades experimentais nas aulas de ciências da educação básica.

Explanando sobre o que considerava como primordial, tanto para a sua formação, como para as aulas de física no ensino médio, o professor P₂ reporta-se a existe uma valoração para que o ensino de ciências seja desenvolvido de maneira que seja contextualizado com as experiências dos estudantes.

Questionado sobre a origem da proposição de que o ensino de ciências esteja em sintonia com as experiências dos estudantes, percebemos que não se trata de uma solicitação requerida pelos participantes do contexto escolar em que o professor P₂ atua,

nem mesmo decorrente de alguma convicção do professor. Trata-se de uma recomendação que foi recorrentemente pontuada pelos professores do departamento de educação, durante o período em que o professor P₂ encontrava-se em formação. Mesmo destacando que as disciplinas chamadas pedagógicas oferecidas eram em menor quantidade que as técnicas, o professor P₂ menciona:

Então, uma coisa que acontecia muito com as disciplinas da área de pedagogia é esse tipo de cobrança atual acerca da contextualização. É o como fazer essa integração entre o conhecimento científico e o dia a dia do aluno. As vivências dele, a experiência dele, o dia a dia dele, levando em conta o lugar que ele mora, a comunidade, a própria casa dele, enfim... (P₂).

Percebe-se assim no discurso do professor P₂ que, aquilo que ele elegeu como estratégia privilegiada para trabalhar no contexto escolar, especificamente em suas aulas de física, não emergiram das “suas leituras” e reflexões sobre as necessidades e viabilidades do seu contexto de atuação. Mas, valorações privilegiadas pelos professores formadores no contexto da universidade.

Na perspectiva anterior, os professores formadores parecem ditar regras sobre o que deverá ser privilegiado na educação básica. Ou seja, neste discurso evidencia-se que durante a formação do professor P₂ não lhe foi propiciada autonomia racional no sentido de construir uma prática pedagógica que emerge da sua atuação crítica e coletiva no ambiente de trabalho. Possivelmente, uma prática pedagógica pautada no agir comunicativo, conforme menciona Carr (1996).

Apesar da valorização da possibilidade de relacionar o ensino de ciências com as experiências dos estudantes, o professor P₂ argumentou em torno da sua dificuldade de desenvolver um trabalho pautado nesta perspectiva. Alegou que, durante a sua formação profissional, menções acerca da importância dessa abordagem foram bastante recorrentes pelos docentes das componentes curriculares, por ele denominadas, “disciplinas pedagógicas”. Porém, apesar das recorrentes menções ressaltando-se a necessidade de contextualizar-se o ensino de ciências com as experiências dos estudantes, o professor P₂ alega não ter tido a devida fundamentação teórica. Argumenta:

Então, existe essa lacuna. Existe essa dificuldade de como trabalhar, assim o contexto. Como trabalhar o dia a dia? Como trazer para o dia a dia, como trazer para a realidade do aluno isso? É difícil, principalmente dentro da área de ciências, em especial (P₂).

Apesar de uma abordagem que relaciona o ensino de ciências com o contexto social dos estudantes ser uma tendência na educação científica contemporânea, através do discurso do professor P₂, tal abordagem mostra-se como tendo sido contemplada como um jargão pelos professores formadores. Nesta perspectiva, esses referenciais não estão disponíveis para serem mobilizados pelo professor P₂, ou seja, a formação do professor não ocorreu na perspectiva do mesmo adquirir autonomia para criar e recriar o conhecimento, no sentido de abordá-lo em contextos distintos, como discute Freire (2006).

Ainda interpretamos no discurso do professor P₂ que o entendimento do mesmo sobre o contexto, mostra-se na perspectiva mentalista. Ou seja, destaca o contexto, porém em uma perspectiva que não tem aproximações com o agir comunicativo.

Vale salientar que, apesar da sua defesa, o professor P₂ mostra-se reticente em relação à mera valoração do contexto nas aulas de física, tal qual sugerido pelos docentes do departamento de educação. Alega que devido à situação econômica limite em que se encontra submetida à maioria dos estudantes das escolas públicas, diz não possuir convicção que aqueles estudantes possam ter interesse pela aprendizagem da física ou de qualquer outro conhecimento, independentemente da abordagem desenvolvida pelo professor.

Porque é uma grande variedade de realidades, digamos assim /.../. Tem aquela questão também. É. Às vezes o menino é tão pobre que não tem, assim, o que comer em casa, aí vai pra escola pra se alimentar. Aí fica difícil fazer aquela ponte com o ensino de ciências. Sabe, assim ... Por que eu vou me interessar em aprender ciência se eu só venho pra escola realmente pra fazer aquelas refeições que eu não tenho em casa? Realmente, é meio difícil trabalhar esse tipo de realidade. Realmente isso é difícil (P₂).

Interpretamos que no discurso do professor P₂ há uma sensibilização do mesmo no tocante aos conflitos sociais que afligem os estudantes. Além disso, avalia que tais conflitos interferem no contexto escolar, notadamente na aprendizagem dos estudantes. Inclusive o professor P₂ coloca-se no lugar do estudante, no sentido de entender os conflitos destes.

Por que eu vou me interessar em aprender ciências se eu só venho pra escola realmente pra fazer aquelas refeições que eu não tenho em casa? Realmente, é meio difícil trabalhar esse tipo de realidade. Realmente isso é difícil. Pelo menos assim, durante esse tempo uma coisa que eu pude, pude perceber, até em uma disciplina que eu fiz, a Prática de Ensino II que foi em

uma escola pública, no subúrbio, certo. É. Tinha esse tipo de realidade. Era gritante (P₂).

Interpretamos no discurso acima o mecanismo discursivo de antecipação (Orlandi, 2006), ou seja, o professor P₂ colocando-se no lugar do aluno, no sentido de entendê-lo e referenciar o seu discurso sobre a provável irrelevância do ensino de ciências para aquele aluno, mesmo que esse ensino venha a ser contextualizado. Neste sentido, interpretamos que para o professor P₂ a melhoria do ensino perpassa por questões bem mais amplas que a simples abordagem desenvolvida pelo professor.

Acerca da interferência da situação social dos estudantes no contexto escolar, a qual foi abordada pelo professor P₂, interpretamos identificarem-se com as situações-limites, tratadas por Freire (2001). Nesta perspectiva, destacamos a importância desse professor ter tido uma formação que lhe permitisse atuar, por exemplo, como um intelectual transformador, auxiliando os estudantes a desenvolverem práticas educativas emancipatórias, a partir da sua condição histórica, tal qual sugere Giroux (1997), por exemplo.

Os professores P₅ e P₈ também elegeram como prioritário relacionar a Física com as experiências dos estudantes.

Acho que, se o professor de física, ou qualquer outro, conseguisse associar o que ele ensina com o que o aluno vivencia, ele ficava mais motivado. Talvez houvesse interesse, mesmo que o professor tivesse que insistir muito com o aluno. Mas acredito que ele ia mudando, ia participando. Seria um começo (P₅).

Mesmo assim, o professor P₅ menciona que essa sua opinião construiu-se a partir de pequenas ocorrências em suas aulas de física.

Porque é muito difícil você ficar indiferente a alguma coisa que te perguntam quando essa coisa é algo que você conhece, que você vivencia, que está na tua vivencia, no teu dia a dia (P₅).

Apesar da sua defesa, o professor P₅ ressalta que sua formação foi insuficiente para implementar as aulas de física no sentido de contemplar as experiências dos estudantes⁹⁰.

Não digo que tenho tido, porque ai teria que ter sempre. Ai seria uma coisa frequente. Mas não é. É muito esporádico. Assim, quando consigo associar com as experiências deles, participam mais (P₅).

⁹⁰ Uma formação profissional avaliada como insuficiente no sentido de associar o ensino com as experiências dos estudantes, também se faz presente na concepção do professor P₂.

Acerca da impossibilidade de arriscar-se a construir uma prática de ensino que valorizasse as experiências dos estudantes, o professor P₅ aponta as programações restritas e lineares dos livros didáticos como o maior impedimento para a tentativa de abordagem.

Questionado sobre a possibilidade de elaborar um plano didático que não se pautasse na seqüência do livro didático, o professor P₅ alegou que tal proposição, certamente, geraria conflitos nos estudantes, já condicionados a seguirem a seqüência dos livros. Tais conflitos, certamente causariam inquietações mais amplas no contexto escolar, alegou o professor P₅.

Acredito que seria muito cobrado pelos próprios estudantes a respeitar a seqüência do livro didático. Eles ficam muito confusos quando o professor muda a ordem. Já estão muito acostumados com esse esquema. Ainda mais agora, que estão tendo o livro chegando na escola. Uma novidade e todo mundo quer usar (P₅).

Interpretamos no discurso do professor P₅ que os estudantes, e até professores, têm a prática de seguirem a programação dos livros didáticos. Ou seja, o livro didático determinando o que o professor deverá ensinar, como também a seqüência e a abordagem a ser adotada. Essa condição coloca o livro didático contribuindo para o que Giroux (1987) denominou de proletarização do professor, ou seja, são determinações externas impedindo que os professores planifiquem suas ações. Nessa condição, o professor deverá executar aquilo que lhes é determinado através de programações que foram elaboradas por outros que não participaram daquele contexto específico.

O professor P₈ também elegeu as experiências dos estudantes como abordagem que deveria ser contemplado nas aulas de física.

Acho que as aulas de física ficavam muito mais interessantes se o professor conseguisse trabalhar a física, todos os conteúdos da física, associados com questões do cotidiano. Acredito que os alunos iam se interessar muito. /.../ Questões do cotidiano é assim. Associar a física com aquilo que o aluno vivencia, com aquilo que o aluno traz. Acredito que o aluno estudando aquilo que está próximo dele, deixava de ser indiferente nas aulas, passando a ter interesse prá estudar aquilo que vivência (P₈).

Interpretamos que no discurso do professor P₈ a valoração dos aspectos motivacionais dos estudantes, ou seja, o estudante motivado não seria indiferente nas aulas de física. No entanto, também interpretamos no discurso deste professor evidências denotando o entendimento dele sobre a complexidade do ambiente escolar,

como também dos determinantes externos, os quais se encontram além dos aspectos motivacionais dos estudantes.

Apesar da relevância em contemplar as experiências dos estudantes no contexto das aulas de física, o professor P₈ não o faz. Acerca dos impedimentos, alega:

Acho que muita coisa impede. Muitas coisas impedem o professor trabalhar com o cotidiano dos alunos. Primeiro, o professor precisa de tempo e, nesse tempo, também precisa de material para consultar. Precisa saber o que são as questões do cotidiano (P₈).

Pela última menção, percebe-se que o professor P₈ aponta deficiências do contexto escolar como os principais impedimentos para incluir os aspectos do contexto vivencial dos estudantes nas aulas de física. No entanto, não aponta deficiências da sua formação como causa deste impedimento.

O professor P₃ não elege nenhuma abordagem como prioritária para as aulas de física. Alega que a sua formação profissional como um todo foi bastante deficiente, tendo em vista que a maioria das abordagens conduzidas pelos docentes do departamento de física se restringia meramente à repetição dos livros didáticos adotados.

Em relação às abordagens de ensino dos docentes do departamento de educação, o professor P₃ alegou que os mesmos não procediam com um aprofundamento teórico adequado, até porque não são conhecedores da física. Argumentou ele que os professores do departamento de educação, por desconhecerem a Física, não poderiam dar exemplos representativos que significassem uma contextualização genuinamente interdisciplinar nas suas recomendações metodológicas⁹¹. Reportando-se a este contexto, comenta:

Dizem que é importante a interdisciplinaridade, que é importante nas aulas associar os conteúdos aos conhecimentos do aluno. Essas coisas que se repetem tanto e fica só no discurso. /.../ não aprofundar /.../ não fazer conexão com a Física, com os conceitos da Física (P₃).

Através do discurso do professor P₃, identificamos que, no tocante a formação profissional, ainda prevalece abordagens de conteúdos específicos e abordagens de saberes pedagógicos desarticulados entre si. Neste aspecto, evidencia-se que a

⁹¹ Certamente, será importante para atuar em componentes curriculares como Prática de Ensino de Física, Didática e similares, aqueles profissionais que tenham tido uma formação em Ensino de Física em nível de pós-graduação, tendo em vista a possibilidade de contextualizar em questões educacionais com a Física.

estruturação curricular desta formação profissional ainda traz fortes marcas do esquema “3+1”, conforme discutido por Pereira (2000).

Após apontar fragilidades teóricas na sua formação e exemplificando com a quase inexistência de fundamentos sobre a interdisciplinaridade, o professor P₃ vai mais além. Aponta o desconhecimento da universidade em relação ao contexto educacional do ensino médio.

É que a escola é muito diferente de tudo que se imagina na universidade. Quando você chega na escola pensando que vai colocar em prática tudo que aprendeu na universidade, tem que esquecer tudo que te ensinaram lá. /.../ Então, aqueles que não conhecem a realidade da escola ... Nossa!, Dá dó! (P₃).

Interpretamos, no discurso do professor P₃, que as diretrizes formativas da universidade pautarem-se em uma racionalidade técnico-instrumental. Ou seja, uma racionalidade que visa determinados objetivos, sem deter-se nas necessidades do contexto. Em linguagem habermasiana, com a prescrição de recomendações pelos professores da universidade para o contexto da escola básica, contexto do qual são desconhecedores, ocorre a *colonização do mundo da vida*, aqui representado pela escola (FÁVERO, 2003). Com isso, o professor não se mostra encorajado a conduzir a sua prática a partir de uma reflexão teórica sobre o contexto, mas a partir de uma reflexão teórica elaborada sem vínculo com o contexto em que atua.

O professor P₁₀, semelhantemente ao professor P₃, mostra-se reticente em relação ao contexto escolar, evidenciando um desconhecimento da escola pela universidade. Alega a formação deficiente e a complexidade do ambiente escolar, o qual ainda é desconhecido para o mesmo.

É que a gente tem uma formação, ... vamos dizer, uma formação deficiente. Quando a gente chega na escola, parece que a gente nunca ouviu falar daquela realidade. É um mundo a parte. Então, eu estou tentando identificar o que poderia ser prioritário nas aulas de física, o que poderia ser prioritário em meio a toda aquela confusão (P₁₀).

O professor P₇ mostra-se reticente em relação ao que privilegiar como prioritário para o contexto das aulas de física. No entanto, elege a informática educativa como necessidade, tendo em vista a motivação que os estudantes poderiam ter a partir da mesma.

É complicado. Mas, acho que, se o professor trabalhasse com informática, eles poderiam se motivar mais. Mas, informática assim ... não são aulas de informática, mas, aulas de física utilizando-se de recursos da informática.

Acho que isso poderia motivar os estudantes, já que gostam tanto de computadores (P₇).

Interpretamos no discurso do professor P₇, igualmente em alguns outros discursos, a identificação nos aspectos motivacionais dos estudantes, como toda a problemática do ensino. Assim, esses professores não percebem o contexto escolar em uma perspectiva mais ampla, o qual incorpora uma complexidade de interesses.

Ao falarem espontaneamente acerca das principais abordagens por eles valoradas e que consideram importantes para serem trabalhadas nas aulas de física, como também das principais lacunas em suas formações profissionais, as quais repercutiam em suas atuações, o ensino da FMC não se mostrou na memória de nenhum dos professores entrevistados. Silenciaram acerca da importância ou da necessidade de introduzirem a FMC na educação básica. Neste sentido, parece haver um hiato entre as intenções dos professores entrevistados e as sugestões de vários pesquisadores da educação científica, haja vista que o ensino da FMC já se constituiu tendência na literatura específica, conforme abordamos no Capítulo 1, bem como das recomendações de documentos oficiais brasileiros, a exemplo dos PCN+ (BRASIL, 2002).

Considerando que na AD o silêncio também é discurso e, igualmente ao que é explicitado, o silêncio também deverá ser analisado (Pêcheux, 2006), investigaremos no silêncio dos professores por que eles não elegeram a FMC como abordagem a ser contemplada nas aulas de Física.

Para compreendermos se o silêncio dos professores em relação ao ensino da FMC seria um silêncio proposto ou imposto aos professores pelos próprios integrantes do contexto educacional, conforme discute Orlandi (1993), conduzimos os questionamentos que nos subsidiassem investigar qual a importância ou não que os professores atribuíam à introdução da FMC na educação básica. Será que consideravam a FMC como relevante? Ou será que a ausência de menções acerca da FMC era porque a mesma já fazia parte dos planejamentos de ensino desses professores, logo, não se fazendo necessário citar a mesma no contexto em que foram solicitados? Assim, analisaremos estas questões na próxima seção.

7.1.2 A relevância que os professores atribuem ao ensino da física moderna e contemporânea na educação básica

Apesar do ensino da FMC não ter se mostrado na memória dos professores entrevistados como uma abordagem relevante e necessária para as respectivas aulas ou mesmo para a educação científica básica, quando diretamente questionados sobre a proposição da FMC ser introduzida nesse nível de ensino identificamos duas posturas distintas.

A primeira postura dos professores, a qual se evidenciou como predominante entre os entrevistados foi a de que a FMC deveria ser introduzida na educação básica. Em relação a segunda postura de intenções, os professores mostram-se sem uma compreensão acerca da possibilidade de introduzir-se a FMC nas aulas de física do nível médio da educação básica.

Analisemos e interpretemos alguns dos discursos dos professores, a partir das respectivas falas.

Acho super importante. Acho super importante porque são várias as aplicações da Física Moderna. Em várias áreas do conhecimento atual, encontra-se a Física Moderna. Olha, se quiser se compreender a realidade, muitos equipamentos que estão aí no dia-a-dia das pessoas, essas coisas. Tudo tem Física Moderna (P₁).

Interpretamos que o professor P₁ valoriza a compreensão da FMC pelos estudantes no sentido de que estes possam compreender as equipamentos existentes no contexto vivencial dos mesmos. Perspectiva semelhante também encontra-se no discurso do professor P₅.

Como grande parte da atual tecnologia é decorrente da Física Moderna, é importante para o aluno ficar atualizado. Ele precisa entender essa Física (P₅). /.../

Interpretamos que, para os professores P₁ e P₅, a principal importância para a FMC ser introduzida no nível médio da educação básica relaciona-se à possibilidade dos estudantes compreenderem as tecnologias presentes em seus entornos, alegando serem essas tecnologias decorrentes de aplicações tecnológicas da FMC. Seria para o aluno obter um conhecimento da FMC para ficar atualizado e tornar-se um consumidor em potencial?

Interpretamos que, nas menções dos professores P₁ e P₅, acima destacadas, aloja-se um discurso que incorpora uma visão reducionista e utilitarista acerca da FMC, com propósitos em sintonia com a razão instrumental, ou seja, a organização dos meios com o intuito de atingirem-se determinadas finalidades. Essa concepção de razão, prevalente na sociedade industrial moderna, recebeu críticas contundentes dos

teóricos da Escola de Frankfurt. Adorno e Hockheimer (2006), por exemplo, alegam que a mesma prestava-se como um instrumento de dominação. A razão instrumental havia suplantado as proposições de emancipação, propaladas pela racionalidade humanística do Iluminismo.

Assim como para os professores P₁ e P₅, para o professor P₂, a importância a FMC na educação básica também está associada às necessidades dos estudantes compreenderem as tecnologias existentes em seus entornos.

Eu acredito que é relevante. Pra mim, é altamente relevante. Até para os alunos terem consciência de que a Física não parou. É, teve grandes contribuições da física do século XX. É a Física Contemporânea. E o que nos temos hoje como tecnologia, justamente que advém dessa física. Com relação a alguns equipamentos, e até mesmo digamos assim, quando a gente passeia no Shopping, né? Esse tipo de coisa prá mostrar que a coisa não é só estudar dentro do laboratório, dentro das universidades. Que existem outras coisas. Que é justamente trazer o conforto pras pessoas. Que pode ser usado para o bem, mas, que também pode ser usado pró mal, é destrutiva, né? (P₂).

O professor P₂ atribui importância às aplicações tecnológicas decorrentes da FMC, pelo conforto que as mesmas propiciam, notadamente em determinados ambientes. Semelhantemente a posturas dos professores P₁ e P₅, percebe-se que a importância de se compreender a FMC está associada a possibilidades de compreenderem os produtos a serem consumidos pelos estudantes. E esta alternativa é apresentada pelo professor como algo que vai além do ensino pelo ensino, tido com sem utilidade, como também a utilização não destrutiva da FMC.

A relevância que os professores P₁, P₂ e P₅ atribuem à FMC na educação básica, a qual possibilitaria aos estudantes compreenderem principalmente os artefatos tecnológicos em seus entornos, harmoniza-se com os discursos dos PCN+, à medida que em muitos aspectos apresenta propósitos bastante restritos como justificativa para o ensino da FMC. A título de esclarecimento, leiamos um trecho dos PCN+.

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 laser presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores” (BRASIL, 2002, p. 70).

Acerca da sintonia das recomendações para o ensino da FMC contidas nos PCN+ com os propósitos dos professores de Física, interpretamos que essas

recomendações emergem como vozes sem origem explicitada, porém estão fazendo sentido nas vozes dos professores, conforme discute Bakhtin (2006). Possivelmente, o discurso do PCN+ sobre a utilidade do ensino da FMC no tocante a compreensão de aplicações tecnológicas tenham sido incorporados pelos professores durante as respectivas formações profissionais básicas, haja vista que alguns mencionaram a importância de compreenderem o cotidiano de alguns estudantes.

Não identificamos nos discursos dos professores P₁, P₂ e P₅, perspectivas e possibilidades de introduzirem a FMC no nível médio com o intuito de, a partir do diálogo com os estudantes, discutirem a ciência e a tecnologia como expressão dos interesses e da criatividade humanos. Ou mesmo outras abordagens conforme sugerem Taylor e Zafiratos (1991); Torre (1998); Zanetic (2005) e tantos outros, por exemplo. Tampouco identificamos nas intenções dos professores, perspectivas e possibilidades para, através do ensino da FMC problematizarem acerca dos propósitos e implicações das tecnologias elaboradas a partir da mencionada física.

Estamos aqui adotando a “problematização” no sentido freireano, a qual ocorre mediante uma ação dialógica entre os sujeitos e possibilita provocar questionamentos, desafiar a compreensão e a argumentação dos participantes. Nessa perspectiva, a relação dialética entre ação e reflexão, o *eu* de um, não anula o *outro*, mas transforma-o. Logo, trata-se de uma educação científica que tem como meta a emancipação humana. Em sintonia com esta perspectiva, Freire (1993) assinala:

Existir humanamente, é pronunciar o mundo, é modificá-lo. O mundo pronunciado, por sua vez, se volta problematizado aos sujeitos pronunciantes, a exigir deles novo pronunciar (p. 78).

Em síntese, a relevância que os professores P₁, P₂ e P₅ atribuem a compreensão da FMC pelos estudantes da educação básica encontra-se relacionadas a propósitos utilitaristas, os quais, segundo McLaren (1997) prestam-se para atenderem as demandas do capital.

Igualmente aos professores P₁, P₂ e P₅, o professor P₃ também atribui relevância ao ensino da FMC no ensino médio. Porém, essa importância é relativizada, em relação a forma como o professor trabalha essa física com os estudantes. Acerca dessa perspectiva, comenta:

/.../ o conteúdo em si, não traz nenhuma inovação. Precisaria de outras abordagens. /.../ Acho que toda a Física é importante, depende da discussão que o professor consegue fazer (P₃).

Interpretamos no discurso do professor P₃ que a importância do ensino da FMC incorpora preocupações mais amplas que a simples exposição dos conceitos aos estudantes, ao contrário dos demais professores. À medida que o professor P₃ atribui relevância a forma como toda a Física é trabalhada no contexto educacional e não apenas a FMC, associando a mencionada relevância às discussões empreendidas pelo professor com os participantes do contexto, interpretamos neste discurso uma prioridade do *por que ensinar* em relação ao *o que ensinar e como ensinar*.

Na perspectiva explanada acima, interpretamos no discurso do professor P₃ as marcas de uma concepção de ensino que incorpora potencialidade para se harmonizar com uma perspectiva educacional crítica, para a qual é condição fundamental o conhecimento sendo desenvolvido além do âmbito cognitivo e técnico. O conhecimento deverá ser incorporado em uma dimensão política, conforme discute Silva (2004b).

Semelhantemente ao professor P₃, o professor P₆ também percebe o ensino da FMC no ensino médio como importante, assim como outras abordagens também o são para a formação dos estudantes.

Que é importante, não tenho dúvida que é importante a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Trabalhar música, teatro, também são importantes para desenvolver o potencial dos alunos, são possibilidades de realização deles. /.../ Conhecer a Física Moderna é conhecer uma parte importante da Física. Suas aplicações tecnológicas são muito amplas e são muitos os benefícios trazidos. Por isso é muito importante ser estudada no ensino médio (P₆).

Há no discurso do professor P₆ uma percepção a ciência e da tecnologia como elementos neutros, além disso, como se fossem acessíveis a todos, indistintamente.

Para o professor P₄, a FMC é importante por se tratar de um conhecimento produzido recentemente e que, segundo ele, foi decorrente do desenvolvimento da Física Clássica. A importância atribuída pelo professor P₄, ao ensino da FMC na educação básica encontra-se situada com a construção de uma percepção sobre o desenvolvimento da física, pelos estudantes.

Prá o aluno saber que aquele conhecimento da Física Clássica não parou. Continuou e surgiram novas descobertas. A mente precisa estar aberta para outras possibilidades, que resultaram do surgimento e da evolução da Física Moderna (P₄).

Em um primeiro momento, poderia interpretar-se como sendo um discurso que incorpora um ponto de vista mais amplo acerca das conseqüências da FMC. As

influências desta física na arte, por exemplo, haja vista que o autor refere-se a “outras possibilidades decorrentes da evolução da Física Moderna”. No entanto, este discurso está restrito ao ensino do formalismo em si.

Também interpretamos no discurso do professor P₄ uma concepção de que não ocorre uma ruptura entre os pressupostos da FMC e da Física Clássica. No momento da entrevista, lançamos questionamentos visando aclarar este ponto de vista, interpretamos que se trata de uma lacuna na formação do mencionado professor.

Diferentemente dos demais professores, os professores P₇ e P₁₀ mostram-se sem parâmetros para avaliar a introdução da FMC na educação básica. Mencionam que nunca refletiram sobre tal possibilidade. O professor P₇ comenta:

Interessante, eu não tinha pensado nisso. Física Moderna no ensino médio? Acho que isso é mais uma das coisas que a gente não pensa na universidade. Mas de repente, a gente se percebe que está atrasado, defasado em relação ao tempo (P₇).

Há evidências no discurso dos professores P₇ de que, durante a sua formação profissional, os professores formadores não lhe oportunizaram a refletir sobre a inserção da Física Moderna e Contemporânea na educação básica. Neste discurso, também se evidencia que, no contexto da escola básica, notadamente naquela em que os professores encontram-se vinculados, não existem discussões que vislumbrem a mencionada possibilidade. Novamente, evidencia-se um hiato entre o que sugerem os pesquisadores acerca da introdução da FMC na educação básica e os processos formativos de professores.

A ausência de discussões sobre o ensino da Física Moderna na educação básica também foi identificado no discurso do professor P₁₀, quando comenta:

Eu prefiro não emitir nenhuma opinião sobre o ensino da Física Moderna no ensino médio. Não é por nada. Apesar de ter estudado Física Moderna, de continuar estudando Física Moderna, porque gosto de Física Moderna, não sei como seria, como deveria fazer prá trabalhar com ela em minhas aulas. Você me entende? (P₁₀).

A partir da menção acima, também interpretamos nos discursos dos professores P₇ e P₁₀ que se deparam com situações que não foram refletidas durante as respectivas formações profissionais. A introdução da FMC no ensino médio é apenas uma entre outras possibilidades. Tal condição evidencia uma formação pautada na racionalidade instrumental, ou seja, uma formação básica que não teoriza sobre o contexto da atuação do futuro professor. A medida que esse professor não reflete sobre o contexto da sua

futura atuação, suas ações serão desenvolvidas a partir de um agir instrumental, seja nos planejamentos, seja na atuação na sala de aula, seja na interação com os demais participantes do contexto escolar.

O professor P₈ também se mostra reticente em relação à introdução da FMC no nível médio de ensino e, semelhantemente aos professores P₇ e P₁₀, denota também não ter sido oportunizado a uma reflexão sobre essa possibilidade.

Não conheço como fazer, não conheço, quem faça. Não conheço nenhum, mas nenhum professor de física que trabalhe Física Moderna nas aulas. Então não tenho assim o que dizer. Se é possível, se é, digamos assim, se é viável, vantajoso, eu desconheço. Eu nunca estudei, nunca vi ninguém falando que é possível. Desconheço totalmente (P₈).

O professor P₉, apesar de ter mencionado que toda a física deveria ser estudada pelo aluno, não incluiu a Física Moderna e Contemporânea, alegando não ser esta física compreendida pelos alunos que não possuem uma formação sólida. Explica:

Ótica, eletricidade, mecânica, são conteúdos que podem ser estudados pelos alunos da escola pública. Física Moderna não. Física Moderna não é possível ser entendida pelo aluno da escola pública. Aliás, não é só de escola pública não. De muitas escolas particulares também, os alunos não tem condições de aprenderem a Física Moderna. Somente aquelas escolas muito famosas, aquelas escolas particulares que são muito rigorosas e que o aluno tem uma formação muito sólida, uma formação profunda (P₉).

Percebe-se que neste discurso incorpora-se a concepção de que qualquer que seja a escola pública da educação básica, não apresenta “qualidade no ensino”. Logo, alunos impossibilitados de compreenderem a FMC. Ou seja, a educação de classes.

Para o professor P₉, a aprendizagem da FMC encontra-se bastante relacionada com a compreensão de formalismos matemáticos.

A maioria dos alunos da escola pública não sabe nem fazer as operações básicas. É exceção aquele que sabe. Então trabalhar toda aquela matemática da Física Moderna, é simplesmente impossível. Impossível mesmo por essa falta de formação. Entenda, eu não estou dizendo que o aluno da escola pública é incapaz. Não. Não é isso. Apenas estou dizendo que ele não tem formação para aprender Física Moderna. Isso é a realidade /.../ Ora. Aquelas equações diferenciais parciais, os números complexos. Toda aquela matemática. Eles nunca ouviram falar disso (P₉).

Interpretamos que perpassa pelo discurso do professor P₉, a concepção de que o estudante que deverá se adequar as exigências cognitivas requeridas pelo conceitos da FMC. Isso nega a autonomia do estudante no sentido de aprender a partir das próprias disponibilidades argumentativas. Há também neste discurso a impossibilidade de diálogo entre os diferentes, ou seja, o partilhar de informações e conhecimentos a partir do patamar disponibilizado.

Também interpretamos no discurso do professor P₉, que a sua formação profissional não lhe propiciou autonomia para criar e recriar o conhecimento sobre a FMC, tal como discute Freire (2006). Por isso, mostra-se incapaz de contemplar outras abordagens que não aquelas referentes a determinados formalismos matemáticos, com os quais os estudantes da educação básica não estão familiarizados.

Semelhantemente aos professores pesquisados por Machado e Nardi (2003) e Oliveira et al (2007), a maioria dos professores que participaram da presente investigação consideram relevante o ensino da FMC na educação básica. No entanto, a ausência da FMC nos respectivos planejamentos de ensino, bem como dos seus pares, evidencia um descompasso entre as intenções dos professores de Física do nível médio e as proposições dos pesquisadores, em termos de abordagens para a educação científica, a exemplo de Gil et al (1987), Stannard (1990), Torre (1998) e vários outros, citados no Capítulo 1.

A despeito da constatação acima, bem como do lugar e posição ocupados pelos sujeitos, haja vista que interferem na produção dos sentidos (Orlandi, 1988), fazemos os seguintes questionamentos: De que lugares e com que sentidos falam esses pesquisadores acerca da importância da FMC na educação básica? Para quem e com que intenções eles falam, tendo em vista que os seus propósitos e sugestões acerca do ensino da FMC não têm deixado suas marcas nos discursos dos professores da educação básica?

Tal constatação vai ao encontro das apostadas por Almeida (2003), ao evidenciar que frequentemente tem sido dito pela academia aquilo que o professor da educação básica deverá fazer, sem que seja avaliado as condições em que este professor se encontra.

Tendo em vista a importância que se atribui ao ensino da FMC na educação básica, a exemplo dos professores aqui entrevistados e mesmo assim, nenhum deles está introduzindo a mencionada física em suas aulas, como também não a incluíram em planos de ensino, na próxima secção, passemos a investigar quais os impedimentos que

levam os professores entrevistados a não contemplarem a FMC em suas respectivas aulas.

7.1.3 Os impedimentos para os professores introduzirem a física moderna e contemporânea na educação básica

Diante das posturas que os professores apresentam em relação ao ensino da FMC no ensino médio, inclusive com algumas valorizações, o nosso principal intento nesta secção é interpretarmos nos discursos destes professores os obstáculos que os impedem de cumprir o mister de introduzirem essa física em suas programações de ensino. Seriam impedimentos decorrentes das deliberações das equipes representantes dos órgãos oficiais, os quais apresentam uma programação a ser cumprida pelo professor sem que esta contemple a FMC?

Tendo em vista vários professores entrevistado terem mencionado que elaboravam os planos de ensino livremente, a possibilidade dos representantes dos órgãos oficiais determinarem uma programação a ser rigorosamente cumprida pelos professores nos pareceu pouco provável. Então, seriam restrições existentes no contexto escolar imediato que impedem os professores entrevistados introduzirem a FMC em seus planos de ensino? Ou seriam impedimentos de natureza mais complexa e ampla?

Na presente secção, focamos os recortes no nosso diálogo com os professores, cujos discursos construídos fornecem alguns esclarecimentos aos questionamentos apresentados acima.

Questionado sobre a ausência da FMC em seus planos de ensino, o professor P₁ alegou o reduzido tempo disponibilizado às aulas de física, associado a uma extensa programação de conteúdos da Física Clássica a serem trabalhados.

Temos muitos conteúdos e pouco tempo. Não vejo como. Não vejo como fazer isso. Normalmente a gente sabe que começa com a mecânica, mas onde vai terminar, o que vai avançar, é imprevisível. Às vezes a gente chega no terceiro ano e não conclui a parte de Mecânica. /.../ Temos duas aulas semanais de cinquenta minutos cada. Não há tempo suficiente. Não consigo trabalhar nem a Física Clássica. Então, trabalhar a Física Moderna não dá. Simplesmente impossível (P₁).

Interpretamos no discurso do professor P₁ que a FMC somente deverá ser contemplada nas abordagens da sala de aula após a conclusão da programação da Física Clássica e nunca simultaneamente ou mesmo previamente. Assim, diante da insuficiência do tempo em contemplar toda a programação da Física Clássica, o

professor P₁ argumenta com a impossibilidade de contemplar a FMC em sua programação de ensino. A entrevista foi conduzida no sentido do professor aclarar esse ponto de vista.

Convidado a idealizar um contexto em que a problemática decorrente do tempo reduzido disponibilizado para as aulas de física fosse suplantada, solicitamos ao professor P₁ considerações sobre uma possível abordagem da FMC. O foco inicial desse questionamento foi em que momento ele trabalharia a FMC nas aulas de Física.

Com certeza, depois de todos os conteúdos do volume três. Aí eu ia trabalhar na sequência o volume um, volume dois e depois do volume três. Com isso, já no último ano, o aluno ia ter base para que a Física Moderna fosse trabalhada. /.../ Mas, com a carga horária atual, é impossível (P₁).

Evidencia-se no discurso do professor P₁, que a sequência da programação e dos conteúdos de física contemplada nos planos de ensino é determinada pela sequência da programação, costumeiramente adotada pelos livros didáticos. Assim, configura-se a influência que os livros didáticos exercem nas escolhas dos conteúdos, bem como nas sequências didáticas adotadas (CAMPANARIO, 2001; SELLES e FERREIRA, 2004).

Ainda no contexto de desprezar os impedimentos decorrentes do tempo reduzido para a introdução da FMC nas aulas de física, o professor P₁ alega prováveis dificuldades dos estudantes em compreenderem a essa Física.

Olha. Como falei. Não tenho como dizer agora. Realmente preciso de um tempo. De um tempo prá pensar em tudo isso. Pela formação do aluno não vejo como. Isso não é só os alunos das escolas públicas, que infelizmente a gente sabe que não é uma boa formação. A gente sabe disso. É a realidade. Até mesmo nas melhores escolas particulares, acho que não tem com se ensinar Física Moderna. Os alunos não compreendem o formalismo matemático que é muito abstrato para eles. Eu não vejo como trabalhar aquele formalismo matemático no Ensino Médio. Eu não tenho uma resposta prá essa situação, porque é muito nova prá mim. É totalmente nova (P₁).

Evidencia-se no discurso do professor P₁ que a possibilidade de introduzir a FMC na educação básica não foi contemplada na formação em sua formação básica ou mesmo, na formação posterior. Logo, novamente percebe-se um hiato entre o que sugerem os pesquisadores e a formação dos professores de física.

Interpretamos ainda que para o professor P_1 , a FMC restringe-se ao formalismo matemático subjacente a sua estruturação conceitual. Logo, essa condição inviabilizaria a introdução da mencionada física no Ensino Médio, segundo o professor P_1 .

Reportando-se ao contexto da teoria quântica, o professor P_1 discorre sobre o formalismo matemático estruturador da teoria, o qual certamente impedirá os estudantes do nível médio apropriarem-se desse conhecimento. Acerca dessa condição, comenta:

/.../ Não dá pra você trazer aquele formalismo matemático da Física Moderna para o ensino médio. Veja Quântica, por exemplo. Como trabalhar uma função de onda com os alunos do ensino médio? Ele não sabe nem o que é uma grandeza complexa. Que eu saiba, isso não é trabalhado no ensino médio. É isso. É muito abstrato pra eles (P_1).

Interpretamos que para o professor P_1 o ensino da Teoria Quântica na educação básica seria a repetição do mesmo formalismo matemático, tal qual se encontra nos livros didáticos destinados ao ensino superior. Neste sentido, podemos inferir que o mencionado professor não conseguirá adequar um formalismo conceitual para novos contextos.

A partir da perspectiva existente no último parágrafo, teria sido a formação do professor no tocante a teoria quântica construída com ênfase no formalismo matemático, sem uma discussão dos aspectos epistemológicos e ontológicos subjacentes a tais formalismos? Investigaremos esta questão na próxima seção.

A perspectiva da FMC, notadamente a teoria quântica, ter sido trabalhada com o professor em uma perspectiva restrita ao formalismo matemático inviabiliza também a possibilidade dele trabalhar a FMC na perspectiva de contribuir para uma educação científica crítica e emancipatória, conforme preceitos pontuados por Prestes (1995). O professor também estará impossibilitado de trabalhar a FMC em articulação com a cultura, conforme sugerem Torre (1998), ou articulada com várias áreas do conhecimento, favorecendo assim a educação problematizadora (Zanetic, 2005) e outras.

Solicitado sobre uma possível estratégia no sentido de introduzir a FMC nas aulas de física, a partir das condições reais do seu contexto profissional, o professor P_1 mostra não ter nenhuma sugestão à proposição.

Olha, não tenho como dizer agora. Realmente preciso de um tempo. Pela formação do aluno não vejo como. Isso não é só os alunos das escolas públicas, que infelizmente a gente sabe que não é uma boa formação. A gente sabe disso. É a realidade. Até mesmo nas melhores escolas particulares, acho que não tem com se ensina Física Moderna. Os alunos

não compreendem o formalismo matemático. Não vejo como trabalhar aquele formalismo matemático no ensino médio (P₁).

Não interpretamos no discurso do professor P₁ qualquer argumento que atribua a inviabilidade de introdução da FMC nas aulas de física como decorrentes da sua formação insuficiente para tal intento. O impedimento de cumprir o mencionado propósito sempre é argumentado pelo professor P₁ como sendo decorrente da má formação dos alunos e do tempo reduzido para as aulas de física.

Em uma perspectiva de argumentação semelhante à do professor P₁, o professor P₅ também alegou que o tempo reduzido, associado às dificuldades dos estudantes, como o principal impedimento para trabalhar a FMC nas aulas de Física.

O tempo não é suficiente nem pra trabalhar a Física Clássica da programação. A Física Moderna, nem pensar. São apenas duas aulas por semana, e com as dificuldades dos alunos, a gente não consegue avançar muito; aí não dá pra terminar a Física Clássica (P₅).

Também solicitado a idealizar uma situação em que os impedimentos temporais fossem suplantados, o professor P₅ mencionou que trabalharia a FMC após cumprir a programação da Física Clássica.

Física Moderna seria a parte final da programação do terceiro ano, quando terminasse toda a programação. Teria que ter trabalhado toda a mecânica. Também a parte de ondulatória, eletricidade e magnetismo. Como falei, com duas aulas de física por semana, não dá. Sem falar nas outras dificuldades que existem (P₅).

A proposição dos professores P₁ e P₅ em introduzirem a FMC no último ano do ensino médio, após abordarem toda a programação da Física Clássica, denota incorporar uma hierarquia temporal para a aprendizagem dos conceitos pelos alunos. Ou, como defende Bernstein (1996), a distribuição do conhecimento educacional apóia-se em formas de poder.

A sequência temporal de conteúdos da física também incorpora a articulação de etapas semelhantemente àquelas prevaletentes em uma linha de produção fabril. Conforme discute Silva (2004b), esse perfil de programação curricular foi organizado a partir da segunda década do século XX, nos Estados Unidos da América, porém com influências em diversos países. A mesma foi inspirada na administração científica proposta por Taylor aos processos fabris. Com tal modelo de proposição curricular, visavam eles ajustar a escola aos feitos da racionalidade e da eficiência requeridos por

uma sociedade que enfrentava um crescente processo de industrialização e de urbanização (SILVA e MOREIRA, 1994). Apesar de todas as críticas já recebidas, interpretamos que a programação curricular como sequência rígida dos conteúdos, ainda apresenta suas marcas nos discursos dos professores.

Também solicitado a discorrer sobre uma possível estratégia para planificar a introdução da FMC nas aulas de Física do nível médio, o professor P₅ mostra-se sem sugestão. Comenta:

Como ainda não trabalhei a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, prefiro não sugerir no momento. Eu precisava de me planejar, adquirir experiência com essa parte da física no ensino médio. Eu nunca trabalhei. Também não foi trabalhado quando eu fiz o ensino médio. Assim não tenho condições de dizer, de propor nada agora (P₅).

Semelhantemente ao professor P₁, interpretamos no discurso do professor P₅, que a impossibilidade de introduzir a FMC nas aulas de física não está associada a possíveis deficiências na sua formação profissional. No entanto, para o professor P₅, a mencionada impossibilidade encontra-se associada a uma falta de experiência. Neste discurso encontra-se assim a concepção de que o ato de ensinar não requer uma teorização prévia, mas uma prática, a aplicação e a adequação de técnicas de ensino.

A ausência de experiências também é mencionada pelo professor P₄, como um dos impedimentos para opinar sobre uma possível introdução da FMC nas aulas nas aulas de física na educação básica.

Não tenho experiência nenhuma com a Física Moderna e Contemporânea nas aulas de física. Nunca trabalhei. Você está pedindo prá que eu fale de uma possível maneira como eu trabalharia? Falar agora? Falar como seria a minha abordagem? É isso? Simplesmente não sei (P₄).

Semelhantemente aos discursos dos professores P₁ e P₅, não há no discurso do professor P₄ nenhuma evidência de que a ausência de uma fundamentação teórica seja o impedimento que o inviabiliza implementar uma abordagem da FMC na educação básica.

O professor P₃, igualmente aos professores P₄ e P₅, considera-se sem possibilidade de introduzir a FMC nas aulas de física do ensino médio. Porém, ao contrário daqueles professores, P₃ joga para as lacunas da sua formação a causa da mencionada impossibilidade.

Com as aulas que tive, fica difícil até me situar. Pelo menos agora. Sem condições. Simplesmente isso. /.../ não sei como seria. Por onde começar? Quais os conteúdos? Não faço a mínima idéia /.../ (P₃).

Acerca da deficiência atribuída a sua formação, P₃ menciona que a FMC é uma Física que requer um pouco mais de abstração, porém, ao contrário da Física Clássica, a qual, quando o professor que não construiu uma fundamentação teórica satisfatória, poderá apenas fazer um resumo dos conceitos dos livros didáticos utilizados na formação dele. Com a FMC, acredita o professor P₃, que essa estratégia seja inválida.

Olha. Veja bem. Se for pra repetir tudo que está nos livros ... É. Repetir assim, fazer um resumo e levar pra sala de aula, eu faço. Mas, se for assim, assim, levar o aluno a fazer perguntas, a pensar, eu não faço. Não tenho condições não /.../ É... Fazer um resumo dos livros usados na universidade, não é assim nos livros do ensino médio? Pelo menos nos livros da física clássica. Os mesmos conteúdos e as mesmas seqüências, só que com uma abordagem mais superficial dos livros usados nas disciplinas na universidade (P₃).

Interpretamos que o professor P₃ tem em mente que ensinar deverá ir além da transmissão dos conteúdos. Ensinar parece requerer também do professor a criação de possibilidades para incitar a participação dos estudantes. Nesta perspectiva o professor P₃ menciona que, introduzir a FMC no ensino médio a partir de uma repetição dos livros didáticos não é possível, tal como é possível fazê-lo com a Física Clássica.

Reportando-se a uma abordagem específica sobre a Teoria Quântica tratada em uma componente curricular em em sua formação, no sentido de enfatizar o formalismo matemático, comenta:

Apenas um exemplo. Pronto, usamos um livro de Mecânica Quântica. Lá naquele capítulo que fala da equação de Schrödinger. É, você usa a EDP, a EDO, encontra aquelas constantes. São os números quânticos. Se retirar os cálculos, o que fica? Nada! Acho que precisa entender como aquilo surgiu, a sua história (P₃).

Interpretamos, nos discursos dos professores, que durante as respectivas formações foram contemplados, direta ou indiretamente,⁹² com abordagens da Física Quântica que trazem as marcas do Programa Pedagógico de Feynman et al (1965). A adoção deste formalismo parece não ter contribuído para que os professores construíssem uma visão conceitual, epistemológica e ontológica satisfatória da mencionada física, resultando na impossibilidade deles fazerem as adequações pertinentes e introduzirem a FMC no nível médio da educação básica. Logo, a

⁹² Na verdade, a abordagem de Feynman et al (1965) foi pouco utilizada nos cursos de MQ. Uma das razões precípua é que ela não atendia às necessidades de um curso instrumental. Dizia-se, muito freqüentemente, que ela era boa para quem já soubesse MQ, mas não para introduzir esta disciplina a principiantes.

impossibilidade de trabalhar a FMC em outros enfoques, que não apenas o mero formalismo matemático.

Freire (2006) discute as dificuldades de um professor que teve sua formação pautada na memorização mecânica e repetição de idéias em tornar-se um professor crítico, tendo em vista que não percebe nenhuma relação desse conhecimento memorizado com as estruturas que necessitam ser questionadas. Esse conhecimento não harmoniza-se com aqueles necessários as classes desfavorecidas.

Diante dos impedimentos alegados pelos professores, em que medida seria possível um professor trabalhar a FMC em uma perspectiva de valorização das experiências dos estudantes, conforme mencionado anteriormente pelo professor P₂?

Sobre os impedimentos para introduzir a FMC nas aulas de física, em um primeiro momento, o professor P₆ alegou as reais condições em que se encontram as escolas públicas, tais como o quantitativo de aulas, deficiências conceituais dos estudantes e outros.

É. São as condições da escola pública que não permite. A quantidade de aulas que são muito poucas. A programação não é cumprida. As deficiências dos alunos são muitas. As condições da escola, do professor. Tudo isso inviabiliza /.../ Aqui não dá nem prá tentar imaginar como seria (P₆).

Por alegar o não cumprimento da programação como uma das motivações para não se introduzir a FMC no nível médio, interpretamos que há no discurso do professor P₆ a convicção de que a mencionada física somente deverá ser trabalhada com os estudantes após a finalização da programação da Física Clássica.

É. Trabalhar a Física Moderna e Contemporânea no terceiro ano. A não ser que ele terminasse toda a programação antes. Antes do final do segundo ano. Como acho isso quase impossível, por melhor que seja a escola, coloco essa possibilidade para o terceiro ano, talvez a partir da metade do terceiro ano (P₆).

Conforme mencionado anteriormente, esta convicção também foi interpretada nos discursos de outros professores, notadamente nos discursos dos professores P₁ e P₅. Apesar do professor P₆ ter alegado questões relacionadas com o contexto escolar, no sentido de inviabilizar a introdução da FMC nas aulas de física, este impedimento parece ir mais além. Evidenciam-se deficiências nas etapas da formação profissional dele.

Solicitado a idealizar a suplantação dos problemas que inviabilizam a introdução da FMC no nível médio de ensino, o professor P₆ revela problemas em sua

formação, os quais evidenciam impossibilidades para ele implementar a mencionada proposição nas aulas de física. Assim alega:

Isso é uma situação nova pra mim. Nunca precisei pensar nisso no contexto dessa escola aqui. Nunca me vi diante dessa condição. Por isso, nunca pensei nessa possibilidade, nunca pensei em como iniciar com a Física Moderna, entende? É uma situação que eu preciso analisar. No momento, eu não tenho nenhuma proposta, não sei realmente como eu poderei trabalhar a Física Moderna /.../ Nunca vi isso. Quer dizer, tivemos disciplinas de Física Moderna, mas, especificamente a Física Moderna no ensino médio, isso não vimos (P₆).

Percebemos que, semelhantemente ao professor P₆, o professor P₇ também nunca foi oportunizado a refletir sobre a possibilidade e a viabilidade de introdução da FMC na educação básica. A ausência de uma reflexão sobre o ensino da FMC na educação básica também foi alegada pelo professor P₇ como sendo mais uma lacuna da sua formação.

Interessante, eu não tinha pensado nisso. Física Moderna no ensino médio? Acho que isso é mais uma das coisas que a gente não pensa durante o tempo que fica na universidade. Mas, de repente, a gente se percebe que está atrasado, defasado em relação ao tempo, em relação ao que se exige aqui fora (P₇).

Tendo em vista que a possibilidade de introdução da FMC no ensino médio sequer encontra-se na memória dos professores P₆ e P₇, interpretamos que uma fundamentação sobre esta abordagem tenha sido ausente em suas formações. Ou seja, há um hiato entre o que sugerem os pesquisadores e aquilo que priorizam os professores formadores.

Reportando-se as aulas das componentes curriculares que contemplaram a FMC durante a sua formação, evidencia-se que estas focaram a exposição dos conteúdos.

Nunca ocorreu. Apenas seguia o programa, os conteúdos. Essas discussões extras ele nunca abordou. Também não sei se o tempo era suficiente, porque precisava detalhar todas as etapas pra que a gente pudesse entender. Senão a gente ficava parando, perguntando os detalhes, as passagens (P₇).

Ou seja, apesar do professor ter tido componentes curriculares relacionadas com a FMC em sua formação, o sujeito do conhecimento - futuros professores de física e posteriormente interagindo estudantes da educação básica - não foram o foco das mencionadas proposições. Ou seja, a prioridade nas aulas das mencionadas

componentes curriculares era focada no cumprimento da programação pré-estabelecida e não com o sujeito do conhecimento, seja esse o futuro professor, seja esse o futuro estudante do ensino médio.

Em uma perspectiva similar aquela apresentada pelo professor P₇, o professor P₈ mostra-se desconhecedor de qualquer possibilidade para a introdução da FMC no ensino médio. Alega:

Não conheço como fazer, não conheço quem faça. Não conheço nenhum, mas nenhum professor de física que trabalhe Física Moderna nas aulas. Então não tenho assim o que dizer. Se é possível, se é, digamos assim, se é viável, vantajoso, eu desconheço. Eu nunca estudei, nunca vi ninguém falando que é possível. Desconheço totalmente (P₈).

Interpretamos que no discurso do professor P₈ há evidências de que na matriz curricular do curso que ele licenciou-se, o ensino da FMC na educação básica não foi priorizado, apesar da existência de componentes curriculares que tratam da mencionada física.

Novamente chamamos a atenção para o descompasso entre as sugestões dos pesquisadores acerca da urgente necessidade de introduzir-se o ensino da FMC na educação básica e as impossibilidades dos professores de Física aqui entrevistados em fazê-lo. Isso assemelha-se às constatações de Almeida (2003) acerca da leitura das recomendações da academia, endereçada ao professor de Física da educação básica brasileira. Ou seja, dizem aos professores o que deverá ser feito, porém, não se considera as reais condições que os mesmos encontram-se submetidos para fazê-lo, tampouco como interpretam o significado de tais proposições.

Diante da pertinência da colocação de Almeida (op cit) para o presente contexto, analisaremos nos discursos dos professores entrevistados as marcas das diretrizes curriculares que permearam as suas formações no tocante a FMC, haja vista que, pelos discursos construídos acima, os professores não foram oportunizados com nenhuma reflexão acerca da introdução da FMC no nível médio da educação básica.

As interpretações dos discursos acima evidenciam que os maiores impedimentos para os professores introduzirem a FMC em suas programações curriculares e nas respectivas aulas de física, não estão relacionados com impedimentos existentes no contexto administrativo imediato, tampouco com as condições dos estudantes. Os impedimentos para os professores cumprirem o mencionado propósito evidenciam-se como estando situados nas respectivas formações profissionais, haja

vista que os professores mostram-se sem sugestões e sem possibilidades para iniciarem tal intento. Diante desta perspectiva, na secção seguinte, analisaremos as formações dos professores no tocante ao ensino da Física Moderna e Contemporânea.

7.1.4 A formação dos professores e o ensino da física moderna e contemporânea

Tendo em vista as evidências de lacunas nas formações básicas dos professores entrevistados, no tocante a perspectiva de introduzirem a FMC em seus planejamentos de ensino, passamos a analisar aspectos das etapas formativas que os professores entrevistados percorreram, no sentido de avaliarmos em que medida constitui-se um impedimento para os professores abordarem a FMC em suas aulas.

O professor P₁ cursou as componentes curriculares Estrutura da Matéria e Física Moderna durante a sua formação básica (Universidade A). Ainda durante o mesmo período, na condição de aluno especial, curso as componentes curriculares Estrutura da Matéria I e II, em outra universidade pública (universidade B), em um curso destinado a formação de licenciados e bacharéis em física. Após a conclusão da licenciatura em física na universidade A, o P₁ também cursou a componente curricular Mecânica Quântica I, oferecida em curso destinado a formação de licenciados e bacharéis em física, na universidade B.

O professor P₁ menciona que, apesar das semelhanças das programações das componentes curriculares oferecidas pelas duas universidades, na universidade B, a programação foi desenvolvida com maior profundidade e rigor teórico.

As aulas eram baseadas na seqüência do livro didático. Era a mesma coisa. Só que, como falei antes, na Federal [universidade B] era mais aprofundado, mais detalhado. Aí que usavam outros livros. /.../ Eles iam fazendo a exposição dos conteúdos. Utilizavam o quadro e quando a gente tinha dúvida, ia perguntando (P₁).

Apesar de em uma das universidades (universidade B) priorizar-se o aprofundamento teórico da FMC em relação à outra, em ambas, as abordagens de ensino baseavam-se nas mesmas pressuposições: cumpriam a seqüência do livro didático e as eram aulas expositivas.

Também identificamos no discurso do professor P₉ evidências de que as aulas de Física Moderna e Estrutura da Matéria eram baseadas na exposição dos conteúdos, seguindo a seqüência adotada pelo livro didático.

Nas duas disciplinas o professor seguia os capítulos do livro didático adotado. Depois de um certo período, assim, próximo a época das provas,

então eles faziam uma revisão. Agora, como foram trabalhadas, era assim. Foram muito parecidas. Eles iam expondo o conteúdo e a medida que os alunos tinha dúvidas, eles iam explicando. Alguns assuntos os alunos apresentavam mais dúvidas. Outros não. Era assim ... (P₉).

Interpretando o discurso do professor P₁ no tocante as avaliações de aprendizagem implementadas nas componentes curriculares Estrutura da Matéria e Física Moderna, requeriam dos futuros professores a repetição de questões que haviam sido propostas anteriormente, através das listas de exercícios.

Bom, nas duas, nas duas disciplinas as provas eram basicamente as listas de exercícios. /.../ As listas de exercícios e as provas ao final de cada unidade e a prova final para aqueles alunos que não alcançaram a média, também. Só que, com todo o programa. Mas, a diferença das provas era o nível /.../ Se não fossem as listas, não dava pra fazer as provas. /.../ É que as questões da prova eram semelhantes as das listas. Às vezes, até bem mais fáceis. Só que a gente tinha uma semana pra fazer as listas, e as provas, não (P₁).

Evidencia-se no discurso do professor P₁ que as componentes curriculares abordando a FMC foram desenvolvidas em uma perspectiva que Freire (2001) denomina educação bancária. Ou seja, o professor expõe os conteúdos, o estudante memorizando e, nas avaliações de aprendizagem posteriores, o estudante devolve aquilo que foi previamente “depositado” em sua mente.

Na universidade B, o professor P₂ também cursou as componentes curriculares Estrutura da Matéria I e II e Mecânica Quântica, tal como o professor P₁. Interpretamos no discurso do professor P₂ que suas percepções sobre as aulas de Mecânica Quântica também foram conduzidas em uma perspectiva que incorporou marcas da educação bancária.

Olha, as aulas eram expositivas. É; aulas bastante tradicionais, eu posso dizer assim. Sempre expositivas. O professor chegava, fazia a exposição, sem se preocupar o que a gente aprendia. Precisava finalizar a programação. O quadro era usado em excesso pelo professor. Assim, muitas equações, muitas definições. A gente sente também a questão da explicação. Por mais que o professor saiba, mas há a dificuldade em transmitir aquele conhecimento. São conceitos totalmente abstratos. Não é uma coisa que você visualiza, faz parte do micro; é uma coisa totalmente abstrata, certo? Então, a gente sentia essa dificuldade em como ele transmitia esse tipo de coisa. Como que ele poderia demonstrar o comportamento da partícula através do spin? É ... esqueço o nome agora. Quando estava escrevendo as equações tinha um símbolo... não sei se era o bra .../.../ Exatamente. O bra e o ket. Demonstrar esse tipo de coisa. A disciplina se resumia nisso. Mas, sinceramente, ainda não entendo direito. Quer dizer, entendo; sei fazer as

questões ... Não entendo assim, a relação com a Física. Física não é natureza? É isso que eu não entendo (P₂).

Interpretamos no discurso do professor P₂ que nas aulas de Mecânica Quântica, o professor da mencionada componente curricular priorizava a apresentação do formalismo matemático, em detrimento das considerações epistemológicas e ontológicas e até mesmo políticos-culturais subjacentes ao objeto do conhecimento. Este formalismo, parece-nos ter se tornado a percepção predominante dos professores P₁ e P₂ em relação ao ensino da FMC na educação básica. Ou seja, o ensino da teoria quântica, em particular, seria a reprodução do formalismo matemático aos quais os professores foram submetidos nas respectivas formações. Devido à impossibilidade de reproduzi-lo para estudantes do nível médio da educação básica, também a impossibilidade de trabalhar-se junto aos mesmos conceitos da Física Moderna, notadamente da teoria quântica.

Ampliando as evidências de que a componente curricular Mecânica Quântica foi conduzida em uma perspectiva pautada na racionalidade com relação a fins, faremos recortes na fala do professor P₂⁹³, acerca das respectivas avaliações de aprendizagem ocorridas ao longo do curso.

Basicamente, as listas de exercícios e as provas ao final de cada unidade. /.../ Se não fossem as listas, não dava pra fazer as provas. /.../. É que as questões da prova eram semelhantes às das listas; às vezes, até bem mais fáceis. Só que a gente tinha uma semana pra fazer as listas, e as provas, não (P₂).

Questionado explicitamente sobre as perspectivas que foram trabalhadas em sua formação no tocante a possibilidade de introduzir a FMC na educação básica, o professor P₂ menciona essa proposição como não tendo sido trabalhada durante a sua formação profissional.

Como falei, não sei se existem técnicas mais atuais, dentro da área de educação, dentro dessa área pedagógica, mostrando como ela pode ser trabalhada essa parte de Física Moderna, como ela pode ser exposta, como ela pode ser contextualizada, como pode ser abordada em sala de aula. Realmente eu desconheço. Talvez até exista (P₂).

No discurso do professor P₂ perpassa a concepção de estratégias de ensino como uma técnica – *técnica atual ou adequada* – a qual deveria ter sido abordada pelos professores da área pedagógica. Além disso, a implementação das técnicas de ensino

⁹³ Os professores P₁ e P₂ foram contemporâneos em relação às componentes curriculares cursadas.

restringir-se-ia à *área de educação*, da *área pedagógica*. No discurso do professor P₂ há uma concepção de que a área pedagógica é a responsável em propiciar ao licenciando o conhecimento de técnicas de ensino. Além disso, a área pedagógica seria responsável pelo como ensinar, sendo legado a as áreas específicas o que ensinar?

Interpretamos que no discurso que atribui à *área pedagógica e à área de educação* o papel de desenvolver técnicas para a introdução da FMC para estudantes da educação básica, conforme identificado no discurso do professor P₂, perpassa uma voz sem nome, conforme pontuado por Orlandi (2002), a qual traz as marcas de uma matriz curricular estruturada em disciplinas de conteúdos específicos e disciplinas pedagógicas. Estas são desenvolvidas com abordagens e propósitos distintos.

Ensino como técnica, a qual foi prevalecente nos anos sessenta, parece ainda continuar se firmando como tradição e ocupa a voz do professor P₂. Pela atribuição às disciplinas pedagógicas o papel de ensinar técnicas de ensino aos futuros professores, configura-se no discurso do professor P₂ uma visão de currículo que se compatibiliza com o modelo “3 + 1”, que, conforme por Pereira (2000), foi legalizado no Brasil no final da década de trinta do século XX, para os cursos de pedagogia.

Em oposição à perspectiva de que os professores sejam formados como sendo técnicos, Silva (2004b) assinala:

/.../ os professores e as professoras não podem ser vistos como técnicos e burocratas, mas como pessoas envolvidas nas atividades da crítica e do questionamento, a serviço do processo de emancipação e libertação (p. 54-55).

Ainda em relação ao discurso do professor P₂ referentes as aulas de Mecânica Quântica, não interpretamos que tenha ocorrido qualquer preocupação com o sujeito do conhecimento por parte dos professores formadores. Tal postura contrapõe-se, assim, à concepção freireana, para a qual ensinar não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades à construção do mesmo pelos envolvidos nas interações de ensino e aprendizagem (FREIRE, 2006). Conforme discutido a partir dos referenciais freireanos, trabalhar-se na perspectiva da construção do conhecimento, faz-se necessário a interação dialógica entre os participantes do contexto educacional, respeitando-se nesta interação a condição de cada participante.

Discorrendo acerca do contexto da sua formação, o professor P₃ menciona que em relação ao estudo da FMC, ocorreu excessivamente pautada em um

formalismo matemático, nem sempre inteligível para ele. Reportando-se a um contexto da teoria quântica, percebemos indícios desta constatação.

Por exemplo, naquele capítulo que fala da equação de Schrödinger /.../ você usa EDP, EDO, encontra aquelas constantes. Se tirar os cálculos, o que fica? Nada. /.../ Eu nunca entendi aquele resultado como um número quântico. Não. É um numero quântico sim. O que não consigo é associar esse numero com a estrutura do átomo, assim como associo um elétron, uma órbita... (P₃).

Evidencia-se, assim, no discurso do professor P₃, que as aulas da componente curricular Estrutura da Matéria, às quais o mesmo se refere, não lhe possibilitou construir um entendimento minimamente satisfatório acerca de aspectos epistemológicos, e até mesmo ontológicos, de conceitos fundamentais da Teoria Quântica. Esse professor, então licenciando, procedeu com uma memorização de definições, mesmo sem ter um entendimento dos seus significados.

Questionado sobre a falta de entendimento dos conceitos de Mecânica Quântica, o professo P₃ assinala:

Não dava pra entender, porque era tudo muito corrido; muito resumido. Um programa extenso, livros resumidos e provas pra fazer. Então, ficavam muitas dúvidas no meio, em relação aos conteúdos (P₃).

Interpretamos no discurso do professor P₃ que, a prioridade dos professores formadores não focava a aprendizagem dos estudantes mas, o cumprimento de uma programação de conteúdos. Ou seja, objetivos educacionais fundamentados na racionalidade técnico-instrumental, conforme explana Amaral (2006).

Também interpretamos no discurso do professor P₃ que, nas avaliações de aprendizagem da componente curricular Estrutura da Matéria, o professor requeria dos estudantes apenas a reprodução dos conteúdos transmitidos previamente. Sobre as mencionadas avaliações, comenta:

O mais tradicional possível: aquelas listas de exercícios sem fim... Cada aluno da turma respondia uma questão e socializava com os demais. /.../ Na prova, era algumas delas. Só mudava os valores, claro. Mas era só repetir o raciocínio; se você conseguisse repetir, mesmo sem entender nada, ótimo! Estava aprovado (P₃).

Interpretamos que não era requerido dos futuros professores de Física uma postura reflexiva em relação ao conhecimento. Mas, requeria-se apenas a repetição ou devolução do conhecimento, tal qual havia sido apresentados previamente.

Questionado se, nas avaliações de aprendizagem, também respondia às questões sem um entendimento conceitual das mesmas, assinala:

Comigo?/.../ Claro que sim. É difícil dizer quando não aconteceu. Insistir em ser diferente e no próximo semestre repetir tudo do mesmo jeito? Prá que? Melhor ficar logo livre e seguir adiante (P₃).

Há no discurso do professor P₃ a convicção de que o processo formativo se repetirá. Ou seja, nas aulas das futuras componentes curriculares, serão repetidas todas as etapas seguidas no presente. Ou seja, a aula sendo desenvolvida como um padrão semelhante ao livro didático adotado.

No tocante às abordagens feitas pelos professores formadores para introduzirem a FMC nas futuras aulas de física do nível médio, segundo o professor P₃, os professores formadores silenciaram sobre essa possibilidade.

Na universidade? /.../ Não foi. /.../ Ninguém falou disso. /.../ Sim; isso mesmo. Não ocorreu (P₃).

Reportando-se a sua formação em relação à FMC, o professor P₄ também menciona que dificilmente conseguia associar aquele formalismo com a realidade em si. Além das componentes curriculares exigidas na universidade A, o professor P₄ também cursou Estrutura da Matéria II, Física Matemática e Mecânica Quântica na universidade B.

Reportando-se às avaliações de aprendizagem da componente curricular Estrutura da Matéria, o professor P₄ assinala:

Eram avaliações normais no final de cada unidade /.../ Avaliação normal? Avaliação normal é a prova no final de cada unidade. O professor elabora questões sobre os conteúdos trabalhados e o aluno responde no horário da aula. /.../ as questões eram muito parecidas ou iguais a do livro (P₄).

Percebemos no discurso do professor P₄ que a avaliação de aprendizagem em uma perspectiva que o aluno reproduz os conteúdos transmitidos pelo professor já se configura um procedimento considerado normal no ensino da graduação em Física. Ou seja, a tradição e a imposição se consolidam como normais.

Diante deste conjunto de perspectivas que permearam o curso relacionados com a FMC que foram freqüentado pelos professores entrevistados, esboçamos os seguintes questionamentos: de que lugar falavam e para quem falavam os docentes das mencionadas componente curriculares, haja vista que não demonstravam o

entendimento que estavam construindo a formação de professores de Física, mas de memorizadores e reprodutores de um formalismo matemático? Onde estava o aspecto político do ensinar e do aprender, tal qual tem ressaltado Freire ao longo da sua obra?

Como poderia ter sido delineada a autonomia do professor de física, a partir das abordagens mencionadas, para transformar e recriar o conhecimento? Percebemos neste contexto das aulas e das avaliações de aprendizagem, as marcas de uma educação que Freire denomina ao longo da sua obra de *educação bancária*. Isso porque a ação permitida aos estudantes no contexto das interações em sala de aula foi a de guardar conhecimento e, posteriormente, devolvê-lo. Segundo Freire (1993), essa concepção de educação perpassa por uma dicotomia homens-mundo, e não uma relação do homem com o mundo.

Pela perspectiva das abordagens nas aulas de Mecânica Quântica – repetição dos conteúdos pelo docente, seguindo a mesma seqüência dos livros didáticos, exercícios de fixação e repetição dos mesmos pelos licenciandos nas avaliações.

Quanto ao questionamento anterior, de onde vem essa voz sem nome que determina que a estrutura das aulas de física mantenha-se guiando a prática de gerações, em todos os níveis de ensino? Apesar do aparente anonimato, essas determinações têm origem, conforme menciona Orlandi (2002).

Como um professor de física que foi submetido ao padrão de formação acima poderá desenvolver estratégias no intuito de que, através da introdução da FMC no Ensino Médio, possa desencadear situações que visam contribuir para uma educação científica crítica e emancipatória, tendo em vista que tal perspectiva foi suplantada da formação do mesmo?

Através das menções do professor P₄ sobre avaliações de aprendizagem realizadas nas componentes curriculares relacionadas com a FMC, identificamos outras marcas que as caracterizam com tendo sido permeadas por uma racionalidade dirigida a fins.

A gente fazia as listas de exercícios e, no final de cada unidade, fazia as provas. As listas valiam dois pontos nas provas de unidade. Na final, acho que quatro pontos. Não tenho certeza, se realmente quatro pontos, porque não precisei fazer a prova final. /.../ As provas, bem parecidas com as listas. Até bem mais fáceis, porque as questões eram mais rápidas. Às vezes, o difícil era a gente perceber os pequenos detalhes; aí pareciam difíceis, mas não eram. Quem fazia as listas de exercícios com bastante atenção, estudando todos os detalhes, procurando compreender todas as etapas, não encontrava dificuldade nas provas, não. A dificuldade da prova estava nos detalhes, você está atento aos detalhes (P₇).

O professor P₇ denota reconhecer que não elaborou uma aprendizagem satisfatória acerca da programação das componentes curriculares Física Moderna e Estrutura da Matéria.

Nossa! Bom, passei por média nas duas. Mas, assim, eu digo que ficou mais dúvidas do que conhecimento, entende? É... a medida que o professor ia avançando nos conteúdos, a medida que ele ia expondo os conteúdos, as dúvidas iam se somando as existentes; àquelas que ficaram pra trás. Como eu falei, em Física Moderna (P₇).

A ausência de aprendizagem do professor P₇ em relação a conceitos da Física Moderna é atribuída ao caráter abstrato inerente à natureza da mesma.

É que é muito abstrato. Muita coisa sem sentido e não existe tempo pra se entender. A apresentação do professor, talvez deveria ser mais detalhada. Talvez. Não quero dizer que era culpa dele. Apenas quero dizer que muitas coisas ficavam sem que a gente tivesse um entendimento realmente. Era como se a gente aceitasse, confiava que era aquilo, mas, não entendia. Comigo, era assim, e com os colegas da turma, que eram mais próximos, também (P₇).

Tendo em vista o não entendimento pelo então estudante acerca dos conceitos contemplados e o cumprimento da programação, esta parece ser prioritária diante daquela. Com isso, evidencia-se neste discurso a existência de um princípio da autoridade vinculado a própria estrutura conceitual da programação, a qual possibilita a aceitação de princípios, sem que os mesmos tenham se tornado previamente inteligíveis.

Especificando a falta de entendimento sobre o objeto do conhecimento, o professor P₄ exemplifica princípios da Teoria da Relatividade Geral.

Digamos assim: você explicar a alguém que um objeto com a velocidade da luz se contrai. Tudo bem, se contrai. Aceito isso. Mas, como se contrai? O que ocorre com a parte física dele em si? Contrair na direção do movimento é diminuir de tamanho, não é? Então, isso é muito estranho pra se entender, pra se aceitar como realmente isso ocorre (P₄).

Interpretamos neste discurso que não ocorreu por parte do professor P₄ o entendimento de que a contração dos objetos se tratava de um modelo, o qual havia sido construído para dar conta de um aspecto da realidade. Tal condição assemelha-se ao que, no contexto da Teoria Quântica, Bunge (2000) denomina doutrinação na ortodoxia de Copenhague.

7.2 Análise e Interpretação dos Discursos Presentes nas Abordagens dos Livros Didáticos Sobre a Física Moderna e Contemporânea

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L₁

O livro L₁, tomado para análise, é intitulado *Aulas de Física 3. Eletricidade-Física Moderna*, 7ª edição reformulada no ano 2003, com autoria de Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo Antonio de Toledo Soares. É o terceiro volume de uma coleção constituída por três livros didáticos e, segundo os autores, trata-se de uma edição reformulada, visando à incorporação de novas tendências educacionais. Na *Apresentação* do livro, os autores assinalam:

“Embora tenhamos mantido a estrutura básica, agrupando em seções os tópicos mais importantes da Física e dividindo-os em aulas, procuramos seguir as novas tendências do ensino da disciplina e também as mais recentes diretrizes dos exames vestibulares” (p. iii).

Apesar da menção acima, os autores não explicitam quais as novas tendências do ensino da Física que foram incorporadas na presente edição. Seriam as recomendações dos documentos oficiais? Ou seriam as recomendações dos pesquisadores da área? Qual a estrutura básica mantida, ao mesmo tempo em que seguem as novas tendências do ensino?

O livro L₁ encontra-se organizado em dezessete seções e estas, em *Aulas*, semelhante aos capítulos nos demais livros. Nas dezesseis seções iniciais, os autores abordam sobre a eletricidade e o magnetismo. A Seção 17, *Noções de Física Moderna*, é constituída por cinco Aulas, iniciando na *Aula 69* e finalizando na *Aula 73*. Cada *Aula*⁹⁴ encontra-se organizada em seções teóricas nomeadas. Ou seja, as abordagens sobre a Física Moderna encontram-se no final da programação. Será que articuladas com os limites da Física Clássica? Além disso, nomeação da seção denota que a Física Contemporânea não foi contemplada.

Após as seções teóricas das *Aulas 69, 70, 71, 72 e 73* encontram-se seções com exercícios. A primeira, *Exercícios de aplicação*, contém algumas proposições resolvidas pelos autores, seguidas das seções *Exercícios de verificação* e *Exercícios de revisão*, propostos ao estudante.

Acerca das localizações e das nomeações das *Seções Exercícios* do livro L₁, interpretamos as marcas de uma formação discursiva em sintonia com as orientações da racionalidade técnica, conforme aponta Amaral⁹⁵ (2006). Segundo o autor, uma das principais influências da racionalidade técnica nos livros didáticos configura-se através das atividades de reforço após os textos teórico-expositivos.

De acordo com a perspectiva acima, interpretamos que a seção *Exercícios de aplicação* representa a proposição de um modelo visando a aplicação da teoria. As seções *Exercícios de verificação* e *de revisão* prestam-se para o estudante verificar e revisar os conhecimentos. Seria a lógica do apresentar um modelo, o estudante proceder com uma tentativa de resolução a partir deste e, posteriormente, reforçar o conhecimento adquirido? Até porque, as proposições resolvidas antecedem aqueles que requerem a resolução pelo estudante.

No tocante às seções teóricas, a *Aula 69*, primeira do livro L₁ que contempla a Física Moderna, é constituída por duas seções: *Teoria da Relatividade Especial e Dilatação do tempo*, cada uma explanada em apenas uma página do texto.

Na primeira seção da *Aula 69*, *Teoria da Relatividade Especial (TRE)*, os autores atribuem exclusivamente a Einstein a proposição dessa teoria em 1905 “e que

⁹⁴ Como peculiaridade destas Aulas, o reduzido espaço ocupado pelas explicações teóricas.

⁹⁵ Organização bastante semelhante encontra-se nos livros da Coleção Schaum, a qual foi bastante difundido a partir da década setenta do século XX. Como exemplo, o volume Física Geral, editado em 1961, o qual traz na capa as seguintes especificações: Resumo da Teoria (grifos nossos); 625 problemas resolvidos; 850 problemas propostos.

está de acordo com inúmeras experiências, e fez previsões teóricas que foram comprovadas experimentalmente depois” (p. 370).

Interpretamos que há uma voz sem nome fazendo sentido na voz dos autores do livro L_1 , conforme Orlandi (2002), que concebe a experimentação comprovando teorias. Ou seja, evidenciam-se as marcas de uma concepção de construção da ciência de cunho positivista. Além disso, seguem a tendência de desprezarem as construções teóricas elaboradas anteriormente, cujo amadurecimento propiciou a elaboração da TRE por Einstein, conforme discute Martins (2005a).

Prosseguindo, acrescentam que a TRE é válida apenas para referenciais inerciais, anunciam os dois postulados que fundamentam essa teoria e comentam sobre algumas implicações físicas decorrentes.

Na segunda seção teórica da *Aula 69, Dilatação do Tempo*, os autores referem-se a esse conceito como decorrente dos efeitos relativísticos da velocidade. Para abordá-lo, reportam-se a duas gravuras que contemplam o percurso de um raio luminoso, cuja fonte encontra-se disposta verticalmente no piso de uma nave em movimento, em relação a um referencial externo S_1 , e em repouso em relação a um referencial S_2 , interno à nave.

Reportando-se a uma representação geométrica do percurso da luz em relação aos referenciais S_1 e S_2 , relacionam o percurso da luz percebido pelos dois observadores com o percurso da nave em um intervalo de tempo. Assim, relacionam o intervalo de tempo para o percurso do raio luminoso em relação aos dois observadores, explicitados através da relação $\Delta t_1 = \Delta t_2 / (1 - v^2/c^2)$. Com essa relação, justificam a dilatação temporal como consequente dos efeitos relativísticos da velocidade.

No tocante à *dilatação do tempo*, os autores apresentam abordagem desvinculada do contexto da elaboração e, a partir de uma situação idealizada, desenvolvem uma matematização no sentido de justificarem o fenômeno como consequente da velocidade relativística. Silenciam sobre as pressuposições adotadas por Einstein sobre o mencionado fenômeno. Logo, negligenciam a dilatação temporal como um modelo explicativo para um fenômeno.

Interpretamos que neste texto emerge um discurso com as marcas da filosofia operacionalista, haja vista que o conceito é desenvolvido como uma operação matemática para dar conta dos fenômenos. Trata-se do credo ortodoxo bastante freqüente nos livros didáticos do ensino superior (Bunge, 2000), fazendo sentido nos discursos dos autores do livro L_1 (ORLANDI, 2002).

A seção *exercícios de aplicação* da Aula 69 contém um exercício resolvido e duas proposições ao estudante. Em cada uma das seções seguintes, *Exercícios de verificação* e *Exercícios revisão*, encontram-se três proposições, requerendo respostas subjetivas e objetivas, respectivamente.

A Aula 70 do livro L_1 , explanada em pouco menos de uma página e meia do livro, é constituída pela seção teórica *Contração do espaço*. Reportam-se a uma nave em movimento em relação a um referencial S_1 e em repouso em relação a um referencial S_2 , em seu interior. Adotam uma barra de comprimento longitudinal L , fixa em relação a S_1 e disposta na direção do movimento da nave. Consideram Δt_1 o intervalo de tempo em relação ao observador S_1 para a nave ultrapassar pela barra de comprimento L_1 e Δt_2 , o intervalo de tempo em relação ao observador S_2 para a nave passar pela barra.

Prosseguindo, os autores explicitam o comprimento da barra em função da velocidade e do intervalo de tempo em relação a S_1 e a S_2 , que a nave leva para percorrer a barra. Equacionam o comprimento da barra em função da velocidade e do intervalo de tempo, interpolando nesta a relação para os intervalos de tempo para os dois observadores, obtida na Aula 69. Assim, apresentam a relação $L_1=L_2/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ e discutem o aparente comprimento da barra em função dessa equação.

Acerca da contração do comprimento, adotam um esquema semelhante ao adotado na dilatação temporal, sem evidenciarem que se trata de um construto teórico no sentido de explicar os efeitos relativísticos da velocidade dos corpos. Além disso, os autores silenciam acerca de outras construções teóricas que adotaram a modificação do comprimento dos objetos em virtude das velocidades, tais como as proposições de Lorentz (Lorentz, 2001a) e de Searle (MARTINS, 2005a), por exemplo.

A seção *Exercícios de aplicação* da Aula 70 contém uma questão resolvida e duas propostas, requerendo respostas subjetivas. As seções *Exercícios de verificação* e *Exercícios de revisão* trazem três proposições, respectivamente.

A Aula 71 é constituída por duas seções teóricas, *A massa relativística e Energia relativística*, explanadas em apenas uma página do livro. Na primeira, de forma breve, os autores reportam-se a Física Clássica e mencionam que uma força atuando sobre um corpo produz uma variação de velocidade que pode aumentar indefinidamente.

Prosseguindo, alertam que essa condição não é possível na Teoria da Relatividade, haja vista que a velocidade da luz é o valor limite de velocidade alcançado no universo, concluem.

Interpretamos evidências de uma tentativa de apresentar conceitos da Teoria da Relatividade a partir dos limites da Física Clássica, conforme sugerem Gil Perez e Jordi Solbes (1993). No entanto, pela própria redução do texto, não situam em que tal abordagem constituía-se como uma problemática para a Física Clássica, tampouco situam as dicotomias ou aproximações dos contextos das duas teorizações as quais se referem. Logo, trata-se de menções desconexas.

Dando continuidade, os autores adotam m_0 e m como os valores das massas de um corpo, respectivamente em repouso e em movimento com velocidade v , em relação a um referencial inercial. Sem procederem com uma argumentação conceitual contemplando as pressuposições envolvidas, relacionam as massas m e m_0 através da equação $m = m_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$.

Na perspectiva adotada no tocante a relação entre m e m_0 , evidenciam-se as marcas de um discurso que concebe a elaboração dos conceitos físicos como a manipulação de um formalismo matemático, harmonizando-se com a perspectiva filosófica operacionalista, presente em livros didáticos do ensino superior (BUNGE, 2000).

Na segunda seção teórica da *Aula 71, Energia relativística*, os autores reportam-se a equação da massa relativística e afirmam que o valor da massa m é função da velocidade. Logo, pode-se constatar uma equivalência entre a massa e a energia. Como consequência, acrescentam que a massa poderá ser convertida em energia e vice-versa⁹⁶.

Prosseguindo com a explanação, os autores afirmam que a relação entre a energia E e a massa de um corpo poderá ser obtida através da fórmula de Einstein, $E = m.c^2$. Afirmam ainda que a energia de repouso de um corpo é obtida através da expressão $E_0 = m_0.c^2$. Finalizam afirmando que a energia cinética de um corpo é a diferença entre a energia relativística e a de repouso, ou seja, $E_c = E - E_0$.

Acerca da equivalência massa-Energia de um corpo, os autores apresentam conclusões a partir de um formalismo matemático, porém, sem situarem o contexto da mencionada construção, tampouco, os pressupostos incorporados a mencionada

⁹⁶ Os autores afirmam essa conversão é facilmente percebida nas reações nucleares.

elaboração teórica. Assim, repete-se a estratégia já utilizada para a dilatação do tempo, a contração do comprimento e outros.

Na Aula 71, a seção *Exercícios de aplicação* traz duas proposições resolvidas e uma proposta ao estudante. Em cada seção *Exercícios de verificação* e *Exercícios de revisão* encontram-se três proposições, as quais requerem respostas subjetivas e objetivas, respectivamente.

A Aula 72 é constituída por duas seções teóricas, *Efeito fotoelétrico* e *A célula fotoelétrica*, explanadas em duas páginas do livro. Na primeira, os autores procedem com uma brevíssima definição do fenômeno e atribuem a sua descoberta a Hertz, em 1887. Nada acrescentam sobre o contexto desta descoberta. Em seguida, mencionam que, em 1900, Planck apresentou a idéia de quantização da energia, para a qual um corpo emite energia de modo descontínuo.

Percebe-se que os autores creditam a Planck toda a construção teórica que resultaria na quantização da energia, mesmo sem situarem o intento dele. Assim desprezam todas as proposições em relação à radiação dos corpos aquecidos elaboradas anteriormente, conforme discutidas por Kuhn (1978) e outros. Interpretamos que esse discurso incorpora uma concepção positivista de natureza da ciência, comumente presente nos livros didáticos, tal como opina Amaral (2006).

Prosseguindo, acrescentam que Einstein considerou a luz constituída de partículas e utilizou-se da idéia de quantização da energia para explicar o efeito fotoelétrico. Em seguida, apresentam explicação referentes a interação do fóton com uma superfície metálica, bem como as condições para que os elétrons a abandonem. Atribuem a Planck a criação da equação $E = hf$, a qual relaciona a energia e a frequência da radiação incidente. Em seguida, apresentam equação que relaciona a energia cinética do elétron que abandona a superfície metálica com a energia do fóton incidente.

Na segunda seção teórica da *Aula 72*, *A célula fotoelétrica*, os autores reportam-se a constituição física e os princípios de funcionamento do mencionado dispositivo. Citam algumas das suas utilizações no funcionamento de alarmes, energização de redes de iluminação pública, como também a eficiência do dispositivo.

Interpretamos uma tentativa dos autores de relacionar as aplicações tecnológicas disponibilizadas a partir dos conceitos científicos. Porém, focam a abordagem em aspectos técnicos e silenciam em relação a algumas implicações, como por exemplo, a automatização de atividades, antes desenvolvidas por humanos. Avaliamos que essa abordagem distancia-se da perspectiva de explanarem sobre

tecnologias em sintonia com o exercício da cidadania, conforme recomendações dos PCN⁺ (BRASIL, 2002).

A seção *Exercícios de aplicação* da Aula 72 contém duas proposições resolvidas e uma proposta ao estudante. Nas seções *Exercícios de verificação* e *Exercícios de revisão* encontram-se respectivamente três proposições ao estudante⁹⁷.

A Aula 73, última do livro L₁, contém apenas a seção teórica *O caráter dual da luz*, explanada em aproximadamente dois terços de página do livro. Iniciando, os autores afirmam que no século XVII, Huygens propôs uma teoria ondulatória para a luz. Porém, não comentam as pressuposições incorporadas.

Prosseguindo, mencionam que no século XVIII, Maxwell formulou uma teoria ondulatória, na qual a luz é considerada como uma onda eletromagnética, tendo ficado plenamente estabelecida ao explicar os efeitos de interferência e difração luminosas. Acrescentam que a teoria ondulatória de Maxwell não explicava o efeito fotoelétrico, levando Einstein a considerar a luz como sendo constituída de fótons.

Os autores não se reportam aos pressupostos e limites das teorias mencionadas, tampouco as disputas em entre as concepções corpuscular e ondulatórias desenvolvidas em relação à luz.

Reportam-se assim a Aula 72 e acrescentam que, atualmente, as duas teorias são aceitas, constituindo, assim, o caráter dual da luz. Finalizando a explanação, os autores acrescentam que em 1924, de Broglie formulou a hipótese de que partículas também apresentavam propriedades ondulatórias, com comprimento da onda associada $\lambda = h/m.v$. Mas, silenciam acerca das pressuposições que se assentaram às conjecturas de de Broglie.

Finalizando, acrescentam que a quantidade de movimento $m.v$ e o comprimento de onda λ evidenciam respectivamente o caráter corpuscular e ondulatório da partícula. Ainda acrescentam que as hipóteses de De Broglie acerca das propriedades ondulatórias da matéria, foram confirmadas por cientistas dos laboratórios Bell, nos Estados Unidos da América, em 1927.

Na seção *Exercícios de aplicação* da Aula 73 encontra-se uma proposição, requerendo resposta objetiva e duas proposições resolvidas. Na seção *Exercícios de verificação* encontram-se três proposições, uma delas requerendo resposta objetiva e as

⁹⁷ A primeira questão da seção *Exercícios de revisão* requer que seja assinalando a opção verdadeira (V) ou falsa (F).

demais, respostas objetivas. A seção *Exercícios de revisão* traz três proposições, as quais requerem respostas objetivas

Nas abordagens do livro L_1 sobre a Física Moderna, os autores priorizam a exposição da construção final dos conceitos, omitindo o percurso da sua construção. Em várias abordagens, inclusive, é prevacente a apresentação de um formalismo matemático, sem vínculos com a construção conceitual referente. A título de exemplo, remetemos às abordagens contemplando a dilatação do tempo, a contração do espaço, a massa e a energia relativísticas e outros.

Assim, avaliamos que a abordagem do livro L_1 sobre a Física Moderna vai de encontro à possibilidade do ensino da mencionada Física ser contemplado como um elemento cultural, conforme defendem Torre (1998); Zanetic e Mozena (2007), apenas para citar alguns.

Nas abordagens sobre a FMC apresentadas pelo livro L_1 , não interpretamos as marcas dos documentos oficiais, a exemplo das Orientações Curriculares Para o Ensino Médio (Brasil, 2006), no tocante a associação dos conteúdos com tecnologia, no sentido de evidenciar que a mesma se trata de uma atividade humana, visando a solução de problemas concretos.

Os autores também silenciam sobre possíveis implicações éticas, culturais ou outras, associadas à utilização do conhecimento abordado. Assim, onde se encontram as novas tendências do ensino da disciplina anunciada pelos autores na *Apresentação* do livro L_1 ? Em nossa interpretação, essa afirmativa configura-se como um slogan visando justificar a elaboração de uma nova edição do livro L_1 . As recomendações dos PCN+ (Brasil, 2002), no sentido de que as abordagens às teorias ocorram em uma perspectiva histórico-cultural, parecem não terem sido contempladas nos discursos dos autores do livro L_1 .

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L_2

O livro L_2 é intitulado *Curso de Física*, cuja edição é do ano de 2006, com autoria de Antônio Máximo Ribeiro da Luz e Beatriz Alvarenga Álvares. É o terceiro volume de uma coleção constituída por três livros didáticos e possui estrutura constituída por onze unidades, as quais estão organizadas em capítulos.

As abordagens sobre a FMC do livro L₂ encontram-se na *Unidade 11, Física Moderna*, a qual contém o *Capítulo 25, Teoria da Relatividade e Física Quântica*⁹⁸. Possui também o *Apêndice G*, explanado em duas partes: *G.1 Relatividade especial e G.2 Física Quântica*.

O *Capítulo 25* encontra-se organizado através de doze seções teóricas respectivamente numeradas e nomeadas, como segue: *25.1 Uma visão panorâmica, 25.2 Relatividade: antecedentes históricos, 25.3 A Relatividade Especial, 25.4 A Relatividade Geral, 25.5 Problemas que levaram ao surgimento da Física Quântica, 25.6 O fóton, 25.7 Idéias básicas da Física Quântica, 25.8 Princípios básicos da Física Quântica, 25.9 Barreiras de potencial, 25.10 A Nova Física, 25.11 O mundo do muito pequeno - as partículas elementares, 25.12 O mundo do muito grande e 25.13 O mundo das estruturas complexas*. Várias destas seções possuem seções teóricas secundárias, especificadas posteriormente.

Algumas seções teóricas do *Capítulo 25, Teoria da Relatividade e Física Quântica*, apresentam quadros⁹⁹ nomeados em duas modalidades. A primeira traz a nomeação genérica *Física no cotidiano*, remetendo a aplicações da abordagem teórica da seção. A segunda modalidade traz uma biografia de algum teórico relacionado com a abordagem desenvolvida na seção.

Após algumas seções teóricas do *Capítulo 25, Teoria da Relatividade e Física Quântica*, encontram-se seções *exercícios de fixação*, com proposições ao estudante. Acerca destes, na seção *Como usar o Curso de Física*, localizada na apresentação do livro L₂, os autores afirmam que os *Exercícios de Fixação*, geralmente resolvidos com certa facilidade, prestam-se para sedimentar o conhecimento em estudo, bem como para incentivar o prosseguimento em outras atividades.

Interpretamos nas considerações dos autores sobre os *Exercícios de Fixação* as marcas de um discurso que incorpora as diretrizes da racionalidade técnica, conforme menciona Amaral (2006). Ou seja, exemplificações apresentadas pelos autores ao longo do texto e posteriormente, a proposição de questões para fixação do conhecimento. Pela terminologia utilizada, seria para a teoria ser fixada na mente dos estudantes?

Na seção 25.1, *Uma visão panorâmica*, os autores situam o teor do capítulo no tocante as abordagens sobre a Física Moderna. Também remetem a capítulos doutros

⁹⁸ Nas unidades anteriores do livro L₂, *Unidade 8, Unidade 9 e Unidade 10*, os autores explanam sobre a eletricidade e o magnetismo.

⁹⁹ Alguns autores optam pela denominação “boxes”.

volumes da coleção, alegando terem abordado noções referentes à Relatividade, à radiação do corpo negro, bem como em relação aos espectros atômicos. Logo, procedem com uma apresentação do capítulo, remetendo às abordagens ali existentes a capítulos anteriores.

Na seção 25.2, *Relatividade: antecedentes históricos*, organizada através de uma seção inicial e uma seção secundária. Iniciando, os autores mencionam que no contexto da Física do final do século XIX, os indícios da constância da velocidade de propagação da luz no vácuo, em relação a qualquer referencial, foi algo bastante perturbador, haja vista que contrariava preceitos da Mecânica Clássica. Citam o eletromagnetismo de Maxwell e os resultados do experimento de Michelson e Morley com o interferômetro, como as fontes dos fundamentos teóricos e experimentais das mencionadas pressuposições.

Prosseguindo, apresentam um diagrama esquemático do interferômetro de Michelson, apontando os princípios básicos de funcionamento do instrumento, bem como o propósito de através deste, verificar a existência de um vento de éter passando pela Terra durante o seu movimento orbital. Acrescentam que Michelson não obteve êxito, porém, posteriormente, associou-se a E. W. Morley (1838-1923) e ambos melhoraram a sensibilidade do instrumento e realizaram várias medidas entre os anos de 1881 e 1887. Porém, não identificaram o fenômeno, finalizam os autores.

Interpretamos no discurso inicial da presente seção que perpassa uma tentativa dos autores abordarem a gênese da TRE a partir dos limites da Física Clássica. Essa perspectiva compatibiliza-se com as sugestões de Gil Perez e Jordi Solbes (1993).

Prosseguindo, iniciam a seção secundária *Relatividade: uma teoria feita em duas etapas*, afirmando que Einstein era adepto da teoria eletromagnética de Maxwell. Logo, procurava adequar a mecânica newtoniana à constância da velocidade da luz para qualquer observador. No entanto, os autores não pontuam as discordâncias de Einstein em relação à mecânica newtoniana.

Os autores atribuem a Einstein a elaboração da Teoria da Relatividade em duas etapas, em 1905 e 1915, respectivamente válidas para referenciais inerciais e acelerados. Acrescentam que, por volta de 1908, Einstein teria percebido semelhanças em relação à natureza das forças inerciais, sentidas por um observador em um referencial acelerado e as forças causadas por um campo gravitacional. Segundo os autores, tal constatação

possibilitou a construção da Teoria da Relatividade Geral e propiciou um melhor entendimento da gravitação de Newton¹⁰⁰.

Apesar da tentativa inicial, percebemos que os autores do livro L₂, seguem a tendência de atribuírem exclusivamente a Einstein a criação da *Teoria da Relatividade*, desprezando, assim, várias outras contribuições anteriores, conforme alerta Martins (2005a).

Logo em seguida encontra-se uma representação *História de Algumas Áreas da Física*. Nesta, encontra-se as principais teorias surgidas na Física entre os anos de 1600 e 1900, assinalando aquelas que teriam contribuído para as *Teorias da Relatividade Restrita e Geral*.

Finalizando a seção, encontra-se o quadro *Albert Einstein*. Neste, os autores apresentam dados biográficos de Einstein, notadamente referentes a sua trajetória estudantil. Discorrem também sobre a ida de Einstein aos Estados Unidos da América e alguns desdobramentos, como a utilização da bomba atômica por esse país durante a Segunda Guerra Mundial.

Na seção 25.3, *A Relatividade Especial*, os autores procedem com uma explanação inicial seguida de três seções secundárias. Iniciando, situam a mencionada teoria como válida apenas em relação aos referenciais inerciais, a qual teria sido uma tentativa de modificação da mecânica clássica a partir de constatações sobre a natureza da luz, ocorridas no século XIX. No entanto, não remetem às mencionadas constatações sobre a luz.

Acrescentam que Einstein conseguiu basear sua teoria em dois postulados. Sobre o primeiro, mencionam que se refere ao fato de, em termos de forças, não sentirmos o movimento retilíneo e uniforme. Também mencionam que esse resultado já era conhecido de Galileu. Além disso, o primeiro postulado encontra-se em conformidade com a não detecção do éter por Michelson e Morley.

Prosseguindo, os autores mencionam que o segundo postulado da TRE é uma decorrência da constância da velocidade da luz, admitida pela teoria eletromagnética de Maxwell, associado a não detecção do éter por Michelson e Morley.

Na explanação anterior, novamente configura-se uma associação da gênese da TRE com alguns limites da Física Clássica. Tal perspectiva é defendida por Gil Perez e Jordi Solbes (1993).

¹⁰⁰ Apresentam um fluxograma com os principais ramos da física do século XVII até o século XX, como também um quadro contendo dados biográficos de Einstein.

Iniciam a seção secundária *Postulados da Relatividade Especial* e, em destaque, anunciam os dois postulados, acrescidos de breves comentários acerca das suas implicações físicas. Após o primeiro postulado, destacam a inexistência de um referencial privilegiado na natureza, tal como o éter¹⁰¹.

Após o segundo postulado, os autores acrescentam que a velocidade da luz independe da fonte emissora, bem como da direção da propagação, evidenciando-se que essa é a velocidade limite na natureza.

Iniciando a seção secundária, *Cinemática relativística*, os autores mencionam que Einstein teria percebido que, para dois observadores, em movimento relativo entre si, medirem o mesmo valor para um raio de luz, um deles deveria considerar que a régua e o relógio do outro não estariam coincidindo com o seu. Assim, o segundo observador, ao dividir a distância percorrida pelo raio de luz pelo tempo do percurso, obterá o mesmo valor que o primeiro para a velocidade da luz, afirmam¹⁰².

Prosseguindo, acrescentam que, através dos postulados, Einstein demonstrou que um observador, ao perceber um relógio em movimento em relação a ele mesmo, perceberá o seu ritmo mais lento. Semelhantemente, uma régua em movimento, mostrar-se-á com dimensões reduzidas, na direção do movimento. Afirmam que esse efeito é denominado contração de Lorentz¹⁰³, sendo γ o fator de contração, segundo eles, visto na seção 8.8. Acrescentam que todos os processos físicos e químicos ocorrerão mais lentamente, sendo a relatividade uma teoria espaço-tempo.

Percebe-se na argumentação acima que, na explanação sobre a dilatação do tempo e sobre a contração dos objetos, os autores não discutem as afirmativas, tampouco situam o contexto das construções. Procedem com afirmações conclusivas, porém não utilizam expressões matemáticas, como os autores do livro L_1 .

Em seguida, os autores remetem o leitor à seção 3.6 e afirmam que a equação relativística para a composição de velocidades é $v = v_B + v_C / (1 + v_B v_C / c^2)$. Sobre a Teoria da Relatividade, mencionam ainda que deverá ser entendida na dimensão quadridimensional, chamada geometria *espaço-tempo*, cuja formulação deveu-se a

¹⁰¹ Juntamente com esta abordagem, encontra-se uma fotografia com pessoas no interior de um avião.

¹⁰² Ao lado desta abordagem, encontra-se o quadro *Persistência da Memória* de Salvador Dalí, escolhido para simbolizar as deformações espaço-tempo. Nada acrescentam sobre esta escolha.

¹⁰³ Reportam-se a uma experiência realizada com o acelerador de partículas, ocorrida em 1964 no CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), utilizando uma partícula pión. Discorrem sobre características da mencionada partícula e que apesar da fonte estar praticamente a velocidade da luz, os resultados evidenciaram que a velocidade do fóton ser igual à velocidade da luz. Ou seja, um resultado em harmonia com a Relatividade.

Minkowski. Acrescentam que na geometria espaço-tempo, um conceito frequentemente usado é o cone de luz, sobre o qual desenvolvem analogias visando propiciar o entendimento ao leitor, finalizam.

Na terceira seção secundária, *Dinâmica relativística*, os autores mencionam que os dois postulados da TRE contemplam apenas efeitos cinemáticos. Porém, a partir desses, a dinâmica também sofreria mudanças no tocante às equações referentes à energia e a quantidade de movimento de uma partícula - adquiriram a forma¹⁰⁴ $q = \gamma mv$ e $E = \gamma mc^2$. Ou seja, apontam os efeitos dinâmicos conseqüentes da *Teoria da Relatividade*, evidenciando afirmações conclusivas sobre o formalismo matemático.

Após as abordagens teóricas da seção 25.3, *A Relatividade Especial*, encontra-se uma seção *exercício de fixação*, a qual contém nove proposições ao estudante.

Na seção 25.4, *A Relatividade Geral*, contém dois quadros. Iniciando a seção, os autores mencionam que essa teoria traz o *Princípio da equivalência* formulado por Einstein em 1908, o qual poderá ser aplicado à referenciais acelerados. Acrescentam que Einstein constatou que o Princípio da Equivalência podia ser utilizado em termos de espaços curvos¹⁰⁵.

Prosseguindo, afirmam que a grande novidade matemática do trabalho de Einstein foi utilizar uma geometria de quatro dimensões e a nova lei da gravitação é apresentada como decorrente do comportamento de partículas nesse espaço-tempo, curvado por uma grande massa. No entanto, não discutem os limites e possibilidades da geometria de três dimensões¹⁰⁶.

Em seguida, encontra-se o quadro *Georg Friedrich Bernhard Riemann* (1826-1866). Neste, explanam sobre dados biográficos de Riemann, como também acrescentam considerações factuais contemplando a construção da geometria riemanianna, compatível com os espaços curvos.

Retomando a explanação da seção, mencionam que Einstein teria concluído a *Teoria da Relatividade Geral* em 1915, após compreender toda a matemática necessária.

Mencionam que as equações de campo de Einstein foram aplicadas pelo astrofísico Karl Schwarzschild a uma estrela, apontando algumas especulações inéditas

¹⁰⁴ Mencionam que já foi apresentada na seção 9.1.

¹⁰⁵ No texto encontra-se quatro figuras no sentido de esclarecer o mencionado Princípio.

¹⁰⁶ Como exemplo, mencionam que quando um elevador começa a subir somos empurrados contra o piso e temos a sensação de termos um pequeno aumento de peso. O oposto ocorre na descida do elevador.

na época, como por exemplo, a existência dos buracos negros. Atualmente, a análise espectral traz evidências acerca da existência dos buracos negros.

Prosseguindo, os autores mencionam que as equações de campo de Einstein também foram aplicadas ao universo como um todo, cuja solução mostava que o universo não poderia ser estacionário, mas, sujeito a gravidade, em expansão ou contração. Porém, este era um resultado não aceito por Einstein.

Acrescentam que em 1930, Hubble analisava a luz de galáxias distantes e constatou que o universo estaria em expansão e que Einstein teria lamentado o acréscimo de um termo extra a sua equação. Com isso, foi impossibilitado da chance de previsibilidade de expansão do universo a partir do *big-bang*.

Em seguida, encontram-se duas gravuras. A primeira, representa um cone de luz. A segunda, uma representação da expansão do universo a partir do big-bang.

Finalizando a seção, os autores afirmam que a *Teoria da Relatividade Geral* tem sido submetida a vários testes. Exemplifica que, através da sonda espacial Cassini, em 2002, realizaram a repetição melhorada da experiência de Sobral, ocorrida em 1917. Encontra-se no texto uma figura representando a mencionada nave em seu percurso entre Júpiter e Saturno.

Logo a seguir encontra-se o quadro *Física no cotidiano. GPS – Sistema de Posicionamento Global*. Neste, os autores esboçam comentários sobre aspectos técnicos do mencionado instrumento. Porém não se remetem a outras implicações e possibilidades, sejam nas perspectivas comportamental do homem, ética, ou cultural.

Após o quadro mencionado, encontra-se a seção *exercícios de fixação* a qual contém seis proposições ao estudante, contemplando a abordagem da seção teórica anterior.

A seção 25.5, *Problemas que levaram ao surgimento da Física Quântica*, além de uma abordagem inicial, apresenta três seções secundárias, além de dois quadros.

Na abordagem inicial, os autores citam a existência de fenômenos que, no final do século XIX, não eram explicados através da *Física Clássica*: a radiação do corpo negro, o efeito fotoelétrico e as linhas espectrais emitida pelos gases incandescentes. Remetem o leitor a capítulos anteriores e afirmam que foi necessária a teoria quântica para explicar os fenômenos citados. Interpretamos que, novamente, evidencia-se a tentativa dos autores em abordarem a FMC a partir das limitações da Física Clássica. Com isso, aproximam-se das sugestão de Gil Perez e Jordi Solbes (1993), no sentido de explanar a FMC retomando os limites de validade da Física Clássica.

Atribuem a Planck a iniciação da *Física Quântica*, no início do século XX, tendo constatado que a energia emitida por um corpo não é contínua. Porém, logo em seguida, afirmam que a *Teoria Quântica* foi sendo construída por vários cientistas, à medida que solucionavam problemas originados pela experiência. Acrescentam que a gênese da mencionada teoria, diferentemente da Relatividade, foi a partir da tentativa teórica de corrigir a mecânica newtoniana, compatibilizando-a com o eletromagnetismo de Maxwell.

Na seção secundária *Teoria do corpo negro*, os autores afirmam que os dados experimentais emitidos por um radiador térmico incompatibilizavam-se com as teorizações pautadas na *Física Clássica*, elaboradas ao longo do século XIX e citam as teorizações de Stefan, Boltzmann e Wien. Porém, não abordam especificidades das proposições dos teóricos citados¹⁰⁷. Ou seja, não discorrem sobre os processos da construção teórica mencionada.

Prosseguindo, os autores apresentam um quadro intitulado *Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947)*, com abordagens biográficas de Planck. Afirmam que ele teria se tornado adepto da *Teoria da Relatividade* de Einstein.

Retornando ao texto, mencionam que Planck visava solucionar a problemática da radiação do corpo negro. Para isso considerou os átomos como osciladores harmônicos, vibrando em torno de um ponto de equilíbrio estável. Logo, vários osciladores teriam suas energias distribuídas estatisticamente de acordo com a temperatura. Mesmo assim, o espectro calculado divergia do obtido experimentalmente, notadamente na região do ultravioleta. Acrescentam que, por acaso, Planck teria percebido que a energia de cada oscilador só poderia adquirir valores discretos. Assim, a curva teórica compatibilizava-se com os resultados experimentais, através da utilização de uma constante multiplicativa, com uma teorização relativa ao espectro do corpo negro, o que marcaria a gênese da Física Quântica, afirmam os autores. Acrescentam que Planck teria tido receios em publicar suas idéias sobre o espectro do corpo negro; no entanto, nada comentam sobre as causas dos receios citados.

Iniciando a seção secundária *efeito fotoelétrico*, afirmam que não havia uma explicação teórica para o mesmo. Com auxílio de um diagrama, representando a ocorrência do fenômeno, explicam os aspectos físicos relacionados, destacando que para

¹⁰⁷ Apresentam um diagrama contendo a curva do espectro da radiação do corpo negro de acordo com a teoria clássica e com a teoria de Planck.

“arrancar” elétrons da superfície metálica, faz-se necessário o fornecimento de uma quantidade de energia, denominada *função trabalho* do metal.

Prosseguindo, mencionam que a problemática em torno do efeito fotoelétrico surgiu quando se constatou que, em situações experimentais, a emissão de elétrons pela superfície não dependia da intensidade da luz incidente, mas, da sua cor. Esta constatação contrariava a teoria eletromagnética de Maxwell.

Em seguida, afirmam que, em 1905, Einstein teria lançado mão da hipótese dos *quanta* de Planck, para a qual a energia do oscilador harmônico era quantizada em quantidades $E = hf$, no sentido de explicar o efeito fotoelétrico. No entanto, os autores não mencionam as polêmicas em torno da adoção de Einstein em relação ao modelo corpuscular da luz.

Finalizam a seção com uma explicação física para o efeito fotoelétrico, apresentando equação que relaciona todos os processos energéticos envolvidos.

Iniciando a seção secundária *Espectros de Linhas*, os autores mencionam as constatações de Fraunhofer, obtidas no início do século XIX, acerca da presença de linhas escuras sobre o espectro solar e posteriormente, a obtenção das linhas brilhantes a partir dos espectros gasosos. Prosseguindo, afirmam que cada elemento químico possui um conjunto de linhas, as quais funcionam como se fossem impressões digitais que permitem analisar, por exemplo, gases presentes na atmosfera de uma estrela, localizada a milhões de anos-luz.

Citam o desenvolvimento matemático das séries espectrais de Balmer e Rydberg, para o átomo de hidrogênio, após a metade do século XIX. Acrescentam que os resultados das séries compatibilizavam-se com os dados empíricos.

Sobre a detecção das linhas espectrais por Fraunhofer e as posteriores constatações, como também sobre os estudos matemáticos ocorridos, os autores apesar de não aprofundarem em torno das polêmicas e incertezas que permearam as mencionadas constatações, citam vários aspectos desses processos.

Os autores explanam sobre o modelo atômico de Bohr, o qual, a partir da idéia de quantização da energia, como também a partir da fórmula empírica de Rydberg, mostrou que a energia do elétron orbitando em torno do núcleo de hidrogênio, seria quantizada. Também afirmam que, através desse modelo, Bohr teria explicado as previsões empíricas das raias espectrais para o átomo de hidrogênio¹⁰⁸.

¹⁰⁸ Remete o leitor ao apêndice G₂, no qual se encontra detalhado o modelo atômico de Bohr.

Explicam que no modelo de Bohr, o elétron só permaneceria em níveis de energia dados por um número inteiro, chamados números quânticos. Nestes níveis, os elétrons não irradiariam, mas, somente quando caíssem para um nível energético inferior¹⁰⁹.

Finalizando, os autores mencionam a absorção atômica, na qual um fóton poderá ser absorvido e o elétron deslocar-se para um nível energético mais elevado.

Após a explanação acima, encontra-se o quadro intitulado *Niels Henrik David Bohr (1885-1962)*, contendo dados biográficos do autor.

Em seguida, encontra-se a seção *exercícios de fixação*, com seis proposições ao estudante, referentes a abordagem da seção.

Iniciando a seção 25.6, *O fóton*, na qual abordam sobre o caráter dual da luz, de forma brevíssima, citam a concepção da luz como partícula, empreendida por Newton no século XVII e as evidências da luz como onda, que, segundo os autores, foram verificadas experimentalmente por Thomas Young, no início do século XIX. Afirmam ainda que, em meados do século XIX, Maxwell mostrou que as grandezas que ondulavam eram os campos elétricos e magnéticos. No entanto, nada acrescentam sobre as pressuposições subjacentes aos distintos modelos, tampouco sobre as disputas ocorridas em torno da aceitação destes.

Prosseguindo, os autores mencionam que o conceito de fóton criado por Einstein no início do século XX denotava ter sido uma retomada da concepção corpuscular da luz. No entanto, verificava-se que em algumas situações experimentais, a luz se comportava como ondas e em outras, como partícula. Não mencionam quais teriam sido essas situações.

Em seguida, reportam-se à *Relatividade Especial* e esboçam afirmativas sobre partículas viajando com a velocidade da luz. Remetem aos fótons e afirmam que possuem massa de repouso nula. Acrescentam que a energia desse fóton é dada por $E = hf$ e para uma onda eletromagnética, $c = f\lambda$.

Mencionam que, como um feixe de luz possui grande quantidade de fótons, o conceito de potência é bastante útil. Para um feixe de luz monocromático, constituído

¹⁰⁹ Apresentam diagrama representado os níveis de energia do átomo de hidrogênio e as linhas espectrais de um átomo de hidrogênio.

por N fótons, a energia total é $E = nhf$ e, para a potência, é válida a seguinte relação: $P = \Delta E / \Delta t = \Delta(Nhf) / \Delta t = hf \Delta N / \Delta t$ ¹¹⁰, concluem.

Após a explanação anterior, em forma de exemplo, encontra-se uma proposição resolvida, avaliando a taxa de emissão de fótons emitida por um foco luminoso.

Prosseguindo, encontra-se o quadro *Física no Cotidiano. Perigos das radiações eletromagnéticas*. Neste, os autores remetem a algumas conseqüências biológicas das radiações eletromagnéticas das faixas do microondas ao infravermelho, tratadas em termos de fótons incidindo sobre a matéria. Explicam quando a radiação eletromagnética poderá propiciar a ionização dos átomos, podendo causar a dissociação de moléculas do tecido, prejudiciais à saúde¹¹¹. Comentam ainda sobre alguns perigos das radiações na faixa de microondas, associando com os aparelhos domésticos. Também mencionam a radiação do telefone celular, destacando que seus efeitos são bastante desconhecidos.

No último quadro, *Física no cotidiano*, apesar dos autores vincularem alguns perigos da atuação de determinadas radiações sobre o corpo humano, o foco da explanação centra-se em conseqüências técnicas das exposições às mencionadas radiações. Não se pronunciam sobre as questões mercadológicas existentes na utilização dos aparelhos, cujas radiações emitidas oferecem riscos aos humanos, tampouco à eficiência de meios preventivos, a exemplo dos protetores solares, sobretudo a relação custo-benefício.

Finalizando, encontra-se a seção *Exercícios de fixação*, contendo seis proposições referentes abordagem teórica da seção.

A seção 25.7, *Idéias básicas da Física Quântica*, é constituída por três seções secundárias e cinco quadros. Na primeira seção secundária, *O comprimento de onda de de Broglie*, os autores mencionam que de De Broglie admitiu o caráter ondulatório das partículas subatômicas. Que, em 1924, teria argumentado que os elétrons e todas as partículas subatômicas não poderiam se comportar de maneira diferente de um fóton. No entanto, os autores não mencionam quais teriam sido as pressuposições que resultariam nesta construção.

Prosseguindo, encontra-se o quadro nomeado Louis-Victor Pierre Raymond de Broglie (1892-1987), com uma breve explanação biográfica do autor. Acrescentam que

¹¹⁰ Acrescentam que $\Delta N / \Delta t$ representa a taxa do número de fótons por unidade de tempo, propagando-se através do feixe de luz.

¹¹¹ Apresentam tabela com a energia de ionização de alguns átomos e outra tabela com a energia de algumas ligações químicas.

ele estendeu a dualidade onda-partícula para todas as partículas materiais, propriedade inicialmente somente admitida em relação ao fóton. Também afirma que em 1927 o comprimento de onda de partículas obteve comprovação experimental. No entanto, nada acrescentam sobre tal constatação. Finalizam o quadro comentando que Schroedinger utilizou-se das hipóteses de De Broglie para a elaboração de uma equação capaz de descrever o comportamento ondulatório das partículas e que Born teria interpretado essas ondas em termos de probabilidade. No entanto, os autores silenciam sobre o significado filosófico dessa adoção de função de onda em termos de probabilidade por Born¹¹².

Retornando ao texto, os autores mencionam que, para atribuir comprimento de onda a uma partícula, de Broglie propôs a equação de Einstein, relacionando a quantidade de movimento do fóton com o seu comprimento de onda, ou seja, $q=h/\lambda$, válida para todas as partículas.

Prosseguindo, destacam que em 1927, as experiências de difração foram efetuadas e comprovaram a hipótese de de Broglie e logo em seguida, com outras partículas subatômicas. Acrescenta que experiências de fenda dupla, como as de Young, foram realizadas com essas partículas e atualmente, são comuns as experiências de interferência e difração com feixes de elétrons.

Na seção secundária seguinte, *A função de onda Ψ e a descrição probabilística*, os autores mencionam que, estabelecido o comprimento de onda de de Broglie, necessitava-se descobrir o que realmente ondulava. Várias hipóteses foram investigadas, tais como os campos eletromagnéticos, a densidade de matéria nas ondas piloto que guiariam uma partícula, porém, sem êxito.

Diante da constatação de que nenhuma grandeza física conhecida explicava a natureza daquela onda, foi proposto a função de onda para designá-la. Assim, em 1926, Schroedinger descobriu uma equação que permitia encontrar a função de onda de uma partícula, a partir da energia potencial atuante. No entanto, para o próprio Schrödinger, o significado da função de onda permanecia obscuro, afirmam.

Em seguida, encontra-se o quadro Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887-1961). Os autores afirmam que entre 1918 e 1920, Schrödinger teria dado grande contribuição para a teoria da visão em cores. Que teria ficado bastante impressionado

¹¹² Neste quadro encontra-se uma fotografia de de Broglie.

com a hipótese da natureza ondulatória da matéria, apresentada na tese de de Broglie. Assim, em 1925 conseguiu escrever uma equação de onda capaz de descrevê-la.

Ainda no quadro, acrescentam que a formulação ondulatória da mecânica quântica, desenvolvida a partir da equação de Schrödinger, mostrou-se equivalente à formulação matricial desenvolvida por Heisenberg. Finalizam o quadro afirmando que Schrödinger, assim como vários outros cientistas, se indispueram com o regime nazista, ainda em 1933¹¹³.

Retornando com a explanação do texto, os autores atribuem ao físico Max Born a relação entre a função de onda com a possibilidade para se encontrar a partícula, levando ao caráter probabilístico da sua localização. Esse local seria onde a função de onda ao quadrado Ψ^2 fosse maior. Alerta que, mesmo onde a função de onda for negativa, o seu valor ao quadrado será positivo. Acrescenta que uma grande consequência desta descoberta foi a de que a física quântica mostra que a natureza possui um comportamento estatístico, descrita em termos de probabilidade.

Em seguida, encontra-se o quadro *Max Born (1882-1970)*, contendo dados biográficos desse teórico. Em seguida, os autores mencionam que juntamente com Heisenberg e Pauli, trabalharam em uma formulação da Mecânica Quântica. Afirmam que Heisenberg já havia trabalhado com esta teoria, em termos de grandezas cujos produtos não comutavam e Born teria reconhecido uma álgebra das matrizes.

Ainda no quadro, afirmam que Schroedinger teria criado outra formulação matemática da Mecânica Quântica, usando a função de onda Ψ , porém, ambas as formulações eram equivalentes. Afirmam que o significado da função de onda permanecia obscuro e Born relacionou com a probabilidade de se encontrar uma partícula.

Retornando ao texto, e finalizando a seção, os autores mencionam que a função de onda Ψ de uma partícula é uma função contínua ao longo do espaço, contendo informações físicas sobre a partícula associada, bem como interações com a vizinhança e o estado quântico em que se encontra. O quadrado da função de onda, por sua vez, mostra onde é mais provável encontrar a partícula, porém a função de onda em si é uma grandeza abstrata, apesar das possibilidades decorrentes.

Iniciando a terceira seção secundária, *O princípio da incerteza de Heisenberg*, os autores afirmam que, em 1927, Heisenberg mostrou que a natureza obedece ao

¹¹³ Neste quadro encontra-se uma fotografia de Schrödinger.

princípio da incerteza, o qual impõe limites a nossa capacidade de observação. Acrescentam que a sua violação nunca foi verificada.

Prosseguindo, encontra-se o quadro *Werner Karl Heisenberg (1901-1976)*. Neste encontram-se dados biográficos deste. Acrescentam que em 1925, Heisenberg teria inventado uma formulação matemática para a teoria quântica, a qual é representada por matrizes. Que em 1927 teria formulado o Princípio da Incerteza, o qual não permite determinação precisa e simultânea de mais de uma grandeza.

Retornando ao texto, os autores afirmam que na física existem grandezas, ditas conjugadas, cuja observação simultânea sofre restrição. Mencionam a posição e a quantidade de movimento, tempo e energia como exemplo de pares conjugados. Acrescentam que, se a posição de uma partícula for determinada com grande precisão, a quantidade de movimento se mostrará incerta. Semelhantemente, quando se ganha precisão sobre a quantidade de movimento, a natureza proíbe saber-se a posição com exatidão.

Ao longo do eixo dos x , consideram que a incerteza envolvendo posição e quantidade de movimento pode ser escrita como $\Delta x \cdot \Delta q \geq h/4 \pi$. Atribuem à própria natureza o impedimento de observarem-se, simultaneamente, pares de grandezas conjugadas, cujos produtos da incerteza sejam menores que $h/4 \pi$.

Ainda como consequência do *Princípio da Incerteza*, os autores mencionam que, no mundo microscópico, a noção de trajetória terá que ser suplantada. Argumentam que um orbital ocupado por um elétron no átomo é representado por uma nuvem de probabilidade, dada por Ψ^2 . Acrescentam que, através do *Princípio da Incerteza*, evidencia-se uma conexão entre a natureza ondulatória e a difração de um feixe de luz através de um orifício.

Afirmam ainda que o *Princípio da Incerteza* explica porque um elétron não pode cair dentro do núcleo atômico, tendo em vista que o diâmetro deste é cerca de 100 mil vezes menor que o diâmetro do átomo. Como a sua incerteza posicional ficaria reduzida daquele fator, o mesmo aumentaria em relação à incerteza da quantidade de movimento da partícula.

Remetendo-se ao *Princípio da Incerteza*, os autores mencionam que o mesmo colocou fim ao determinismo newtoniano, para o qual se, em um instante inicial se soubesse a posição e a quantidade de movimento de uma partícula, a evolução do sistema poderia ser calculada. Dizem entender o *Princípio a Incerteza* a partir da

influência do observador sobre o objeto, tendo em vista que, quando realizamos uma medida, causamos uma perturbação no sistema.

Após a explanação anterior, encontra-se o quadro *Princípio da incerteza e largura de banda*. Neste, os autores associam o mencionado princípio aos fundamentos matemáticos sobre ondas desenvolvidos por Fourier, dois séculos antes. Prosseguindo, desenvolvem uma explanação contemplando especificidades do estudo dos pulsos na transmissão de dados, no sentido de evidenciar o *Princípio da Incerteza* como conseqüente da natureza ondulatória da matéria.

Após o quadro, encontram-se dois exemplos contemplando a largura de bandas na transmissão de dados pela internet. Logo em seguida, encontra-se uma seção *exercícios de fixação*, contendo oito proposições.

Iniciando a seção 25.8, *Princípios básicos da Física Quântica*, encontra-se a seção secundária *Princípio da Correspondência*. Explicam a validade desse princípio para a correspondência entre a *Relatividade Especial* e a física newtoniana, contemplando velocidades menores que a velocidade da luz. A explanação é seguida de três exemplos, contemplando o mencionado Princípio.

Na seção secundária seguinte, *Princípio da Complementaridade*, os autores atribuem a Bohr a elaboração do mencionado princípio no intuito de expressar dois comportamentos estranhos que ocorriam no mundo quântico: a dualidade onda-partícula e o *Princípio da Incerteza*. Em relação ao *Princípio da Complementaridade*, os autores sintetizam o mesmo, afirmando que, dois tipos diferentes de variáveis físicas, podem ser complementares quando, além de mutuamente incompatíveis, são ambas necessárias para uma visão completa da realidade.

Após a abordagem anterior, encontra-se a seção *exercício de fixação* com três proposições referentes à explanação teórica desenvolvida.

Prosseguindo, encontra-se um quadro intitulado *Um TÓPICO ESPECIAL para você aprender um pouco mais*. Neste, é desenvolvida a seção 25.9, *Barreiras de potencial*, constituída por duas seções secundárias.

Na primeira seção secundária, *Partícula num poço de energia potencial e Efeito túnel*, em quatro páginas, os autores procedem com uma abordagem sobre os estados quânticos de funções de onda, densidade de probabilidade e níveis de energia de uma partícula em um poço quadrado e infinito.

Na segunda seção secundária, *efeito túnel*, os autores discorrem sobre o mencionado efeito e alguns dos seus significados no contexto da *Teoria Quântica*.

Apresentam um breve esquema do funcionamento de um microscópio de tunelamento e a imagem da superfície de um cristal obtida pelo instrumento.

Em seguida, encontra-se a seção *exercícios de fixação*, contendo duas proposições ao estudante.

A breve seção 25.10, *A Nova Física*, além de uma abordagem inicial, contém uma seção secundária *O que é a Nova Física*. Os autores mencionam a intenção de apresentarem, de forma breve, a Física que se desenvolveu nas últimas décadas do século XX e que, certamente, concentrará requererá investigações por muito tempo.

Acrescentam que será possível, através desta abordagem, os estudantes sentirem-se motivados a continuarem seus estudos neste campo do conhecimento científico, contribuindo com os cientistas no sentido de melhorarem as condições de vida do planeta.

Na seção secundária *O que é a Nova Física*, afirmam que se referem a teorias que vão além das Teorias da Relatividade e Quântica, abordadas anteriormente, mas que se iniciaram com estas e que não se restringem a um ramo bem definido desta ciência. Acrescentam que ela se relaciona com tópicos diversos, tais como a Cosmologia, a Física de Partículas, a Física dos Materiais, etc.

Concluem que o universo inteiro, desde os menores fragmentos de matéria ao conjunto de galáxias, como também os estranhos comportamentos de materiais diversos, como as células vivas, fazem parte dessa *Nova Física*¹¹⁴, finalizam.

A seção 25.11, *O mundo do muito pequeno – as partículas elementares*, além de uma explanação inicial, encontra-se uma seção secundária *No interior dos hádrons*. Na explanação inicial, os autores se remetem a um tópico especial de outro capítulo e reafirmam que, desde a descoberta do elétron no final do século XIX, a etimologia da palavra átomo tornou-se incompatível com a estrutura. Também se reportam a outro capítulo e mencionam as descobertas do próton e nêutron, evidenciando que o núcleo também é divisível. Logo, em meados do século XX, o átomo mostrava-se como uma estrutura complexa, sendo as forças nucleares entre as partículas constituintes eram desconhecidas.

¹¹⁴ Nesta seção encontra-se uma figura representando a evolução da matéria, desde as moléculas as galáxias, outra representação das moléculas as partículas elementares e outra representação que se inicia das moléculas, vai até a célula e ramificação ao reino vegetal e em seguida ao animal, perpassando pelo home e seguindo ao complexo.

Prosseguindo, mencionam a explicação de Yukawa acerca da força que unia os prótons e nêutrons ao núcleo. Tal força foi atribuída à existência de uma partícula nomeada como méson e somente em 1947 a mencionada partícula foi constatada por César Lattes, afirmam.

Os autores também mencionam que outras partículas também foram sendo descobertas, chegando a serem detectadas centenas de partículas. Isso colocou a problemática de identificarem quais partículas eram realmente elementares ou indivisíveis e estariam presentes nas demais. Acrescentam que, através dos acelerados de partículas, é possível concluir que, muitas partículas supostamente elementares, são constituídas pela associação doutras. Exemplificam que os prótons, os nêutrons e os mésons constituem a família dos hádrons e que apresentam estrutura interna composta por outras partículas verdadeiramente elementares, denominadas quarks. Além destes, citam outras como o pósitron, o neutrino e o elétron como elementares, sendo denominadas léptons.

Finalizam a seção afirmando que, provavelmente, a Física de Partículas ou de Altas Energias é o ramo mais espetacular da Nova Física. As pesquisas são realizadas com aceleradores, os quais requerem recursos financeiros muito altos para a construção. Por isso, geralmente se requer a colaboração de vários países associados.

Iniciando a seção secundária *No interior do hádrons*, os autores reafirmam que os hádrons não são partículas elementares, e os léptons não apresentam estrutura interna. Mencionam que em 1963, Gell-Mann propôs uma teoria, a qual foi bem aceita na época, que os hádrons eram apresentados como partículas compostas por partículas elementares ainda desconhecidas, denominadas quarks. A carga elétrica destes seria uma fração da carga do elétron ou do próton.

Em seguida, existem duas tabelas contendo, respectivamente, seis tipos de quarks e léptons, os símbolos, massas e cargas. Descrevem uma combinação de diversos tipos de quarks, possibilitando uma combinação de outras partículas.

Finalizando, os autores afirmam que, nos prótons e nêutrons, os quarks se chocam constantemente, deslocando-se com velocidades próximas a da luz, ocorrendo fenômenos descritos pela Mecânica Quântica e pela Teoria da Relatividade. Citam a transformação da energia em matéria quando os quarks se chocam, surgindo um novo quark e um antiquark. Quando estas se encontram, ambas desaparecem, acrescentam.

A seção teórica 25.12, *O mundo do muito grande*, é constituída por quatro seções secundárias. Na primeira, *A nova teoria gravitacional*, os autores afirmam

terem abordado em outro capítulo a Lei da Gravitação Universal newtoniana, a qual foi bastante alterada pela Teoria Geral da Relatividade, proposta em 1915, por Einstein. Acrescentam que, com base nesta, os fenômenos do sistema solar são interpretados e que o laboratório da teoria gravitacional tornou-se mais abrangente, tanto em termos de distâncias, quanto aos objetos astronômicos, tais como os *buracos negros*, *estrelas de nêutrons*, *galáxias* e *quasars*.

Prosseguindo, mencionam que os avanços tecnológicos e as viagens espaciais expandiram as pesquisas referentes à gravitação, de um campo teórico a um empreendimento experimental. Neste, a *radiação gravitacional* tem despertado grande interesse, haja vista a expectativa de propiciar amplo conhecimento acerca do Universo.

Os autores acrescentam que, no século XXI, se faz necessário uma *teoria quântica da gravitação*, sobretudo, quando se deseja explorar os efeitos gravitacionais em altas densidades. As outras três forças da natureza já receberam um tratamento quântico.

Finalizando, mencionam que a teoria gravitacional de Einstein prevê um ponto chamado *singularidade*, localizado no centro do buraco negro, onde a densidade seria infinita devido a concentração de massa. Alertam que esta proposição confronta-se com a Física Quântica.

Iniciando a seção secundária seguinte, *A escala de Planck*, os autores afirmam que ao pesquisarem, os físicos se depararam com os limites de validade das teorias. Afirmam que a Teoria Geral da Relatividade depende das constantes fundamentais, c a velocidade da luz e G a constante gravitacional. Também afirmam que a Física Quântica depende da constante de Planck.

Prosseguindo, argumentam que, sendo as três constantes fundamentais imprescindíveis na descrição do Universo, a combinação delas com dimensão de tempo ou de comprimento deverá apresentar significado importante. Afirmam que as grandezas assim obtidas fazem parte da *escala de Planck*.

Apresentam o valor do *tempo de Planck*, T_p , o comprimento de Planck, a massa de Planck e ainda a densidade de Planck, obtidos a partir das três constantes fundamentais com suas respectivas dimensões.

Finalizando, afirmam que a Relatividade Geral prevê uma singularidade no centro do buraco negro. Porém, espera-se que a uma distância da ordem do comprimento de Planck em torno do centro do buraco negro, a teoria não seja mais válida. Acrescentam que os efeitos quânticos, como os ditados pelo Princípio da

Incerteza, poderia impedir o colapso da matéria para distância da ordem do comprimento de Planck. Semelhantemente, na teoria do *big-bang*, a Relatividade Geral não descreveria o nascimento do Universo para tempos inferiores ao de Planck ou ainda, densidades superiores a de Planck.

Iniciando a terceira seção secundária, O *desenvolvimento da Cosmologia*, mencionam que já na antiguidade grega, o estudo da Cosmologia era objeto de estudo dos filósofos, ocupando lugar de destaque na Filosofia Natural. No entanto, nos três últimos séculos, a Cosmologia mostrava-se como uma área especulativa.

Afirmam que duas descobertas modificariam significativamente o contexto da Cosmologia. A primeira, ocorrida no final da década de 1920, quando Hubble constatou a expansão do universo. Logo emergiram teorias de que o Universo teve um começo, concepção que somente era tratada no âmbito religioso. Dentre tais teorias, a mais aceita é a que atribui o início do Universo a uma grande explosão – o *big-bang*.

Prosseguindo, os autores citam que a detecção da radiação cósmica que se mostra circundando o Universo, por Robert Wilson e Arno Penzias, em 1965, como a segunda descoberta no contexto da Cosmologia. O fato dessa radiação ser considerada um *eco* que vem sendo transmitido há 14 bilhões de anos, corrobora com a existência do *big-bang*, finalizam.

Na quarta seção secundária intitula-se *Origem do Universo – Big-bang*, inicialmente os autores afirmam que os pesquisadores procuraram descrever as ocorrências após a grande explosão, basicamente a partir da Relatividade Geral. Acrescentam que até 10^{-44} s após a explosão inicial, a interpretação conjunta da temperatura e da densidade de energia seria tão elevada e o Universo estaria tão comprimido, que a Relatividade Geral não poderia ser aplicada isoladamente. Logo, a necessidade de uma teoria quântica de gravitação.

Prosseguindo, afirmam que o Universo teria se expandido rapidamente e fração de segundos após, formou-se um mar de *quarks*, os quais se transformaram em *hádrons*. Assim, quando o Universo completou três minutos, começou a formação dos núcleos atômicos mais simples. Centenas de anos após, o elétrons começariam a circular os núcleos, originando os átomos e, a posterior, a condensação da matéria em determinadas regiões. Acrescentam que esta condensação foi não uniforme, originando as estrelas e galáxias, formando assim a atual configuração do Universo. Acrescentam ainda que a estimativa para o tempo de existência do Universo é de 14 bilhões de anos, obtida por diversos métodos.

Finalizando, os autores concluem que há muitos enigmas a serem conhecidos nesta área e que os cientistas do século XXI terão muito ainda trabalho.

Na última seção teórica 25.13, *O mundo das estruturas complexas*, há três seções secundárias. Na primeira, *Outra direção no campo de estudo da física*, os autores mencionam terem afirmado que o universo seria constituído por pequenas partículas, as quais foram se organizando com maior complexidade a partir do *Big-Bang*. Acrescentam que os físicos só começaram a analisar sistematicamente os sistemas complexos recentemente.

Prosseguindo, afirmam que o aprofundamento dos estudos anteriormente mencionados foi possibilitado pelo desenvolvimento dos computadores eletrônicos, os quais possibilitam a abordagem de problemas com grande número de parâmetros. Acrescentam que vários outros instrumentos de laboratório e técnicas também são necessários, como também grande quantidade de pesquisadores.

Finalizando a seção, os autores afirmam que, atualmente, vários físicos confessam seu desconhecimento sobre vários aspectos dos sistemas complexos, tais como flocos de neve e organismos vivos. Alguns pesquisadores, no entanto, professam que todos os fenômenos que ocorrem na natureza podem ser explicados pelas leis físicas, finalizam.

Na seção secundária seguinte, *A tendência à auto-organização dos sistemas complexos*, os autores denominam de aspecto intrigante a possibilidade dos mencionados sistemas apresentarem comportamentos coerentes, utilizando apenas forças naturais, as quais se mostram extremamente organizadas e cooperativas.

Exemplificando sistemas auto-organizados no campo da física, citam a supercondutividade, o laser e a superfuides¹¹⁵. Citam o fenômeno da convecção de um líquido como um exemplo de organização espontânea, no qual as moléculas comportam-se como se estivessem obedecendo a um comando invisível.

Prosseguindo, os autores afirmam que Prigogine e colaboradores ressaltaram a auto-organização da matéria e da energia em sistemas que se encontravam afastados do equilíbrio termodinâmico. Muitos sistemas, quando forçados a mencionada condição, mostravam repentinamente um alto grau de ordenamento. Acrescentam que tal comportamento coloca questionamento a segunda lei da termodinâmica, a qual prevê uma tendência à desorganização. Mas, não representa contradição, haja vista que os

¹¹⁵ Este último fenômeno, afirmam que será apresentado posteriormente. Em relação aos dois primeiros, remetem o leitor a capítulos anteriores.

sistemas auto-organizados estão abertos para as vizinhanças¹¹⁶. Os autores afirmam ainda que Prigogine acredita terem iniciado uma mudança de paradigma nesta área.

Finalizando a seção, afirmam que os sistemas biológicos, exemplares mais espetaculares de auto-organização e padronização dos sistemas complexos vem sendo analisados há muito tempo e só recentemente pelos físicos. Segundo os autores, os físicos acreditam que vários fatos relacionados a vida serão revelados, concluem.

Após a explanação das seções teóricas, no presente capítulo também se encontra a seção *Algumas EXPERIÊNCIAS SIMPLES pra você fazer*. Nestas, os autores propõem quatro experiências ao estudante. Em seguida, encontra-se a seção *Problemas e testes*, com a proposição de doze questões.

Além do *Capítulo 25*, a *Unidade 11* do livro L₂ também dispõe do *Apêndice G*, o qual está dividido em duas partes. A primeira, intitulada G.1 - *Relatividade Especial* e a segunda, G.2 - *Física Quântica*.

Finalizando a *Unidade 11* do livro L₂ encontra-se a seção *Problemas Suplementares*, no qual se encontra a proposição de quatro exercícios. Em seguida, encontra-se a seção *Questões de exames vestibulares e do ENEM*¹¹⁷. Nota-se, assim, a intenção dos autores com a proposição de exercícios aos estudantes, destacando-se aqueles utilizados em exames nacionais.

Acerca das abordagens sobre a FMC pelo livro L₂, avaliamos que os autores priorizaram focar os aspectos conceituais dos conteúdos ao invés de formalismos matemáticos.

Em várias das abordagens conceituais, os autores se remetem aos processos da construção. Ora remetem a outros capítulos, conforme indicando anteriormente, em outras, explanam, mesmo sem uma discussão mais aprofundada. Como exemplo desta última opção, exemplificamos com as explicações sobre a radiação do corpo negro, bem como sobre as raias espectrais, ambos na quinta seção teórica.

Interpretamos que, em ambas as abordagens acima citadas, vão ao encontro da possibilidade da Física Moderna e Contemporânea ser percebida como um elemento cultural, conforme sugerem pesquisadores (TORRE, 1998; ZANETIC e MOZENA, 2007), citando apenas alguns.

Sobre a terminologia dos quadros *Física e Cotidiano*, interpretamos que incorporam recomendações dos documentos oficiais, no tocante as abordagens dos

¹¹⁶ Remetem o leitor a outro capítulo.

¹¹⁷ Exame Nacional do Ensino Médio.

conteúdos, em sintonia com elementos existentes no cotidiano dos estudantes, a exemplo PCN+ (BRASIL, 2002). No entanto, nas abordagens em si, priorizam os aspectos técnicos das aplicações físicas em detrimento de uma explanação acerca da ciência e da tecnologia como integrante da cultura humana, possibilitando, assim, uma discussão da complexidade de interesses que permeiam esses campos. Nesta perspectiva, também distanciam-se da perspectiva sugerida por educadores críticos, no sentido de que a educação deverá visar o desenvolvimento global do ser humano, ao invés de priorizar-se a formação técnica, conforme Prestes (1995).

Sobre as abordagens da FMC no livro L₂, interpretamos que os autores silenciam sobre as tecnologias decorrentes dos conteúdos abordados, conforme sugerem as Orientações Curriculares Nacionais (BRASIL, 2006). Tal abordagem seria possibilitada, sobretudo, nas últimas seções teóricas, haja vista ser o local onde os autores enfatizam a Física Contemporânea.

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L₃

O livro nomeado de L₃ intitula-se *Física*, cujos autores são José Luiz Sampaio e Caio Sérgio Calçada. Trata-se da 1ª edição e 6ª reimpressão de um volume único, editado em 2003, destinado ao nível médio da educação básica.

Na *Apresentação* do livro L₃, os autores argumentam que, atualmente, os educadores recomendam ao jovem uma formação básica ampla, notadamente nas áreas das ciências naturais, matemática, línguas e ciências humanas. Ressaltam que essa formação é importante, tanto para propiciar mobilidade ao jovem, quanto ingressar no mercado de trabalho, cada vez mais complexo.

Interpretamos que a relevância a uma formação ampla no sentido de propiciar o ingresso do jovem no “mercado de trabalho” assenta-se em uma formação discursiva em sintonia com os preceitos educacionais do neoliberalismo, conforme discutem Santos e Andrioli (2005).

Considerando que para a AD, o silêncio também significa, ou seja, é efeito de sentido entre interlocutores (Pêcheux, 2006), ressaltamos o silêncio dos autores em relação à importância de uma formação ampla visando à construção pelo estudante da autonomia crítica. Essa abordagem estaria em sintonia com perspectivas educacionais emancipatórias, conforme discute Prestes (1995).

O livro L₃ encontra-se estruturado através de seis unidades, e estas, em capítulos. As abordagens sobre a FMC encontram-se na *Unidade 6 Física Moderna*, a

qual é constituída por três capítulos: *Capítulo 72, A Teoria da Relatividade*; *Capítulo 73, Mecânica Quântica* e *Capítulo 74, Partículas Elementares*. Cada capítulo do livro L_3 é constituído por seções teóricas respectivamente nomeadas.

Percebe-se que, seguindo a tendência dos livros anteriores, as abordagens sobre a Física Moderna localizam-se no final da programação do livro.

O livro L_3 também possui as seções contendo exercícios, organizados em duas modalidades: *Exercício resolvido*, localizada ao longo das seções teóricas e *Exercícios propostos*, localizadas após algumas seções teóricas.

Interpretamos que, no tocante aos exercícios do livro L_3 , segue a tendência de apresentar uma abordagem teórica, o exercício resolvido como exemplo modelar, seguido de proposições ao estudante, no sentido deste fixar o conhecimento. Ou seja, perpassa um discurso evidenciando as marcas da racionalidade técnica na estruturação dos livros didáticos, conforme comentado por Amaral (2006).

O *Capítulo 72, A Teoria da Relatividade*, é constituído por uma breve explanação inicial e onze seções teóricas, respectivamente nomeadas por *Referenciais inerciais*, *Origem da Teoria da Relatividade*, *Os postulados de Einstein*, *A relatividade do tempo*, *A relatividade do comprimento*, *Campos elétricos e magnéticos*, *A relatividade da massa*, *Massa e energia*, *Matéria e radiação*, *Energia cinética* e finalizando, *Teoria da Relatividade Geral*. Destas, na seção *Massa e Energia* encontra-se uma secção secundária.

Ao longo de duas seções teóricas do Capítulo 72 encontram-se quadros, os quais estão relacionados com a abordagem teórica da seção. Estes possuem duas nomeações genéricas, a saber: *Observação* e *Não é bem assim*.

Na abordagem inicial do Capítulo 72, os autores mencionam que, no final do século XX, muitos físicos acreditavam que na Física só restavam dois problemas a serem resolvidos, os quais seriam resolvidos com a criação de duas teorias: a Teoria da Relatividade e a Mecânica Quântica, as quais revolucionariam a Física do século XX, sendo denominada de Física Moderna. Aqui, os autores generalizam para todos os físicos uma argumentação de Kelvin sobre o estado da Física na época.

Finalizando, acrescentam que abordarão as leis da Mecânica Clássica, antes de abordarem a Física Moderna em si. Evidencia-se uma perspectiva de abordar a Física Moderna a partir dos limites da Física Clássica, conforme sugerem Gil Perez e Jordi Solbes (1993). Apesar de se remeterem a Física Clássica, ainda seguem uma perspectiva

cronológica, resultando na fragmentação dos conceitos, haja vista que a própria apresentação da Física Clássica ocorreu no livro específico.

Iniciando a primeira seção teórica, *Referenciais inerciais*, os autores reportam-se a outro volume da coleção e afirmam que, de acordo com a Lei da Inércia, um corpo livre de forças deverá permanecer em repouso, ou em movimento retilíneo, com velocidade constante. Também reportam-se a outro capítulo e afirmam terem explanado sobre movimentos descritos por observadores localizados em diferentes referenciais, porém, com velocidade constante entre si. Afirmam terem abordado que, quando a velocidade de um corpo é constante em relação a um referencial, também será em relação ao outro, sendo válida a Lei da Inércia para esses referenciais.

Através de uma figura, reportam-se a uma situação na qual um observador B se encontra em repouso no interior de um vagão de um trem que se move com velocidade v , em relação a um referencial externo A. O observador B lança um objeto para cima, perpendicularmente à direção de v . Os autores analisam o movimento do objeto em relação ao observador B e em relação a um observador A, em repouso em relação ao referencial A. A partir da última situação, discorrem sobre a diferenciação entre os referenciais inerciais e não inerciais, considerando a Terra como uma boa aproximação daquele.

Apesar dos autores remeterem-se a Física Clássica, contemplam apenas os aspectos conclusivos daquela construção. Assim, interpretamos que não contemplam a perspectiva de abordagem sugerida por Gil Perez e Jordi Solbes (1993).

Na segunda seção teórica do *Capítulo 72, Origem da Teoria da Relatividade*, os autores atribuem exclusivamente a Einstein a criação da mencionada teoria, a qual contempla os movimentos uniformes (1905) e os movimentos acelerados e gravitacionais (1915), respectivamente. Prosseguindo, acrescentam que a falta de simetria em relação a alguns fenômenos eletromagnéticos afligia Einstein, porém, não particularizam quais os fenômenos, tampouco as condições.

Logo, semelhantemente aos autores do livro L_1 , no tocante à construção da TRE, desprezam outras elaborações teóricas, as quais contribuíram para a estruturação da Teoria da Relatividade por Einstein, conforme discute Martins (2005a).

Reportam-se a uma situação em que um observador A, em repouso no solo em relação a um referencial A e um observador B, o qual transporta duas esferas eletricamente condutoras e carregadas nas mãos e encontra-se em repouso em relação ao referencial B, localizado no interior de um vagão de um trem, movendo-se com

velocidade v , em relação ao referencial A. A reta que une as esferas é perpendicular à direção da velocidade do vagão.

Em relação ao observador B, os autores evidenciam que as esferas estão em repouso, logo, existe um par de forças eletrostáticas entre elas. Em relação ao observador A, as esferas movem-se com velocidade v' paralela a velocidade v do vagão e, além da força eletrostática, há uma força magnética entre elas. Concluem que as leis da mecânica e do eletromagnetismo pareciam depender dos referenciais, condição que Einstein rejeitava.

Na explanação anterior, percebe-se que os autores lançam mão de uma situação idealizada no sentido de justificar a incompatibilidade entre as leis da mecânica e do eletromagnetismo. Em nossa interpretação, tal perspectiva contraria a perspectiva do ensino da FMC contribuir para o estudante construir uma visão mais coerente do trabalho científico, ou mesmo, localizar o ser humano em uma escala temporal e espacial da natureza conforme sugere Gil et al (1989) e Torre (1989), respectivamente.

Na seção teórica seguinte, *Os postulados de Einstein*, os autores afirmam que Einstein apresentou solução para a incompatibilidade entre o eletromagnetismo e a mecânica através de dois postulados. Em destaque, anunciam os postulados da TRE.

Após o primeiro postulado, afirmam que tanto as leis da mecânica quanto a do eletromagnetismo, devem ter a mesma forma, em qualquer referencial inercial.

Após o segundo postulado, afirmam que este foi de mais difícil aceitação, vez que contrariava as experiências diárias e também tornava desprezível a idéia de *éter luminoso*, aceita pela maioria dos físicos da época. Seguem a tendência de apresentar fragmentos das conclusões, sem problematizarem com o leitor o contexto daquela construção, ou seja, a primazia da apresentação dos resultados de uma construção teórica, em detrimento dos processos.

Prosseguindo, afirmam que, no decorrer do século XX, vários experimentos comprovaram a validade do segundo postulado da TRE. No entanto, os autores não explicitam quais teriam sido esses experimentos, tampouco como foram realizados.

Interpretamos na argumentação anterior que as dificuldades para aceitação de uma teoria encontram-se na ausência de dados experimentais. Esse discurso emerge de uma formação discursiva em sintonia com preceitos positivistas, bastante frequentes nos livros didáticos, conforme discute Amaral (2006).

Na quarta seção teórica do *Capítulo 72, A relatividade do tempo*, que, após uma explanação inicial, apresenta uma seção secundária, os autores afirmam que,

segundo os postulados de Einstein, o tempo de ocorrência de um fenômeno depende do referencial em que se localiza o observador. Exemplificam, através de uma situação representada através de duas figuras - um foco luminoso dirigido verticalmente para cima, em repouso em relação a um referencial O' , ambos localizados no interior de um trem com velocidade v em relação a um referencial externo O .

Prosseguindo, os autores esboçam uma representação geométrica do trajeto da luz em relação aos dois observadores nos referenciais O e O' . Equacionam o deslocamento em função da velocidade e do intervalo de tempo para a ocorrência do evento, em relação aos dois observadores. Desenvolvem as equações relacionando a velocidade da luz com o espaço percorrido pela mesma em relação aos dois observadores. Interpolam as duas equações e obtém uma relação entre os intervalos de tempo para o deslocamento da luz em relação aos dois referenciais, ou seja: $\Delta t = \Delta t' / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$.

Na breve secção secundária *Evidências da dilatação temporal*, os autores citam experimentos realizados em laboratórios, com partículas de *múon* no estado de repouso, as quais desintegram após um tempo médio de $2,2 \cdot 10^{-2}$ s, suficiente para percorrer uma distância de, aproximadamente, 650 m.

Acrescentam que muitas destas partículas são criadas quando se movem na alta atmosfera, a quase 10 Km de altitude, porém, muitas são detectadas na superfície da Terra. Apresentam uma estimativa para o tempo de ocorrência em relação a um referencial fixo na superfície do múon e outra, para um referencial na superfície da Terra. Justificam esta ocorrência, pela dilatação temporal.

Finalizando, mencionam que outro tipo de teste é possibilitado por dois relógios atômicos. Um localizado na Terra e outro deslocando-se em um avião, com grande velocidade em relação à Terra. Após o deslocamento, constatou-se que o relógio do avião estava ligeiramente atrasado em relação ao mantido no solo, concluem.

Na seção teórica seguinte, *A relatividade do comprimento*, os autores representam um objeto que se encontra em repouso em relação a um observador. Afirmam que Einstein mostrou que, quando o objeto de comprimento L' se move com velocidade v em relação ao observador, o objeto se contrai na direção do movimento, adquirindo comprimento L . Relacionam os comprimentos do objeto através da equação $L = L'(1 - v^2/c^2)^{1/2}$, sendo L e L' respectivamente o comprimento original e o comprimento do objeto após a contração. Porém, os autores não apresentam nenhuma

demonstração da equação, tampouco sobre os pressupostos incorporados à relação dos comprimentos.

A partir das explanações anteriores, inferimos que a argumentação dos autores para explicar a dilatação do tempo¹¹⁸ e a contração dos objetos restringe-se a um artifício matemático e não a partir de um construto teórico elaborado com o intuito de explicar o fenômeno. Com isso, interpretamos neste discurso as marcas da filosofia operacionalista, tão freqüente nos livros didáticos do ensino superior (Bunge, 2000), fazendo sentido nos discurso dos autores do livro L₃.

Finalizando a presente seção, encontra-se um quadro nomeado *Observação*, no qual estão representados dois cubos. Um deles, em repouso, e o outro, com velocidade $v = 0,8 c$, deformado na direção do movimento.

Iniciando a seção teórica *Campos elétricos e magnéticos*, os autores alertam terem mencionado que questões da força eletromagnética afligiam Einstein. Acrescentam que este conseguiu demonstrar que os campos produzidos por cargas em repouso são diferentes daqueles produzidos por cargas em movimento e, em relação aos referenciais inerciais, a equação da força total que atua em cada carga é sempre a mesma.

Reportam-se à equação utilizada na eletrostática para o campo elétrico produzido por uma carga puntiforme em repouso e procedem com a representação desse campo e do campo de uma carga com velocidade $0,9 c$.

Na seção teórica *A relatividade da massa*, desenvolvida em aproximadamente um terço de página do livro, os autores apontam esse fenômeno como consequência dos postulados da Teoria da Relatividade Especial de Einstein. Nomeiam de m_0 e m a massa do corpo, respectivamente em repouso e com velocidade v em relação a um referencial. Em seguida, os autores afirmam que a relação entre as massas m e m_0 é dada pela equação $m = m_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$.

Na relação entre as massas m e m_0 , apresentada na última equação, os autores não procedem com uma demonstração matemática, tampouco explicitam os pressupostos incorporados à mencionada relação.

A partir da última equação, afirmam que a massa m do corpo aumenta com a velocidade v , a qual não poderá atingir o valor c . Alertam em seguida que o que

¹¹⁸ Os autores comentam que uma das primeiras evidências da dilatação temporal foi obtida por meio de experimentos envolvendo a partícula múon, os quais na alta atmosfera movem-se com velocidade próxima a velocidade da luz.

aumenta com a velocidade não é a quantidade de matéria, mas a inércia do corpo. Ou seja, quanto maior a velocidade, maior será a inércia do corpo, logo, dificulta a variação da velocidade, concluem.

Após a seção *A relatividade da massa*, encontra-se a seção *Exercício resolvido*, na qual se encontra o desenvolvimento de uma proposição contemplado a abordagem teórica da seção anterior.

Na seção *Massa e energia*, além de uma explanação inicial, encontra-se uma secção secundária. Iniciando, os autores afirmam que a equação $E = mc^2$ é o aspecto mais conhecido da Teoria da Relatividade. Acrescentam que, através desta equação, Einstein teria mostrado que a energia possui inércia, ou seja, a inércia possui massa. Porém, os autores não discutem as pressuposições utilizadas por Einstein para a elaboração das afirmativas que lhe foram atribuídas. Assim, novamente evidencia-se a tendência de desprezar as pressuposições incorporadas à construção, priorizando-se descrições conclusivas, notadamente, através de formalismos matemáticos.

Finalizando a seção, os autores mencionam como condição provável que o leitor tenha aprendido a lei da conservação da massa de Lavoisier¹¹⁹. Acrescentam que, modernamente, compreende-se que é apenas uma aproximação, haja vista que durante uma reação química, em geral há absorção ou liberação de calor para o ambiente, logo, há variação da massa. Porém, essa variação é tão ínfima que as balanças não conseguem detectá-la. Logo, a validade da equação de Einstein somente foi verificada quando os físicos conseguiram analisar as transformações dos núcleos atômicos, concluem.

Intercalando a seção teórica *Massa e energia* encontra-se uma proposição resolvida, contemplando a abordagem da seção teórica.

Na brevíssima secção secundária, *Um grande equívoco*, os autores afirmam que, muito frequentemente, os meios de comunicação reportam-se a equação $E = mc^2$, como exemplo da possível conversão da massa em energia e vice-versa.

Prosseguindo, contestam a idéia anterior, afirmando que a massa é uma propriedade do corpo, a medida da inércia, logo, não poderá ser transformada. Acrescentam que, quando há conversão, algo desaparece e algo aparece. Isso não se constata no fornecimento de energia a um corpo, que permanece na forma de energia.

¹¹⁹ Consideram que em uma reação química, a massa total dos reagentes é igual à massa dos produtos.

Acrescentam que outra noção que deverá ser evitada é a de equivalência entre massa e energia, haja vista que representam duas propriedades distintas. Segundo os autores, esclarecerão na próxima secção.

Na secção *Matéria e radiação*, os autores reportam-se a propagação contínua das ondas eletromagnéticas no contexto da Física Clássica e contrapõem com a propagação em forma de pacotinhos, denominados fótons e que possuem energia, no contexto da Física Quântica. As pressuposições dessas teorizações sequer são mencionadas.

Prosseguindo, os autores explanam sobre a transformação da radiação em matéria, como a transformação de um fóton em duas partículas - o elétron (e^-) e o pósitron (e^+). Acrescentam que esse processo denomina-se produção de pares e que há transformação de radiação em matéria.

Sobre as propriedades das partículas, comentam que o elétron é uma partícula estável, ao contrário do pósitron que tem vida curta e, ao colidir com outro elétron, se aniquila e transforma-se em radiação, prestando-se a equação $E = mc^2$ para relacionar energia da radiação com a massa da matéria.

Na secção *Energia Cinética*, os autores reportam-se a equação $E = mc^2$ para afirmarem que, quando um corpo possui massa, possui um conteúdo energético, o qual é constituído pela soma da energia cinética com as demais armazenadas em seu interior e com a energia da radiação, que poderia ser obtida através da aniquilação das suas partes materiais.

Prosseguindo, os autores reportam-se à Física Clássica e alegam que nesta, a velocidade de um corpo é bem menor que a velocidade da luz. Logo, a sua energia é dada por $E_c = \frac{1}{2}mv^2$. Acrescentam que para valores de velocidade que se aproximam da velocidade da luz, o valor da energia cinética não é fornecido pela mencionada equação.

Em relação à energia cinética de um corpo que se move com velocidade próxima a velocidade da luz, os autores atribuem massa de repouso m_0 , em relação a um referencial inercial. Representam o conteúdo energético desse corpo como sendo $E_0 = m_0 \cdot c^2$, denominada energia de repouso.

Prosseguindo, acrescentam que, se uma força realizar trabalho sobre o corpo, ele passará a ter velocidade v e uma massa $m = m_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$. Inferem que o novo conteúdo energético do corpo será dado por $E=mc^2$ e a energia cinética do corpo é dada pela diferença E e E_0 , ou seja, $E_c = (m - m_0) c^2$.

Percebe-se que os autores apresentam os conceitos como conseqüentes da manipulação de uma expressão matemática.

Na seção *Energia cinética* encontram-se dois quadros. No primeiro, *Observação*, os autores alertam que, para os físicos que trabalham com partículas elementares, o que interessa é o valor energético da partícula.

No segundo quadro, intitulado *Não é bem assim*, os autores reportam-se a explosão da bomba atômica pelos Estados Unidos da América, em 1945. Acerca do episódio, reportam-se a menções de Picasso e jornais remetendo a genialidade de Einstein ao mencionado acontecimento, apesar de não ter participado da construção da bomba atômica. Os autores classificam as citadas menções como improcedentes e que esclarecerão no Capítulo 74. Acrescentam que a única participação de Einstein teria sido assinar carta sugerindo ao presidente dos Estados Unidos da América que se antecipasse na construção da bomba.

Percebemos na abordagem desse último quadro uma tentativa dos autores em adotarem a sugestão dos documentos oficiais, notadamente dos PCNs, no tocante a contextualização dos conteúdos (BRASIL, 2002). Semelhantemente aos quadros com abordagem apresentados no livro L₂, as tentativas de contextualização dos conteúdos são apresentadas à parte, como que justapostas à exposição, ao invés de estarem associadas à explanação dos conceitos.

A última seção teórica do *Capítulo 72* intitula-se *Teoria da Relatividade Geral*, desenvolvida em menos de meia página do livro. Os autores afirmam que as leis da Física são analisadas em relação a referenciais acelerados, possibilitando o desenvolvimento de uma nova teoria da gravitação.

Continuando, os autores afirmam também que Einstein teria concluído que todas as ondas eletromagnéticas são atraídas pelos corpos, devido às massas destes. Porém, os efeitos somente seriam percebidos quando passassem nas proximidades de corpos com grandes massas, como por exemplo, o Sol. Acrescentam que a confirmação dessa hipótese ocorreu em 1919, através de fotografias de estrelas, no momento em que ocorria um eclipse solar. No entanto, as pressuposições para obtenção destas conclusões não são apresentadas.

Finalizando, comentam que equipes com astrônomos ingleses foram enviados à ilha de Príncipe na África Ocidental e à cidade de Sobral, no estado do Ceará, no sentido de obterem confirmação dos dados. Acrescentam que não obtiveram os resultados esperados na ilha de Príncipe, devido à presença de nuvens.

Após as seções teóricas do *Capítulo 72* há a seção *Exercício propostos*. Nesta, há seis proposições ao estudante.

O *Capítulo 73* do livro L₃, *Mecânica Quântica*, é constituído por cinco seções teóricas, respectivamente nomeadas como *A radiação do corpo negro*, *O efeito fotoelétrico*, *O átomo de Bohr*, *Quantidade de movimento do fóton* e *A Mecânica Quântica*.

Na seção teórica *A radiação do corpo negro*, os autores reportam-se ao final do século XIX e mencionam que foram realizadas várias tentativas visando compatibilizar os dados experimentais referentes à radiação dos corpos negros com as leis do eletromagnetismo. No entanto, não explicitam quais teriam sido estas tentativas. Logo, silenciam sobre os vários estudos em torno da mencionada radiação, desenvolvidos a partir da metade do século XIX (JAMMER, 1966; KUHN, 1978).

Prosseguindo, acrescentam que, em 1900, através de uma hipótese ousada, Planck obteve a equação $E = hf$, relacionando, assim, a energia com a frequência da radiação emitida do corpo negro, sendo essa energia descontínua.

Os autores não situam as proposições de Planck com as teorizações ocorridas na época, tampouco as suas pressuposições e atribuem ao mesmo o papel de descobridor original. Interpretamos que esse discurso encontra-se em sintonia com uma formação discursiva que concebe a construção da ciência como uma atividade individual.

Na seção teórica *O efeito fotoelétrico*, os autores afirmam que, durante muito tempo, a equação de Planck, $E = hf$, não foi levada à sério. Porém, Einstein obteve êxito em explicar o efeito fotoelétrico, a partir da idéia de quantização de Planck. Argumentam que Einstein analisou a problemática do corpo negro admitindo que, ao abandonar o corpo, a radiação se comportaria como se fosse pacotes, inicialmente denominados de quantum.

Sobre a adoção da idéia de quantização da energia para explicação do efeito fotoelétrico, os autores não evidenciam as discussões e argumentações surgidas no percurso. Pontuam apenas o resultado final de uma interpretação.

Finalizando a seção, os autores apresentam explicação física para o efeito fotoelétrico, como também para a obtenção dele através de uma fotocélula, representada em um diagrama.

Prosseguindo, encontra-se a seção *Exercícios propostos*, contendo quatro proposições ao estudante.

Na seção teórica *O átomo de Bohr*, os autores reportam-se ao modelo atômico de Rutherford, proposto em 1911, e mencionam que, de acordo com o eletromagnetismo clássico, os elétrons circulando deveriam colapsar com o núcleo¹²⁰. Acrescentam que, em 1913, Bohr propôs um modelo atômico visando corrigir esse problema, iniciando suas análises com o átomo de hidrogênio.

Acerca das hipóteses de Bohr, mencionam que ele considerou que a órbita circular do elétron em torno do núcleo devia-se à ação da força de repulsão eletrostática entre o núcleo e os elétrons, tendo usado a Física Clássica para calculá-la. Reportam-se a lei de Coulomb e atribuem a força de atração eletrostática entre o núcleo e o elétron o papel de força centrípeta.

Também afirmam que no modelo atômico de Bohr, o raio da trajetória do elétron não poderia ter um valor qualquer, apenas ocupando determinadas órbitas, chamadas estados estacionários, na qual não emitem energia. A emissão ou a absorção de energia somente ocorreria quando o elétron passasse de uma órbita para outra, acrescentam.

Em seguida, consideram que a força elétrica desempenha o papel de força centrípeta e desenvolvem equação que possibilita calcular a energia total do elétron em um átomo e apresentam diagrama de valores de energia para átomos em vários níveis.

Logo após a seção teórica *O átomo de Bohr* encontra-se a seção *Exercícios propostos*. Esta traz duas proposições ao estudante, uma delas tendo sido utilizada em exame de acesso a universidade.

Na quarta seção do Capítulo 73, *Quantidade de movimento do fóton*, desenvolvida em menos de meia página do texto, os autores mencionam que o fóton não possui massa de repouso, haja vista que não existe neste estado. Mas, como possui energia, pode-se atribuir-lhe massa a partir da equação de Einstein, para a qual $m = E/c^2$. Interpolam essa equação com a equação que explicita a energia do fóton, $E = hf$, obtendo a relação $m = hf/c^2$.

Prosseguindo, afirmam que a quantidade de movimento de uma partícula é dada pela equação $Q = mv$ e interpolando com a última equação, obtendo que $Q = (hf/c^2).c = hf/c = E/c$. Acrescentam, ainda, que sendo $\lambda = c/f$, interpolam com a $Q = E/c$ e obtém $\lambda = h/Q$.

¹²⁰ Apresentam diagrama evidenciando a trajetória espiralada de um elétron em volta do núcleo.

Percebe-se que os autores priorizam o formalismo matemático e não discutem os fundamentos conceituais desta. Evidenciam-se as marcas do operacionalismo, com presença comum nos livros didáticos de Física, utilizados no ensino superior (BUNGE, 2000).

A última seção teórica do *Capítulo 73, A Mecânica Quântica*, possui uma explanação inicial e duas breves seções teóricas. Inicialmente os autores reportam-se ao comportamento dual da luz e que, em 1924, De Broglie teria proposto que, as partículas materiais em movimento poderiam se comportar como ondas. Teria sugerido que o comprimento de onda seria o mesmo da equação válida para o fóton, ou seja, $\lambda = h/Q$, acrescentam os autores. Novamente, evidencia-se o silêncio dos autores em relação ao contexto da construção das idéias, priorizando apenas os resultados.

Prosseguindo, encontra-se a brevíssima seção secundária *Princípio da Complementaridade*, o qual teria sido estabelecido por Bohr. Segundo este, em cada experimento ou o comportamento ondulatório ou o corpuscular da luz se manifestariam, porém, nunca os dois ao mesmo tempo. Assim, os dois comportamentos são complementares, acrescentam os autores. Novamente, não discutem as pressuposições do autor do mencionado Princípio, tampouco, as implicações decorrentes.

Finalizando, encontra-se a breve seção secundária *Princípio da Incerteza*. Argumentam que, de acordo com a Física Clássica não há limites para a precisão que podemos avaliar uma grandeza. Porém, após um amplo estudo dos processos de medida, Heisenberg anuncia que seria impossível conhecer simultaneamente, e com precisão arbitrária, a posição e a quantidade de movimento de uma partícula. Para Δx e ΔQ às incertezas na posição e na quantidade de movimento, teriam que obedecer a relação $\Delta x \cdot \Delta Q \geq h$.

Finalizando o presente capítulo, encontra-se a seção *Exercícios propostos* com três proposições aos estudantes, das quais, duas foram utilizadas em exames de seleção ao ingresso em universidades.

O *Capítulo 74, Partículas elementares*, último capítulo do livro L₃, é constituído por seis seções teóricas, a saber: *O átomo, Partículas elementares, Os quarks, Unidade de massa e energia, Fusão nuclear e Fissão nuclear*. Algumas destas são constituídas por seções secundárias.

Iniciando primeira seção, *O átomo*, os autores reportam-se aos atomistas gregos e afirmam que teriam suspeitado da existência de certos materiais básicos, originando toda a variedade de matéria. Prosseguindo, afirmam que somente no século

XIX emergiu a convicção de que toda a matéria era formada de átomos e estes fossem formados por três tipos de partículas mais simples: próton, elétron e nêutron.

Em seguida, descrevem a configuração das partículas existentes no átomo, as respectivas representações no símbolo atômico, bem como as propriedades dos átomos que possuem o mesmo número de prótons.

Finalizando a seção, encontra-se a seção secundária *Força nuclear*. Nesta, os autores reportam-se ao estudo da eletricidade e reafirmam as forças de repulsão entre cargas elétricas de mesmo sinal. Questionam como é possível ficarem juntas ao núcleo. Sobre este questionamento, os autores justificam através da existência da força nuclear que, a partir de determinadas distâncias, propicia que os prótons se aproximem.

Prosseguem mencionando acerca da atuação da força nuclear entre nêutrons, entre prótons e nêutrons, como também acerca do comportamento das mencionadas partículas no interior do átomo.

A seção teórica *Partículas elementares*, além de uma explanação inicial, possui duas seções secundárias. Iniciando, os autores mencionam que, na década de trinta do século XX, eram conhecidas quatro partículas elementares e os físicos achavam que a estrutura do universo estava conhecida. Mencionam que essa calma foi bastante provisória, haja vista que uma série de experimentos teria evidenciado a existência de várias outras e, atualmente, são conhecidas mais de duzentas dessas partículas. Acrescentam que, posteriormente, exemplificarão o processo de formação das partículas elementares e apresentam tabela contendo a nomeação, o símbolo e a carga de quatro partículas.

Prosseguindo, os autores remetem ao capítulo sobre a Teoria da Relatividade e mencionam a produção de pares como um exemplo de produção de partículas elementares - um fóton transformando-se em um elétron (e^+) e em um pósitron (e^-). Assim denominam o pósitron como a antipartícula do elétron e vice-versa, os quais se aniquilam quando se encontram, produzindo dois fótons.

Na breve seção secundária *O antipróton e o antinêutron*, os autores afirmam que, quando um fóton de energia muito elevada, transita nas proximidades de um núcleo, em vez de produzir um par elétron-pósitron, poderá produzir um próton e um antipróton. Mencionam que o antipróton possui a mesma massa e carga do próton, sendo esta última negativa.

Mencionam ainda que antiprótons também são produzidos com os aceleradores de partículas, propiciando uma grande colisão entre dois prótons ou entre um próton e

um nêutron. Acrescentam que uma colisão entre dois prótons, também poderá produzir um antinêutron.

Finalizando, mencionam que explanarão adiante sobre outras partículas, cujas antipartículas também apresentam cargas opostas. Questiona esta relação para partícula com carga nula, como o nêutron e acrescentam que há outras propriedades que as diferenciam. Porém, sempre que uma partícula encontra a antipartícula, aniquilam-se produzindo fótons.

Iniciando a seção secundária *Decaimento beta*, os autores esclarecem que a terminologia decaimento é utilizada para nomear a transformação de partículas. Mencionam que um nêutron livre, após algum tempo, sofre um decaimento produzindo um próton, um elétron e uma partícula chamada antineutrino, mencionando algumas propriedades físicas deste. Acrescentam que, por razões históricas, o elétron é chamado de partícula β^- . Logo o decaimento é chamado β^- , o qual poderá ocorrer quando o nêutron encontra-se no interior de um núcleo atômico. Nesta condição, o próton permanece no interior do núcleo e o elétron e o antineutrino são expulsos, levando a uma mudança do elemento químico.

Na terceira seção teórica, *Os quarks*, inicialmente os autores mencionam que à medida que aumentava o quantitativo de partículas elementares, os físicos suspeitavam que pudessem ser constituídas doutras ainda mais elementares. Assim, em 1964, os físicos Gell-Mann e Zweig propuseram a existência de partículas ainda menores, nomeadas como quarks e esboçam uma figura explicativa.

Prosseguindo, os autores acrescentam que, até hoje, foram identificados seis tipos de quarks, apresentados em uma tabela com os respectivos símbolos e cargas. Descrevem algumas propriedades dos quarks, como a de não terem conseguido isolá-lo, como também suas formas de combinação nos prótons e nêutrons.

Na breve seção secundária *Léptons, mésons e bárions* os autores afirmam que a maioria das partículas elementares constitui dois grupos, respectivamente denominados hádrons e léptons. Afirmam, ainda, que os hádrons são formados por quarks e se subdividem em mésons e bárions. Acrescentam que os bárions são partículas formadas por três quarks ou antiquarks e os mésons, por um quark e um antiquark, exemplificando cada uma delas.

Sobre os léptons, afirmam que não são formadas por quarks e exemplificam com o elétron (e^-), o pósitron (e^+), o neutrino, o múon e o tau. Acrescentam que, até onde se tem conhecimento, os léptons são partículas realmente elementares.

Sobre o fóton, mencionam que se encontra em um grupo que não pertence nem aos léptons, nem aos hádrons.

Finalizando a seção, acrescentam que as palavras lépton, méson e bárion foram introduzidas em uma época que o número de partículas conhecidas era pequeno. Assim, lépton significava “partícula de massa pequena”, bárion significava “partícula de massa grande” e méson significava “partícula de massa intermediária”. Porém, atualmente existem léptons e mésons cujas massas são maiores do que a de alguns bárions, concluem.

Iniciando a breve seção teórica do Capítulo 74, *Unidade de massa e energia*, os autores afirmam que os físicos nucleares frequentemente utilizam unidades que não pertencem ao SI. Tratando-se da energia, preferem o elétron-volt (eV) ao invés do Joule.

Prosseguindo, descrevem as unidades, múltiplos e submúltiplos utilizados para a massa e a energia, como também as relações entre essas unidades.

Na seção teórica *Fusão nuclear*, os autores afirmam poderem utilizar a equação de Einstein para calcular a energia potencial armazenada nos núcleos atômicos. Esclarecem que fusão nuclear é uma reação em que dois ou mais corpos se unem para formar um corpo maior.

Em seguida, apresentam uma reação de fusão nuclear, expressando as massas das partículas constituintes, como também o balanço energético ocorrido.

Iniciando a seção *Fissão Nuclear*, última do *Capítulo 74*, os autores afirmam que, quando um nêutron atinge um núcleo atômico pesado, poderá provocar uma quebra neste. Assim, os dois núcleos transformam-se em núcleos quase iguais e tal processo é denominado fissão nuclear.

Dando prosseguimento, os autores exemplificam o processo de fissão de um núcleo de urânio, como também o equilíbrio energético ocorrido. Para isso, utilizam-se de uma figura representando o processo.

Na seção secundária *Reação em cadeia*, os autores explicam que após a fissão nuclear, os nêutrons liberados irão atingir outros núcleos, provocando outras fissões, o que leva a ampliação do processo. Por isso, a denominação *reação em cadeia*. Mencionam que os reatores nucleares utilizam as reações em cadeia através de um controle da energia liberada. Citam, como exemplo, a produção de energia elétrica. Citam a bomba atômica como exemplo de uma reação em cadeia não controlada.

Após a última seção teórica encontra-se a seção *Exercício proposto*, contendo cinco proposições ao estudante.

De modo geral, avaliamos que no livro L₃ a utilização de formalismos matemáticos não se mostra tão prevalente, como no livro L₁, por exemplo. No entanto, os autores seguem a tendência de apresentar uma descrição conclusiva das construções teóricas. Com isso, silenciam em relação ao contexto de construção das idéias, digo, as polêmicas e debates que permearam determinados contextos, resultando naquela construção. Destacamos, por exemplo, as abordagens sobre a relatividade do tempo e do comprimento.

Uma abordagem na perspectiva anterior, vai de encontro a possibilidade da FMC ser compreendida pelo leitor como um produto cultural, e que possui múltiplas implicações tecnológicas (Torre, 1998), como também que o estudante possa elaborar uma visão não linear da ciência (Pérez e Solbes, 2003) e outras.

Constatamos também que há um silêncio dos autores do livro L₃ no sentido de relacionar os fenômenos com o contexto imediato, relacionadas com possíveis contribuições culturais, econômicas e sociais decorrentes da Física abordada, conforme sugerem os PCN+ (BRASIL, 2002)

A partir das últimas considerações, afirmamos que, de modo geral, os discursos dos autores do livro L₃ não incorporam as recomendações dos pesquisadores, tampouco dos documentos oficiais brasileiros, acerca de algumas recomendações e pressuposições para o ensino da FMC.

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L₄

O quarto livro da presente análise é intitulado *Tópicos de Física 3*, cujos autores são Gualter José Biscuola, Nilton Vilas Boas e Ricardo Helou Doca. Trata-se do terceiro volume de uma coleção constituída por três livros, sendo a 7^a tiragem da 15^a edição, do ano de 2007.

A estrutura do livro L₄ está dividida em três *Partes*. Cada uma destas agrupa um conjunto de tópicos, os quais se assemelham à estrutura de capítulo, nos demais livros.

Na seção *Ao Estudante*, localizada na parte inicial da obra, os autores pontuam alguns propósitos gerais da explanação, como “*apresentar a matéria a você de forma clara e organizada, dando-lhe subsídios para um aprendizado metódico e consistente*” (p. 3).

Na menção acima, interpretamos um discurso permeado por objetivos que contemplam aspectos técnicos do ensino, como *aprendizado metódico*. Nesta

perspectiva, os objetivos dos autores incorporam elementos presentes nos preceitos da racionalidade técnica, conforme discutido por Amaral (2006).

Após a *Parte III* do livro L₄, encontra-se a *Seção Complementos*, na qual os autores desenvolvem as abordagens sobre a Física Moderna. Assim, a abordagem Sobre a Física Moderna na parte final da programação e desvinculada da abordagem da Física Clássica, tendência já presente nos livros L₁, L₂ e L₃ mostra-se mais radicalizada no livro L₄, haja vista localizar-se em uma seção complementar.

A seção *Complementos* encontra-se organizada em quatro tópicos, nomeados como segue: 1. *Física Moderna: noções de Física quântica*, 2. *Física Moderna: Noções de Teoria da Relatividade*, 3. *Física Moderna: comportamento ondulatório da matéria* e 4. *Análise Dimensional*¹²¹. Cada tópico encontra-se constituído por seções teóricas numeradas e nomeadas e algumas destas, apresentam seções secundárias nomeadas.

Em algumas seções teóricas do livro L₄ encontra-se um quadro intitulado *Leitura*, cuja abordagem específica relaciona-se com alguma aplicação da seção teórica em curso.

Após algumas seções teóricas do livro L₄ encontram-se seções *Exercícios*, contendo algumas questões resolvidas. Sobre estas, na seção *Ao Estudante*, localizada no início do livro, os autores esclarecem que as questões resolvidas prestam-se como referência para o desenvolvimento de questões semelhantes

Interpretamos no discurso anterior uma hierarquização das questões em relação ao suposto grau de dificuldade. Além disso, os exercícios resolvidos prestam-se como proposição modelar as questões semelhantes, a serem resolvidas pelo estudante. Esta configuração incorpora as diretrizes da racionalidade técnica, conforme discute Amaral (2006).

O tópico, *Física Moderna: Noções de Física Quântica*, contém cinco seções teóricas numeradas e nomeadas como segue: 1. *Introdução*, 2. *Modelo ondulatório para as radiações eletromagnéticas*, 3. *Modelo quântico para as radiações eletromagnéticas*, 4. *A dualidade da luz* e 5. *O átomo de Bohr e as transições eletrônicas*.

Na breve seção teórica 1. *Introdução*, os autores mencionam que no final do século XIX e início do século XX a Física Clássica não explicava determinados fenômenos físicos, vindo a ser explicados através da Física Quântica. Acrescentam que,

¹²¹ Este não está incluído na presente análise.

para se compreender essa física, faz-se necessário a compreensão de alguns conceitos clássicos.

Os autores do livro L_4 não mencionam quais teriam sido os fenômenos não explicados pela Física Clássica. Certamente, o intento é apenas situar a problemática e esclarecê-la, a posteriori.

Na seção 2, *Modelo Ondulatório para as radiações eletromagnéticas*, os autores explanam sobre o mencionado modelo, apresentado por Maxwell, em 1860. Pontuam características gerais das radiações eletromagnéticas, tais como a possibilidade de propagação dos campos elétricos e magnéticos e a dependência entre eles. Acrescentam que são radiações susceptíveis aos fenômenos de interferência e difração.

Sobre a existência de radiações eletromagnéticas, mencionam que foi confirmada por Hertz em 1887, quando gerava ondas de rádio em laboratório. Segundo a teoria eletromagnética, essas ondas são obtidas através do movimento acelerado de elétrons.

Prosseguindo, encontra-se um diagrama tridimensional representando a propagação das ondas eletromagnéticas em um intervalo de tempo. Neste destacam a variação dos campos elétricos e magnéticos, alertando para o fato destes campos serem perpendiculares entre si e à direção da propagação.

Reportam-se ao capítulo sobre a teoria ondulatória clássica e afirmam que uma onda eletromagnética não necessita de um meio para propagação e que a sua velocidade no vácuo ficou estabelecida como $c=1/(\epsilon_0\mu_0)^{1/2}$.

Finalizando, mencionam que ϵ_0 e μ_0 são respectivamente a permissividade elétrica e a permeabilidade magnética, acrescidos de valores que resultam no valor de $c = 3,0.10^8$ m/s. Mencionam ainda que esse valor da velocidade da luz, c , coincidiu com o valor de sua propagação no ar, concluindo-se que a luz é uma onda eletromagnética.

Após a segunda seção teórica, encontra-se uma seção Exercícios, com duas proposições ao estudante. A segunda delas foi utilizada em exame de acesso à universidade.

A seção teórica 3, *Modelo quântico para as radiações eletromagnéticas*, é constituída por seis seções teóricas secundárias. Na primeira, *Introdução*, desenvolvida através de dois breves parágrafos, os autores mencionam que, apesar da coerência da teoria eletromagnética de Maxwell para explicar a propagação das radiações eletromagnéticas, não explicava a interação dessas radiações com a matéria.

Exemplificando um fenômeno não explicado pela teoria eletromagnética, citam o efeito fotoelétrico, o qual foi identificado no final do século XIX.

Prosseguindo, na seção secundária *Observação e primeira interpretação do efeito fotoelétrico*, mencionam que a primeira observação do fenômeno teria ocorrido em 1872, por Alexander Stoletov. Acrescentam comentários genéricos acerca das condições de identificação e da produção do mencionado fenômeno. Em destaque, apresentam uma breve definição do efeito fotoelétrico.

Finalizando, encontra-se uma figura representando a incidência da radiação eletromagnética sobre uma placa metálica e elétrons abandonando a mesma.

Na seção secundária *Investigação do efeito fotoelétrico*, os autores utilizam um diagrama que representa o aparato experimental e afirmam possibilitar a obtenção do efeito fotoelétrico. Trata-se de dois eletrodos envolvidos por uma ampola de vidro evacuada, cujos terminais encontram-se associados a um circuito elétrico. Mencionam os procedimentos e condições necessários para a geração e detecção do efeito fotoelétrico.

Prosseguindo, mencionam que tanto Stoletov quanto Lenard contribuíram para a descoberta do efeito fotoelétrico, porém, não mencionam estas contribuições. Acrescentam que os resultados experimentais obtidos incompatibilizavam-se com a teoria eletromagnética de Maxwell.

Afirmam terem constatado que esse efeito teria revelado a não dependência das energias cinéticas fotoelétricas com a intensidade da radiação incidente sobre o metal. A intensidade da luz incidente aumentava apenas a quantidade de fotoelétrons ejetados da superfície metálica.

Finalizam com dois diagramas representando a produção do efeito fotoelétrico pela incidência da luz ultravioleta.

Iniciando a seção secundária *Explicação do efeito fotoelétrico*, os autores pontuam que corpos a qualquer temperatura emitem radiação eletromagnética, abrangendo toda a faixa do espectro. Prosseguindo, acrescentam que em 1900, Max Planck estabeleceu uma teoria para explicar a emissão térmica dos corpos, considerando que as radiações eletromagnéticas emitidas pelos átomos são pacotes descontínuos, denominados fótons, e, a cada fóton, encontra-se associada uma quantidade de energia.

Os autores acrescentam que Planck considerou que cada fóton possui uma quantidade bem definida de energia, expressas através da equação $E = h f$, sendo h denominada constante de Planck. Acrescentam ainda que, apesar de Planck ter sido o

criador da teoria dos quanta, continuou adotando o modelo ondulatório de Maxwell para a propagação das ondas eletromagnéticas. Porém, não discorrem sobre os pressupostos de Planck para a construção da mencionada pressuposição.

Interpretamos que os autores atribuem exclusivamente a Planck as investigações sobre a radiação dos corpos aquecidos e a criação da teoria quântica. Com isso desprezam todas as polêmicas e contribuições em torno do fenômeno, perfiladas a partir da metade do século XIX, conforme Jammer (1966), Kuhn (1978) e outros.

Prosseguindo, afirmam ainda que, em 1905, foi possível Einstein explicar o efeito fotoelétrico, considerando a teoria de Planck para a propagação das radiações eletromagnéticas. Ou seja, estas seriam constituídas por fótons.

Explicam que, cada fóton seria um concentrado de energia suficiente para ser absorvido por um único elétron. Além disso, o elétron somente absorveria quantidades inteiras de fótons. Sendo a energia do fóton suficiente, a qual se relaciona com a frequência da radiação, o elétron poderá ser extraído do metal, acrescentam.

Prosseguindo, na seção secundária *Equação do efeito fotoelétrico*, os autores mencionam que a energia cinética do fotoelétron relaciona-se com a energia do fóton por meio da expressão $E = E_c + A$. Acrescentam que $E = hf$ corresponde à energia absorvida pelo elétron e $E_c = mv^2/2$, corresponde a energia cinética do fóton.

Sobre a energia necessária para extrair o fóton do metal denomina-se função trabalho que, segundo os autores, poderá ser representada por $h f_{\min}$. Finalizando, em um plano bidimensional, os autores apresentam a função trabalho em função da energia cinética e da frequência da radiação.

Na brevíssima seção secundária seguinte, *O elétron-volt*, os autores afirmam que a energia de um fóton é bastante pequena em relação às unidades usuais, notadamente em relação ao elétron-volt (eV), bastante útil nas físicas atômica e nuclear. Apresentam equação relacionando a equivalência quantitativa entre o elétron-volt e o Joule.

Na seção teórica 4, *A Dualidade da luz*, os autores mencionam que, após o estudo do modelo ondulatório de Maxwell e do modelo quântico onde a luz é constituída por partículas denominadas fótons, surgiu o questionamento se a luz seria onda ou partícula. Acrescentam que a luz se comporta como onda ou como partícula dependendo do fenômeno. Citam a interferência e a difração como sendo explicada através do modelo ondulatório. O efeito fotoelétrico, por sua vez, somente pode ser explicado pelo modelo corpuscular da luz.

Prosseguindo, encontra-se o quadro denominado *Leitura* o qual é constituído por três seções: *Células fotoelétricas*, *Célula fotoemissiva* e *Célula fotocondutiva*. Nas abordagens, contemplam apenas os aspectos técnicos e do funcionamento das mencionadas células, auxiliados por dois diagramas. Interpretamos que neste discurso, encontra-se a proposição de vincular as aplicações tecnológicas com os conteúdos. No entanto, referem-se apenas aos aspectos estritamente técnicos da mencionada tecnologia. Assim, as proposições dos documentos oficiais, notadamente das Orientações Curriculares Nacionais (Brasil, 2006), para que os conteúdos sejam relacionados com as tecnologias atuais, tratada como uma atividade humana, não deixou suas marcas na presente abordagem.

Prosseguindo no texto, encontra-se a seção *Exercícios*, com quatro proposições ao estudante, uma proposição resolvida e mais nove proposições ao estudante. Das treze proposições ao estudante, dez foram utilizadas em exames de acesso a universidades.

A seção teórica 5, *O átomo de Bohr e as transições eletrônicas*, possui cinco seções secundárias. Na primeira, *Introdução*, os autores relacionam o nível energético do elétron com a distância em relação ao núcleo atômico. Utilizam-se de um diagrama, no sentido de explicarem as transições de dois elétrons em níveis energéticos distintos.

Na seção secundária seguinte, *O modelo atômico de Bohr*, afirmam que os átomos por não serem visualizados, sempre foram estudados através de modelos, baseados em resultados experimentais e aceitos enquanto não falharem na explicação dos fenômenos. A partir de uma primeira falha, compete aos físicos o aperfeiçoamento ou substituição do modelo, acrescentam.

Prosseguindo, os autores afirmam que um dos modelos atômicos foi proposto por Rutherford, em 1911, o qual apresentava um núcleo central, com os elétrons orbitando em torno. Acrescentam que esse modelo foi importante na teoria atômica, apesar aspectos incompatíveis com o eletromagnetismo de Maxwell. Para esta, o elétron girando em torno do núcleo, emitiria radiação, descreveria uma trajetória espiralada e colapsaria com o núcleo. Logo, evidenciou-se a necessidade de revisão deste modelo, afirmam os autores. Apresentam diagrama representando o provável trajeto do elétron, porém, esse comportamento não ocorria, haja vista que as eletrosferas mostram-se estáveis.

Reportam-se ao modelo atômico de Bohr baseado em idéias quânticas, apresentado em 1913, como solução para a problemática do modelo atômico de Rutherford. Acrescentam que Bohr postulou a existência dos estados estacionários dos

átomos, nos quais os elétrons não emitem radiação, sendo estes confirmados por experiências. Ainda sobre o modelo atômico de Bohr, os autores explanam sobre as transições eletrônicas dos elétrons entre distintas órbitas, representadas através de dois diagramas.

Na seção secundária seguinte, *Transições eletrônicas causadas pela incidência de radiação eletromagnética*, os autores mencionam que os níveis energéticos ou estados permitidos em um átomo podem ser comparados a degraus de escadas, representados através de duas figuras. Porém, admitem que essa não é uma comparação adequada.

Em seguida, procedem com uma explicação das condições para absorção ou emissão energética pelos fótons, as quais possibilitam a transição entre diferentes níveis, comparados com mudanças nos degraus das escadas.

Na seção teórica secundária seguinte, *Outras causas das transições eletrônicas*, os autores apontam o aquecimento como outro fator das transições eletrônicas nos átomos. Destacam a agitação dos átomos a partir do aumento de temperatura, e colidindo entre si, poderão fornecer energia aos seus elétrons, causando transições eletrônicas. Como consequência, poderá emitir radiações eletromagnéticas ou até mesmo perder elétrons, sendo esse fenômeno denominado efeito termiônico, o qual ocorre nos filamentos de tungstênio existentes em lâmpadas fluorescentes, representados em uma figura.

Prosseguindo, comparam as causas da emissão de elétrons no efeito fotoelétrico com o efeito termiônico e desenvolvem uma explicação acerca deste último fenômeno.

Iniciando a última seção secundária *Análise espectral*, os autores mencionam que a emissão das radiações eletromagnéticas de determinadas frequências características dos elementos químicos no estado atômico gasosos são chamados de espectro de emissão do elemento.

Sobre os espectros atômicos, particularizam com átomos de hélio e mencionam algumas das características do seu espectro de emissão. Apresentam um diagrama explicativo em relação à obtenção do espectro de emissão na região visível do espectro eletromagnético, dos elementos químicos no estado gasoso.

Finalizando, encontram-se espectros de emissão na região visível do espectro eletromagnético de quatro elementos químicos.

Percebe-se que os autores priorizam as abordagens conclusivas e realçam os aspectos técnicos, desprezando o conteúdo da sua construção dos conteúdos abordados. Particularmente, os autores silenciam acerca das polêmicas interpretativas em torno das linhas espectrais, ocorridas principalmente na primeira metade do século XIX.

Finalizando, encontra-se a seção *Exercícios*. Nesta encontram-se seis proposições ao estudante e uma resolvida. A maioria das proposições prestou-se a exames de seleção ao acesso em universidades.

No livro L₄, o segundo tópico da seção *Complementos, Física Moderna: Noções de Teoria da Relatividade*, encontra-se explanado em nove seções teóricas, numeradas e nomeadas. São elas: *1.Introdução, 2.O surgimento da Teoria da Relatividade, 3.Os postulados de Einstein, 4.A dilatação do tempo, 5.A contração do comprimento, 6.Composições de velocidades, 7.Massa relativística, 8.Equivalência entre massa e energia e 9.Relação entre a energia e a quantidade de movimento de um corpo.*

Na seção *1, Introdução* os autores procedem com uma exposição do tópico. Através de uma breve menção, reportam-se ao contexto da Física Clássica e mencionam que, tanto a velocidade, quanto outras grandezas físicas dela dependentes, são relativas ao referencial.

Finalizando, comentam sobre as grandezas consideradas absolutas, tornam-se relativas quando encontram-se com velocidades próximas a da luz.

Na seção *2, O surgimento da Teoria da Relatividade*, os autores afirmam que, no final do século XIX e início do século XX, vários fatos importantes foram esclarecidos através da Física quântica e outros continuavam sem explicação. Porém, foram esclarecidos através da Teoria da Relatividade Restrita, elaborada por Einstein, em 1905. Posteriormente acrescentam que a Mecânica newtoniana continua válida para velocidades desprezíveis em relação à velocidade da luz.

Prosseguindo, acrescentam que a Teoria da Relatividade é composta pela Teoria da Relatividade Especial, publicada em 1905 e pela Teoria da Relatividade Geral, publicada em 1915, a qual aborda fenômenos não inerciais. Acrescentam que essa parte não será tratada no presente livro.

Seguindo a tendência doutros, os autores do livro L₄ apresentam a Teoria da Relatividade como uma criação exclusiva de Einstein e desprezam outras contribuições que haviam sido desenvolvidas anteriormente, tais como o Princípio da Relatividade e o estudo da contração dos corpos devido o aumento da velocidade.

Na seção 3, *Os postulados de Einstein*, os autores afirmam que a Teoria da Relatividade Restrita foi construída a partir de dois postulados. Em destaque, procedem com um anúncio dele e, após o segundo, afirmam que contraria radicalmente a maneira newtoniana de composição de velocidades. Exemplificam essa afirmação.

Finalizando a seção, encontram-se duas *Notas*, com considerações sobre os referenciais inerciais. Na segunda nota, os autores citam a colaboração dos trabalhos de outros físicos na elaboração da Teoria da Relatividade por Einstein, tais como Michelson, Morley e Lorentz. No entanto, sequer mencionam qual teria sido essa colaboração. Aqui, configura-se a tendência de apresentarem os resultados, desprezando os processos da construção das idéias.

Iniciando a seção 4, *A dilatação do tempo*, os autores afirmam que o intervalo de tempo de ocorrência entre dois eventos encontra-se relacionado com o referencial da observação. Reportam-se a figura de um trem com velocidade v em relação a um referencial externo R , no qual se localiza um observador, representados em uma figura. No interior do trem, cujo teto é espelhado, encontra-se um observador em repouso em relação a um referencial interno R' e uma fonte luminosa, dirigida ao teto do trem. Analisa o percurso de ida volta da luz entre a fonte e o teto espelhado do trem.

Ainda em relação à figura, destacam os trajetos percorridos pela luz, em relação aos dois observadores, relacionando-os com os intervalos de tempo Δt e $\Delta t'$. Obtém a equação $\Delta t = \Delta t'/(1-v^2/c^2)^{1/2}$ e argumentam as condições que resultam em Δt maior que $\Delta t'$ ¹²².

Finalizando, comentam a análise do tempo de ocorrência de um evento que ocorre no interior de um vagão com $0,8 c$, em relação a dois referenciais distintos.

Na seção teórica 5, *A contração do comprimento*, os autores propõem o estudo da relatividade dos comprimentos dos corpos em relação a um referencial. Reportam-se ao comprimento de um túnel percebido por dois observadores, representados em uma figura. Um observador encontra-se no interior de um trem e o segundo, no exterior, respectivamente com velocidade v e em repouso em relação a um referencial externo ao trem.

Prosseguindo, através de uma figura, representam um túnel, com comprimentos l e l' , a partir da percepção de dois observadores. Representam os comprimentos l e l' em função da velocidade do trem e dos intervalos de tempo Δt_1 e Δt_2 para transpassar o

¹²² Em seguida, os autores exemplificam a relatividade do tempo a partir de uma proposição cujos, intervalos de tempo apresentam valores determinados.

túnel, cronometrados pelos dois observadores. Prosseguindo, interpolam uma das equações com a equação que evidencia a dilatação temporal, obtida na seção anterior e concluem que ocorreu a contração do objeto da direção do movimento.

Seguindo a tendência doutros livros, os autores do livro L_4 referem-se tanto a dilatação temporal quanto a contração dos comprimentos a partir de um dado formalismo matemático. Logo, neste discurso evidenciam-se as marcas de uma perspectiva filosófica operacionalista, comum em livros didáticos do ensino superior, conforme discute Bunge (2000).

Em seguida encontra-se o quadro *Leitura*, com nomeação específica *Um dos fatos que confirmam a Teoria da Relatividade Restrita*. Neste, discorrem sobre o comportamento relativístico dos mésons existentes nas altas camadas da atmosfera. Comentam do tempo de desintegração da partícula e que, neste, poderia percorrer uma distância de aproximadamente 660 m. Situam como problemático o fato desta partícula ser localizada na superfície da Terra.

Para a problemática anterior, apresentam duas explicações a partir das hipóteses da dilatação do tempo e da contração do comprimento, respectivamente.

Iniciando a seção teórica 6, *Composição de velocidades*, os autores afirmam já terem mencionado que a composição de velocidades no contexto da Teoria da Relatividade é bastante distinta dos procedimentos feitos na mecânica newtoniana. Reportam-se a uma figura na qual está representado um trem com velocidade v em relação a um referencial R , onde se encontra um observador em repouso. No interior do trem encontra-se um observador R' , em repouso em relação ao trem e um objeto P , movendo-se com velocidade u' em relação ao trem e na mesma direção da velocidade v .

Sobre a figura, os autores afirmam que poderão demonstrar (mas não demonstram) que a velocidade u do objeto P em relação ao solo é dada através da equação $u = u' + v / (1 + vu'/c^2)$. Acrescentam que nessa expressão, cada velocidade terá um valor algébrico relacionado com o sentido do eixo.

Finalizam a seção teórica desenvolvendo um exemplo com dados numéricos utilizados na última equação. Com isso, seguem a tendência da abordagem adotada para a dilatação do tempo e a contração dos comprimentos dos objetos.

Na seção teórica 7, *Massa relativística*, os autores referem-se a uma pedra em repouso no solo e com massa m_0 , denominada massa de repouso, representada em uma figura. Em outra representação, a mesma pedra encontra-se com velocidade v em

relação ao solo. Afirmam que poderão demonstrar que a massa da pedra passa a ser m , denominada massa relativística, dada pela expressão $m = m_0/(1-v^2/c^2)^{1/2}$.

Sobre a última equação, os autores discutem a relação entre m e m_0 a partir da variação do valor da velocidade v . Ainda alertam que o aumento da massa não significa aumento da quantidade de partículas que constitui a pedra, mas o aumento da sua inércia.

Prosseguindo, os autores apresentam um plano cartesiano bidimensional representando a velocidade de um corpo em função do tempo, de acordo com as previsões da Mecânica Clássica e da Teoria da Relatividade. Finalizam a seção desenvolvendo um exemplo numérico contemplando a reação entre as massas de repouso e relativística de um dado corpo.

Na seção teórica 8, *Equivalência entre massa e energia*, os autores reportam-se a uma pedra em repouso em relação ao solo, mencionada na seção anterior, e afirmam que há uma energia E_0 intrínseca a pedra, a qual é dada por $E_0 = m_0c^2$.

Prosseguindo, reportam-se à última equação e exemplificam a quantidade de energia que seria obtida a partir de uma massa de repouso de 1 kg, bem como o tempo de consumo, a partir de algumas utilizações.

Finalizando a seção, os autores apresentam considerações sobre a origem da energia solar, a partir da fusão nuclear. Acrescentam que quatro núcleos de hidrogênio se fundem e produzem um núcleo de hélio, sendo a massa deste, menor que a massa daqueles quatro. Afirmam que essa diminuição da massa corresponde à energia liberada.

Iniciando a brevíssima e última seção teórica, 9. *Relação entre a energia e a quantidade de movimento de um corpo*, os autores referem-se a um corpo desenvolvendo velocidade v em relação a um referencial. Afirmam que a energia total desse corpo é a soma da energia de repouso com a energia cinética, sendo representada por $E = mc^2 = m_0c^2 / (1-v^2/c^2)^{1/2}$.

Ainda sobre o corpo mencionado, os autores afirmam que a quantidade de movimento é representada pela equação $Q = mv = m_0v / (1-v^2/c^2)^{1/2}$.

Prosseguindo, afirmam ainda que, se as duas últimas equações forem elevadas ao quadrado e isolar-se v^2 em umas das equações e substituir na outra, após um trabalho algébrico, será obtida uma relação entre E e Q , como segue: $E^2 = Q^2c = (m_0c^2)^2$.

Sobre a última expressão, comentam que permite concluir que os fótons possuem quantidade de movimento não nula, apesar da massa de repouso ser nula. Assim, para os fótons $E^2 = Q^2c^2$ ou $E = Qc$, finalizam.

Finalizando o segundo tópico, encontra-se a seção *Exercícios*, a qual contém quatro proposições ao estudante, as quais foram utilizadas em exames de acesso à universidades.

O tópico 3, *Física Moderna: comportamento ondulatório da matéria* não possui nenhuma seção secundária. Trata-se de uma breve explanação, desenvolvida em aproximadamente uma página do texto, na qual os autores afirmam já terem estudado a dualidade onda-partícula das radiações eletromagnéticas, requerendo-se a adoção de dois modelos: o ondulatório e o quântico.

Prosseguindo, acrescentam que em 1924, De Broglie propôs a extensão do modelo dual da luz para a matéria. O movimento de um elétron deveria estar associado um comprimento de onda λ .

Reportando-se ao último capítulo, afirmam que a energia E de um fóton relaciona-se com a quantidade de movimento Q , através da expressão $E = Qc$. Usando $E = hf$ e $c = \lambda f$, obtém-se $Q = E/c = hf/c = h/\lambda$. Logo, $\lambda = h/Q$, concluem.

A partir da última expressão, concluem que a cada comprimento de onda de um fóton está associada uma intensidade de quantidade de movimento.

Em seguida, afirmam que, baseando-se apenas na intuição, De Broglie acreditou que a condição acima também valesse para um corpo de massa relativística m e velocidade v . Logo, a proposição de que para qualquer corpo haveria um comprimento de onda λ associado. Usando a expressão $\lambda = h/Q$ para o corpo, obteve que $\lambda = h/mv$, que é a expressão para o comprimento de onda de De Broglie, concluem.

Os autores mencionam ainda que em 1927, a teoria de De Broglie foi confirmada através da difração de elétrons. Acrescentam que uma aplicação da teoria do comportamento ondulatório dos elétrons poderá ser encontrada no microscópio eletrônico, cujo poder de resolução é maior que o do microscópio ótico.

Finalizando o capítulo, apresentam um exemplo numérico, no qual obtém o comprimento de onda de um corpo a partir da massa e da velocidade desenvolvida. Em seguida, a seção *Exercícios*, com duas proposições ao estudante, as quais foram utilizadas em exames de acesso às universidades.

No tocante às recomendações das Orientações Curriculares Para o Ensino Médio (Brasil, 2006), no sentido das abordagens dos conteúdos serem associadas às

abordagens tecnológicas, interpretamos que não deixaram suas marcas nos discursos das explanações sobre a Física Moderna no livro L₄.

Uma exceção, a priori, da última proposição, encontra-se no quadro *Leitura*, localizado na seção teórica 4, *A Dualidade da Luz*, do primeiro tópico. Neste quadro, constituído por três seções *célula fotoelétrica*, *célula fotoemissiva* e *célula fotocondutiva*, os autores abordam propriedades físicas e aplicações das mencionadas células. Porém, abordagem encontra-se bastante distante da recomendação de que a tecnologia seja tratada como uma atividade humana, visando a solução de problemas concretos.

Interpretamos que nas abordagens sobre a Física Moderna, são priorizadas descrições conclusivas dos mesmos, suplantando as polêmicas em torno dos processos de construção das idéias. Por exemplo, descrições conclusivas sobre o problema da radiação do corpo negro e a gênese da teoria quântica; sobre a adoção do modelo dual da luz, apenas para citar alguns.

As abordagens dos conteúdos da Física Moderna em uma perspectiva que priorizam as descrições conclusivas vão de encontro às recomendações dos documentos oficiais (BRASIL, 2002; 2006), quanto às recomendações dos pesquisadores, notadamente ao encontro da possibilidade de propiciar um entendimento da Física associado com outras áreas do conhecimento (ZANETIC, 2005), como também que o estudante associe o conhecimento com a sua história, a medida que localiza coerentemente o ser humano temporalmente (TORRE, 1998), apenas para citar algumas.

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L₅

O presente livro intitula-se *Fundamentos da Física*, cujos autores são Francisco Ramalho Júnior, Nicolau Gilberto Ferraro e Paulo Antônio de Toledo Soares. Trata-se da 8ª edição do terceiro volume de uma coleção constituída por três livros, com edição do ano de 2006. É destinado ao nível médio da educação básica e encontra-se estruturado em cinco *partes*, sendo estas constituídas por capítulos.

Neste livro, as abordagens sobre a Física Moderna localizam-se na *Parte 4*, *Introdução a Física Moderna*, que contém três capítulos, respectivamente nomeados como *Capítulo 18, Relatividade Especial*; *Capítulo 19, Física Quântica* e *Capítulo 20, Física Nuclear*. A *Parte 5 Análise Dimensional* é constituída pelo *Capítulo 21, Análise Dimensional*, que contém uma única seção, também nomeado *Análise Dimensional*.

A partir das especificações anteriores, podemos afirmar que, apesar da existência da *Parte 5*, as abordagens sobre a Física Moderna encontram-se ao final da programação do livro. Nesta perspectiva, os autores seguem a tendência dos demais, em procederem com a organização dos conteúdos na perspectiva cronológica.

No presente livro, os três capítulos que contemplam a Física Moderna encontram-se organizados através de seções teóricas, numeradas e nomeadas. Também apresentam seções contendo exercícios, nomeadas como *Exercício Resolvido e Exercício Proposto*, localizadas após algumas seções teóricas. Ao final de cada capítulo encontram-se as seções *Exercícios Propostos de recapitulação e Testes Propostos*.

Interpretamos que a nomeação das seções com exercícios no livro L5, *Exercício resolvido e em seguida Exercício proposto*, emerge de uma formação discursiva fundamentada em preceitos da racionalidade técnica. Esta é uma perspectiva que, segundo Amaral (2006), têm sido bastante influente nos livros didáticos.

O *Capítulo 18, Relatividade Especial*, é constituído por onze seções teóricas, numeradas e nomeadas como segue: *1 Introdução, 2 Relatividade na Física Clássica, 3 Relatividade Galileana, 4 Experiência de Michelson-Morley, 5 Relatividade de Einstein, 6 Modificação na Relatividade Galileana, 7 Contração do Comprimento, 8 Dilatação do Tempo, 9 Composição Relativística de Velocidades, 10 Massa e Energia e 11 Energia e Quantidade de Movimento*.

Na seção *1, Introdução*¹²³, explanada em dois breves parágrafos, os autores reportam-se a Teoria dos Quanta e a Teoria da Relatividade, como tendo sido respectivamente elaboradas por Planck e Einstein, as quais teriam modificado profundamente os pressupostos da Física Clássica. Ou seja, desconsideraram a construção coletiva da ciência.

Na seção *2, Relatividade na Física Clássica* os autores mencionam que a relatividade dos fenômenos físicos em relação a sistemas de referência não é recente, mas foi proposto por Galileu e Newton, e exemplificam¹²⁴. Porém, alertam que, se as velocidades forem próximas à velocidade da luz, o mencionado princípio é inválido, segundo provas experimentais obtidas em laboratório.

Finalizam anunciando que irão estabelecer matematicamente o princípio da relatividade de Galileu, para reinterpretarem os resultados.

¹²³ Essa seção encontra-se explanada em apenas seis linhas do texto.

¹²⁴ Referem-se a duas figuras que ocupam mais da metade da seção. Na primeira, dois automóveis movem-se em relação a um referencial externo. Na segunda, o referencial encontra-se em um dos automóveis.

Na seção 3, *Relatividade Galileana*, os autores desenvolvem matematicamente o princípio da relatividade galileana. Reportam-se a um sistema de referência, definido em relação a três coordenadas cartesianas. Neste, apresentam as *transformações galileanas* e acrescentam que as leis da Mecânica não se modificam em relação a referenciais inerciais.

Na seção 4, *Experiência de Michelson-Morley*, os autores reportam-se ao contexto do final do século XIX, afirmando que predominava a concepção de que as ondas eletromagnéticas propagavam-se em um meio hipotético, o éter. Afirmam que, em 1897, Michelson e Morley realizaram experiências com o interferômetro¹²⁵, para verificarem a existência desse meio. Os autores concluem afirmando que Michelson e Morley não encontraram nenhuma evidência para continuarem acreditando na existência do éter, apesar das várias repetições, sob condições distintas. Acrescentam que o resultado da mencionada experiência sugeria que se abandonasse a idéia de sistema de referência universal.

Interpretamos que os autores apresentam aspectos conclusivos da construção teórica de Michelson e Morley. Além disso, analisam os resultados negativos das experimentações em uma perspectiva empiricista, haja vista vincularem o abandono da idéia de éter devido os resultados experimentais obtidos.

Iniciando a breve seção 5, *Relatividade de Einstein*, os autores mencionam que a Teoria da Relatividade de Einstein foi anunciada por Einstein, em 1905. Mencionam que a teoria discute referenciais inerciais e propõe a inexistência de sistemas de referenciais universais. Acrescentam que Einstein teria proposto a Teoria da Relatividade Geral, em 1915, a qual analisa os referenciais acelerados, mas essa não será abordada no presente.

Seguindo a tendência dos demais livros, os autores do livro L₅ atribuem exclusivamente a Einstein a criação da Teoria da Relatividade Especial teoria. Com isso, abandonam toda a contribuição daqueles que antecederam Einstein, conforme discute Martins (2005a).

Prosseguindo, os autores do livro L₅ anunciam os dois postulados da Teoria da Relatividade Especial, tecem comentários e confrontam algumas das suas implicações com as perspectivas adotadas na Física Clássica. Argumentam que o primeiro postulado é mais geral que o de Galileu, que se refere apenas às leis da Mecânica. Interpretamos

¹²⁵ O texto contém uma fotografia do interferômetro utilizado por Michelson-Morley, como também um diagrama explicativo do funcionamento do mesmo.

aqui a tentativa dos autores em apresentarem a Teoria da Relatividade a partir das limitações da Física Clássica. Neste sentido, adotam uma postura defendida por Gil Pérez e Jordi Solbes (1993).

Em relação ao segundo postulado da Teoria da Relatividade Especial, os autores afirmam que a velocidade da luz no vácuo é o limite no universo. Anunciam que serão analisadas algumas conseqüências da mencionada teoria, tais como a contração dos comprimentos e a dilatação do tempo.

Iniciando a seção 6, *Modificações na Relatividade Galileana*, os autores mencionam as limitações das transformações galileanas diante da imutabilidade da velocidade da luz no vácuo em relação a todos os referenciais. Assim, acrescentam que a adequação matemática das relações galileanas foram elaboradas por Lorentz e Fitzgerald. Mencionam que essas transformações consistem na introdução de dois fatores, muito próximos de 1, respectivamente γ e ζ , os quais são introduzidos quando a velocidade u é bem menor que a velocidade da luz c .

Prosseguindo, afirmam que as equações que introduzem os fatores acima citados são conhecidas como transformações de Lorentz, expressas como $\gamma=1/(1-u^2/c^2)^{1/2}$ e $\zeta=1/(1-uv/c^2)$. Após essas duas equações, em destaque, esboçam as equações modificadas referentes ao espaço e a velocidade, na perspectiva da relatividade galileana e da relatividade einsteiniana.

As expressões matemáticas anteriores, representando as transformações de Lorentz, são apresentadas em sua forma final, sem nenhuma discussão das pressuposições que incorporam. Ou seja, os conceitos físicos sendo definidos a partir das operações utilizadas para aplicá-lo. Percebemos nesse discurso as marcas de uma perspectiva epistemológica operacionalista, conforme discute Bunge (2000).

Na seção 7, *Contração do Comprimento*, os autores referem-se a uma figura representando uma barra de comprimento L , em repouso em relação a um referencial R' , ambos localizados no interior de um vagão de trem, o qual se movimenta com velocidade v , constante, em relação a um referencial externo R .

Afirmam que o comprimento da barra medido por um observador no referencial R é menor que o comprimento da barra medido por um observador no referencial R' . Assim, retomam as equações da relatividade einsteiniana e equacionam os comprimentos da barra aferidos pelos dois observadores a partir dos referenciais R e R' . Em seguida, concluem que a contração do comprimento da barra só ocorre na direção do movimento.

Após a explanação teórica anterior, encontra-se a seção *Exercício Resolvido e Exercício Proposto*, respectivamente com uma proposição resolvida e outra proposta ao estudante.

Na seção 8, *Dilatação do Tempo*, os autores afirmam que na relatividade einsteiniana, a simultaneidade dos eventos não ocorre conforme proposto por Galileu. Assim, relacionam o tempo de ocorrência $\Delta t'$ de um evento aferido por um relógio no referencial R' , o qual se move com velocidade u em relação a um referencial R , onde o mesmo evento ocorrerá no intervalo de tempo Δt .

Prosseguindo, apresentam relação para os intervalos de tempo de ocorrência do fenômeno em relação aos dois referenciais, a partir do fator γ , ou seja, $\Delta t = \gamma \cdot \Delta t'$. Como conseqüência, surge a dilatação do tempo para o fenômeno aferido no referencial R , ou seja: $\Delta t = \Delta t' / (1 - u^2/c^2)^{1/2}$. Em seguida, tecem comentários para possíveis valores de Δt em função dos valores de u^2 em relação a c^2 . Concluem que para ocorrer a dilatação do temporal, sendo $\Delta t'$ denominado de tempo próprio e o atraso não é apenas no relógio, mas em todos os processos físicos.

A partir das exposições das duas últimas seções teóricas, tanto a contração do comprimento dos corpos na direção do movimento, quanto a dilatação do tempo são tratados como uma expressão matemática e não como um construto teórico. Interpretamos, assim, as marcas de uma postura filosófica operacionalista que, segundo Bunge (2000) encontra-se bastante presente em livros didático destinados ao ensino superior.

Após a seção 8, *Dilatação do Tempo* encontram-se as seções *Exercício Resolvido e Exercício Proposto*, contendo respectivamente uma proposição resolvida e outra proposta ao estudante.

Na seção 9, *Composição Relativística das Velocidades*, os autores referem-se a uma figura e desenvolvem uma argumentação evidenciando a velocidade de um corpo no contexto das relatividades galileana e einsteiniana. Trata-se de um trem com velocidade u constante em relação a um referencial inercial R , localizado no solo. No interior do trem, encontra-se um passageiro, deslocando-se com velocidade v' , constante, no mesmo sentido da velocidade do trem.

Os autores afirmam que, de acordo com a relatividade galileana, a velocidade resultante da composição seria $v = v' + u$. No entanto, de acordo com a Teoria da Relatividade, o cálculo de v será dado pela fórmula $v = (v' + u) / (1 + v'u/c^2)$. Nada acrescentam acerca dos pressupostos incorporados neste formalismo matemático,

tampouco acerca do respectivo desenvolvimento. Interpretamos que nesta abordagem encontra-se as marcas da filosofia operacionalista (BUNGE, 2000).

Após a seção teórica 9, *Composição Relativística de Velocidades*, encontram-se as seções *Exercício Resolvido* e *Exercício Proposto*. Na primeira encontra-se uma proposição resolvida e na segunda, duas proposições ao estudante.

Iniciando a seção 10, *Massa e Energia*, os autores afirmam que Einstein reformulou os conceitos de massa e energia com o intento de preservar o princípio da conservação da quantidade de movimento no domínio das colisões interatômicas.

Prosseguindo, adotam m_0 e m como respectivamente a massa de repouso e a massa quando o corpo se move com velocidade u em relação a um referencial inercial R . Relacionam as m e m_0 através da equação $m = \gamma m_0$.

Interpolando a última equação com a equação $\gamma = 1/(1-u^2/c^2)^{1/2}$, apresentando a seguinte relação entre as massas: $m = m_0/(1-u^2/c^2)^{1/2}$. Acrescentam que o aumento da massa m não significa o aumento do número de partículas do corpo, mas o aumento da sua inércia.

Sobre a última equação, os autores afirmam que a sua validade foi confirmada experimentalmente pelo físico alemão Alfred Bucherer, em 1908. Constatou que a relação da carga do elétron com a sua massa (e/m) era menor para elétrons mais velozes que para elétrons mais lentos.

Os autores acrescentam ainda que o fato da massa ser considerada uma forma de energia, ou seja, a energia tem inércia, é uma das maiores conseqüências da Relatividade Especial. Apresentam a equação $E = mc^2$ como estabelecendo a relação entre a massa e a energia de um corpo e que foi elaborada por Einstein.

Também mencionam que E é a energia total de um corpo que possui massa m em relação a um observador. Se o corpo encontra-se em repouso em relação ao observador, sua massa de repouso será m_0 e a energia $E = m_0c^2$, chamada energia de repouso do corpo.

Acrescentam que se a energia cinética do corpo é E_c , logo $E_c = E - E_0$. Logo, $E_c = mc^2 - m_0c^2$. Considerando que $m = \gamma m_0$, logo $E = \gamma m_0c^2 - m_0c^2$ ou $E = m_0c^2(\gamma - 1)$, concluem. Como $E - E_0 = mc^2 - m_0c^2$, logo $\Delta E = \Delta mc^2$.

Finalizando, mencionam que outra modificação da Física Clássica realizada por Einstein, refere-se às velocidades das interações. Ou seja, segundo a concepção newtoniana, dois corpos A e B interagem através de forças de ação e reação, que são instantâneas; com isso, a velocidade de propagação das interações deverá ser infinita.

No entanto, na concepção einsteiniana, a velocidade máxima de propagação das interações deverá ser a velocidade da luz no vácuo. Particularizam com os choques atômicos, nos quais as velocidades são elevadas e o intervalo de tempo é considerável, porém, desprezível nas colisões cujas velocidades são inferiores à da luz.

Novamente, a apresentação de um formalismo matemático dissociado de uma discussão teórica acerca dos pressupostos incorporados, seja de caráter ontológico ou epistemológico acerca da natureza das massas.

Na breve seção 11, *Energia e Quantidade de Movimento*, os autores adotam m como a massa de um corpo que se move com velocidade v em relação a um referencial inercial. Afirmam que a energia E do corpo e a quantidade de movimento Q são dados pelas equações $E=mc^2$ ou $E=m_0c^2/(1-u^2/c^2)^{1/2}$ e $Q=mu$ ou $Q=m_0u/(1-u^2/c^2)^{1/2}$.

A partir das últimas equações, desenvolvem artifício matemático, relacionam E e Q e obtém a relação $E=Q.c$ ¹²⁶. Concluem que as partículas que possuem massa de repouso nula têm energia e quantidade de movimento. Exemplificam com os fótons.

Percebe-se que a apresentação de formalismos matemáticos em detrimento de uma discussão conceitual, é radicalizada pelos autores, nesta seção.

Prosseguindo, encontra-se a seção *Exercícios Propostos de recapitulação*, contendo seis proposições ao estudante. Logo em seguida, a seção *Testes Propostos*, com a proposição de 17 questões de múltipla escolha, cuja maioria prestou-se para exames de acesso a universidades.

Finalizando o Capítulo 18 encontra-se o quadro *História da Física. Einstein e Seu Tempo*. Inicialmente descrevem aspectos biográficos de Einstein, contemplando a sua infância e sua vida estudantil, como também, as publicações de 1905. Acrescentam breves considerações da vida pessoal e como professor da universidade de Berlim.

Finalizando o quadro, abordam a ascensão do nazismo na Europa e a mudança de Einstein para os Estados Unidos da América, indo trabalhar em Princeton. Segundo os autores, Einstein levaria uma vida política bastante ativa durante a Segunda Guerra, assinando carta ao presidente Roosevelt enfatizando a necessidade de desenvolverem um programa de pesquisa na área da estrutura da matéria. Segundo os autores, esse programa culminaria com os lançamentos das bombas atômicas no território japonês e que Einstein teria se arrependido da sua ação.

¹²⁶ Elevam ao quadrado as fórmulas E e Q subtraem membro a membro $E^2 - Q^2$ e obtém a equação $E = Q - c + (m_0 c^2)^2$.

Um quadro com dados biográficos localizados após as seções de exercícios, em nada parecem contribuir para o entendimento conceitual da teoria. Assim, mostra-se como um adereço, haja vista que, se suplantado, não comprometerá o entendimento da abordagem teórica desenvolvida no capítulo.

O Capítulo 19 do livro L₅, *Física Quântica*, é constituído por sete seções teóricas, respectivamente numeradas e nomeadas por 1 *Teoria dos Quanta*, 2 *Efeito Fotoelétrico*, 3 *Célula Fotoelétrica*, 4 *O Átomo de Bohr*, 5 *A Natureza Dual da Luz*, 6 *Dualidade Onda-Partícula: A Hipótese de De Broglie* e 7 *Princípio da Incerteza, de Heisenberg*.

Iniciando a seção 1, *Teoria dos Quanta*, os autores afirmam que no século XIX ocorreram inúmeras tentativas fracassadas visando relacionar a energia dos corpos aquecidos com os respectivos comprimentos de onda. Porém, não citam quais teriam sido essas tentativas, tampouco os pressupostos adotados ou as conclusões obtidas. Prosseguindo, reportam-se à *teoria dos quanta*, única bem sucedida para explicar a energia emitida pelos corpos aquecidos, concluem.

Sobre a teoria dos quanta, acrescentam que Planck considerou a energia da radiação emitida e absorvida como sendo porções descontínuas que transportam quantidade bem definida de energia, denominadas fótons. A energia de cada fóton foi denominada quantum e que um quantum E de energia radiante e com frequência f é dado através da equação $E = h.f$, sendo h, a constante de Planck.

Finalizando, acrescentam que a última equação traduz a hipótese de Planck sobre a absorção-emissão descontínua de energia.

Percebe-se que os autores centralizam em Planck o estudo da radiação dos corpos aquecidos e silenciam sobre o processo da mencionada construção. Além disso, negligenciam toda uma construção teórica elaborada a partir da metade do século XIX em torno da radiação do corpo negro, discutidas por Jammer (1966), Kuhn (1978) e outros.

Na seção 2, *Efeito Fotoelétrico*, os autores reportam-se ao mencionado efeito como conseqüente da radiação eletromagnética incidindo sobre um metal e que teria sido descoberto por Hertz em 1887¹²⁷. Acrescentam que esse efeito não foi suficientemente explicado pela Física Clássica, mas por Einstein, em 1905, a partir da hipótese de quantização da energia de Planck.

¹²⁷ No texto encontra-se uma figura que consiste na representação de uma placa metálica, com radiação incidindo sobre a sua superfície e os fotoelétrons emergindo da mesma superfície.

Prosseguindo, os autores apresentam explicação conceitual do efeito fotoelétrico, elaborada por Einstein a partir da idéia de quantização da energia. Acrescentam que, a partir dessa explicação, tanto a luz como outra forma de energia radiante seria composta de partículas ou fótons, os quais podem ser absorvidos pelo metal em quantidades inteiras.

Ainda mencionam que, para o elétron escapar do metal, é necessário ter uma quantidade mínima de energia, chamada função trabalho, característica para cada metal. Apresentam tabela com a função trabalho para alguns metais.

Os autores procedem com uma explicação física acerca das condições de recepção da energia proveniente de um fóton por um elétron até o escape deste pela superfície metálica. Acrescentam que o excesso de energia recebido pelo elétron é conservado sob a forma de energia cinética. Reportam-se a um diagrama explicativo e equacionam a energia do fóton, a função trabalho e a energia cinética do elétron, como segue: $hf = \phi + E_{c(max)}$ ou $E_{c(max)} = hf - \phi$. Denominam esta de equação fotoelétrica de Einstein.

Finalizando a seção, os autores procedem com uma analogia, no intento de ilustrar a última equação. Descrevem as condições para uma bola de massa m , que se encontra em repouso no fundo de uma cavidade com altura h subir uma rampa, devido a um chute efetuado sobre ela.

Após a exposição teórica anterior, encontram-se as seções *Exercícios*, *Exercício Resolvido e Exercícios Propostos*, contendo respectivamente uma proposição, com resolução, e cinco proposições ao estudante.

Na seção 3, *Célula Fotoelétrica*, os autores procedem com brevíssimos comentários acerca dos princípios de funcionamento da mencionada célula. Apresentam um primeiro diagrama explicativo sobre seu esquema de funcionamento, além doutro contemplando a utilização dessa célula no cinema sonoro.

Interpretamos na abordagem das aplicações da célula fotoelétrica, as marcas de um discurso presente nos PCNs+ (BRASIL, 2002). No entanto, os autores centram suas considerações apenas nos aspectos técnicos do funcionamento e aplicações da célula fotoelétrica.

Após a terceira seção teórica, encontra-se a seção *Exercício Proposto*, contendo uma proposição que se prestou para a seleção de acesso a uma universidade.

A seção 4, *O Átomo de Bohr*, traz uma seção secundária. Antes destas, os autores procedem com uma brevíssima menção às concepções atômicas de Leucipo e

Demócrito. Também afirmam que o modelo atômico de Bohr é atualmente o mais aceito para explicar os fenômenos no mundo subatômico. Acrescentam que o mencionado modelo foi proposto em 1913, a partir de um aperfeiçoamento do modelo de Rutherford no tocante a incompatibilidade com a teoria eletromagnética de Maxwell, cujas previsões levariam os elétrons a colidirem com o núcleo atômico, colapsando a matéria.

Prosseguindo, os autores afirmam que Bohr, ao elaborar o modelo atômico, utilizou a idéia de quantização na emissão e absorção da energia pelos elétrons. Explicam os estados estacionários no mencionado modelo, nos quais os elétrons não emitiriam radiação, justificando as condições para a transição entre dois desses estados.

Iniciando a seção secundária 4.1, *O modelo de Bohr aplicado ao átomo de hidrogênio*, os autores explicam que, pelo fato desse átomo ser o mais simples, Bohr utilizou-se dele para elaborar o seu modelo atômico, tendo generalizado conclusões aos átomos mais complexos.

Prosseguindo, expõem quatro postulados atribuídos a Bohr, no sentido de elaborar o mencionado modelo atômico, os quais contemplam respectivamente a órbita circular do elétron em torno do núcleo, as órbitas permitidas aos elétrons, nas quais não irradiam energia, a transição entre órbitas através da emissão ou absorção de energia pelo elétron em quantidades relacionadas com $E - E' = hf$ e o momento angular dos elétrons nas órbitas permitidas como sendo múltiplo de $h/2\pi$.

A seguir, sem nenhuma explanação conceitual, apresentam equação relacionando os valores de energia entre as órbitas com a frequência do fóton $E' - E = hf$. Mencionam que as órbitas permitidas para os elétrons são aquelas em que o momento angular do mesmo é um múltiplo inteiro de $h/2\pi$. Acrescentam que uma consequência é que a velocidade do elétron em uma órbita com raio r é $mvr = nh/2\pi$, ($n = 1, 2, 3, \dots$).

Sobre o quarto postulado, afirmam que possibilitou Bohr calcular os raios das órbitas permitidas, bem como as respectivas energias e o comprimento de onda para os átomos de hidrogênio. Assim, desenvolvem um formalismo matemático e apresentam equações para o raio da órbita do elétron, bem como para a energia mecânica, $E_n = -k_0 \cdot e^2 / 2r_b \cdot (1/n^2)$. Substituem os valores de k_0 , e e r_b , expressando a relação final $E_n = -13,6/n^2$. Afirmam que esta expressão propiciou a obtenção dos níveis energéticos com grande precisão.

A partir da última expressão, apresentam diagrama representando os níveis energéticos para vários n . Acrescentam que, com a absorção da energia, o elétron passa para um nível excitado, sendo este instável. Logo em seguida, emite energia.

Prosseguindo, encontra-se no texto uma figura representando arranjo experimental para obtenção do espectro de emissão do hidrogênio. Seguem-se quatro figuras referentes a espectros de elementos no estado gasoso. Sobre estes, comentam que cada raia é definida pela energia ou comprimento de onda do fóton emitido no salto quântico do elétron, destacando que cada gás possui o seu espectro característico.

Finalizam a seção, comentando sobre um diagrama representando a relação entre três raias do espectro de emissão e os respectivos saltos quânticos dos elétrons em um átomo de hidrogênio.

Em seguida, encontram-se a seção *Exercícios Resolvidos* com duas proposições e resolução e a seção *Exercícios Propostos*, contendo três proposições, as quais foram utilizadas em exames de seleção para acesso a universidades.

Na breve seção 5, *A Natureza “Dual” da Luz*, os autores afirmam que, apesar da natureza quântica da luz explicar o efeito fotoelétrico, mostrava-se insuficiente para explicar os fenômenos de interferência e de difração da luz. No tocante à luz, mencionam que foi a primeira vez que duas teorias completamente diferentes foram necessárias para explicarem os fenômenos - em algumas situações, a luz se comporta como se tivesse natureza ondulatória e em outras, natureza de partícula. Logo, as duas teorias acerca da natureza da luz se complementam, acrescentam os autores.

Ao apresentar as duas teorizações para a luz como complementares, os autores silenciam que foi a proposição de um modelo explicativo para um determinado fenômeno, logo, permeada por disputas interpretativas (JAMMER, 1966).

Na seção 6, *Dualidade Onda-Partícula: A Hipótese de De Broglie*, os autores afirmam que em 1923, De Broglie apresentou a hipótese de que as partículas também possuíam propriedades de onda e de partícula.

Prosseguindo, acrescentam que De Broglie associou o comprimento da onda de matéria (λ) com a sua quantidade de movimento ($Q = mv$). Remetem a relação massa-energia a $E = mc^2$ e concluem que $Q=E/c$.

Em seguida, mencionam que, como $E = hf$, $Q = hf/c = hf/\lambda f = h/\lambda$. Logo, $\lambda = h/Q$, relacionando uma grandeza de caráter ondulatório com uma de natureza corpuscular. Argumentam ainda que um fóton é uma entidade que tem características de onda e de partícula, semelhantemente ao elétron.

Ainda na sexta seção, acrescentam breves considerações sobre as propriedades de entidades clássicas e não clássicas e mencionam a difração de elétrons, constatada em 1927, como a confirmação experimental das hipóteses de De Broglie. Acrescentam

ainda que, após a hipótese de De Broglie a Mecânica Quântica foi desenvolvida por vários físicos notáveis.

Concluindo a seção, os autores argumentam que o advento da Mecânica Quântica não apenas forneceu uma descrição exata dos fenômenos atômicos, como também possibilitou que a natureza fosse encarada em termos probabilísticos e nunca em termos de certezas.

Novamente, percebe-se que os autores procedem com uma descrição de determinadas proposições, sem, no entanto, relevarem o processo da sua construção, notadamente as hipóteses e pressuposições adotadas pelos elaboradores (DE BROGLIE, 1922 a; b; 1923).

Finalizando as explicações teóricas acerca da teoria quântica, na seção 7. *Princípio da Incerteza, de Heisenberg*, inicialmente os autores referem-se às leis de Newton e afirmam que se a posição, a velocidade e o sistema de forças que agem em um ponto material forem conhecidos, pode-se determinar a sua posição e velocidade em instantes posteriores. Em relação às medidas, mencionam que a interação do ponto material com o aparato experimental altera os resultados; logo, quanto mais refinado for o equipamento usado, mais precisas serão as medidas.

Em seguida, argumentam que Heisenberg “*descobriu a indeterminação associada à posição e à velocidade do elétron no interior do átomo*” (p. 412). Referem-se a uma experiência mental utilizada por Heisenberg com um microscópio para observar um elétron iluminado por um raio de luz para construir o mencionado princípio e apresentam a equação que relaciona a incerteza na posição com a incerteza da quantidade de movimento, ou seja, $\Delta x \cdot \Delta Q \geq h/4\pi$.

Os autores acrescentam que na Física Quântica, a posição de uma partícula em um dado instante não é determinada. Dispõe-se apenas da probabilidade de encontrá-la em uma determinada região.

Acerca do *Princípio da Indeterminação*, os autores silenciam acerca das pressuposições filosóficas adotadas por De Broglie, resultando na tentativa de eliminar os elementos não mensuráveis da teoria, conforme discute Popper (2007).

Após a explanação anterior, encontram-se as seções *Exercícios Resolvidos e Exercícios Propostos*, contendo, respectivamente, duas resoluções e duas proposições ao estudante.

Finalizando o Capítulo 19, *Física Quântica*, encontra-se a seção *Testes Propostos*, contendo vinte e sete proposições de múltipla escolha, relacionadas com a

abordagem teórica do capítulo. Exceto três, os demais testes pertenceram a exames para acesso a universidades.

O último capítulo do livro L_5 que contempla a Física Moderna, *Capítulo 20, Física Nuclear*, é constituído por sete seções teóricas, respectivamente numeradas e nomeadas como seguem: *1 As Forças Fundamentais da Natureza, 2 Antipartículas, 3 As Partículas Fundamentais da Matéria, 4 Noções de Radioatividade, 5 Fissão Nuclear, 6 Fusão Nuclear e 7 Nascimento, Vida e Morte de uma Estrela*. Várias destas seções apresentam seções secundárias, conforme descreveremos.

A seção *1, As Forças Fundamentais da Natureza*, além de uma introdução inicial, possui quatro seções secundárias. Iniciando, os autores afirmam que, desde na década sessenta do século XX, os cientistas admitiam que todos os fenômenos físicos existentes na natureza estão submetidos a quatro forças: força gravitacional, força eletromagnéticas (atuando no contexto macroscópico), força nuclear forte e força nuclear fraca. Acrescentam que existem tentativas frustradas de unificação dessas forças.

Nas seções secundárias, os autores apresentam as forças em ordem decrescente das suas intensidades, como segue: *1.1, Força nuclear forte, 1.2, Força eletromagnética, 1.3, Força nuclear fraca e 1.4. Força gravitacional*. Nestas seções, os são descritas as propriedades das mencionadas forças.

Na seção *2, Antipartículas*, os autores mencionam a descoberta experimental do antielétron, em 1932, por Carl David Anderson (1905-1991), posteriormente nomeado do pósitron. Mencionam também a semelhança da partícula com a antipartícula - mesma massa, além da carga de mesmo módulo e sinais contrários - e que o contato entre elas poderá resultar na aniquilação da matéria. Ocorre na interação do elétron (e^-) e do pósitron (e^+), criando-se dois fótons de alta energia. Acrescentam que nesse processo ocorre tanto a conservação da carga elétrica quanto da quantidade de movimento.

Finalizam afirmando que a construção dos aceleradores de partículas possibilitou a descoberta de muitas antipartículas, a exemplo do antipróton e do antinêutron.

Na seção *3, As Partículas Fundamentais da Matéria*, os autores mencionam aspectos do modelo clássico atômico ou modelo planetário, como também a sua evolução a partir da descoberta de partículas elementares, notadamente através dos aceleradores de partículas. Mas, admitem que muitas dúvidas persistem, como por

exemplo, o fato dos prótons permanecerem coesos ao núcleo, apesar de possuírem carga com o mesmo sinal.

Os autores também afirmam que o atual modelo atômico mais aceito, além de estabelecer as quatro forças fundamentais da Natureza, dá uma nova formulação para a existência de partículas elementares constituintes da matéria. Neste modelo, a matéria seria formada por partículas elementares, as quais são classificadas em três categorias: os fótons, os léptons e os hádrons.

Prosseguindo, os autores pontuam características das partículas classificadas como léptons, bem como suas antipartículas. Também procedem com uma classificação dos hádrons em bárions e mésons e aspectos das suas propriedades físicas. Acrescentam que o méson π , ou pión, foi descoberto em 1947, pelo físico brasileiro César Lattes.

Os autores esclarecem ainda que, a rigor, os hádrons não seriam partículas elementares, haja vista que ainda são constituídos por partículas ainda menores, os quarks. Acrescentam que um modelo para os quarks foi originalmente proposto pelo físico estadunidense Gell-Mann, estabelecendo existência de três tipos dessas partículas. Também mencionam aspectos das cargas elétricas dos quarks.

Procedem também com uma classificação dos quarks, tendo os símbolos e as respectivas cargas elétricas dispostos em uma tabela. Após a tabela, finalizam a seção com uma classificação dos hádrons ditos mais comuns e constituição pelos quarks.

A seção 4. *Noções de Radioatividade* encontra-se organizada em quatro breves seções secundárias. Em 4.1 *Introdução*, os autores atribuem a Wilhelm Röntgen a descoberta dos raios X. Acrescentam que, com o intuito de verificar se certos compostos de urânio emitiam raios X, em 1896, Becquerel realizou experiências com sulfatos duplo de potássio e uranila, sendo depositados sobre uma chapa fotográfica envolta em papel preto. Mencionam as constatações de Becquerel e o interesse de Marie Curie pelos fenômenos.

Prosseguindo, os autores afirmam que Marie Curie e Pierre Curie constataram que todos os sais de urânio impressionavam chapas fotográficas, concluindo que o urânio seria o responsável por tal emissão. Afirmam ainda que, em 1898, descobriram o polônio e o rádio, os quais produziam efeito semelhante ao urânio. No entanto, somente no ano seguinte ficou compreendida que a natureza das radiações emitidas por esses elementos não eram raios X. Isso teria originado a radioatividade.

Finalizam afirmando que em 1903, Becquerel, Marie Curie e Pierre Curie foram contemplados com o Nobel de Física e em 1911, Marie Curie recebeu o Nobel da Química, devido os estudos sobre as propriedades do rádio e dos seus compostos.

Na seção secundária 4.2, *Reação de Decaimento*, inicialmente afirmam que uma reação nuclear altera os núcleos atômicos. Acrescentam que a radioatividade consiste na emissão de partículas e radiações eletromagnéticas por núcleos instáveis, os quais se tornam mais estáveis. Estas reações nucleares são de transmutação e de decaimento. Sendo o decaimento de um núcleo atômico natural, desintegram-se partículas α , β e raios γ .

Prosseguindo com a explanação, os autores procedem com uma exposição de três reações que emitem partículas α , β e raios γ , comentando acerca das respectivas capacidades de penetração.

Na seção secundária 4.3, *Velocidade Média de Desintegração (ou atividade)*, os autores comentam sobre uma amostra com quantidade n_0 de átomos radioativos e n o número de átomos que não se desintegram após um intervalo de tempo Δt . Assim, denominam o número de átomos que se desintegram de $\Delta n = n_0 - n$. Através da equação $\Delta n / \Delta t = v$, admitem que se trata da velocidade média de desintegração, ou atividade no intervalo de tempo Δt .

Prosseguindo, apresentam equação relacionando a velocidade de desintegração com o número de átomos radioativos presentes na amostra, a saber: $v = C.n$. Sobre esta equação, acrescentam que C é uma constante de desintegração radioativa. Também substituem v por $\Delta n / \Delta t$, obtendo a seguinte relação, $C.n = \Delta n / \Delta t$. Através desta, $C = \Delta n / n.\Delta t$ representa a fração do número de átomos que, em média, se desintegram na unidade de tempo. Exemplificam com a desintegração do radônio e estabelecem a vida média do elemento.

Na seção secundária 4.4, *Meia-Vida*, os autores explicam a terminologia, ou seja, é o intervalo de tempo em que um número de átomos radioativos existentes em uma amostra fica reduzido a metade, sendo também chamado período de semidesintegração. Exemplificam com o Césio-137, cuja meia-vida é de 30 anos. Apresentam um diagrama de desintegração desse elemento e deduzem a equação $\Delta t = x.p$, ainda restando $n = n_0 / 2^x$, átomos radioativos na amostra que não se desintegraram.

Sobre a massa, os autores afirmam que sendo m_0 a massa de átomos radioativos de uma amostra e m a massa de átomos da amostra que ainda não se desintegraram, pode-se escrever $m = m_0 / 2^x$.

Prosseguindo, esboçam um gráfico em um plano bidimensional relacionando o tempo de desintegração com o número de átomos (n) presente em uma amostra, o qual obedece à equação $n = n_0 \cdot e^{-ct}$, afirmam os autores.

Destacamos que nas quatro primeiras seções teóricas do *Capítulo 20, Física Nuclear*, os autores procedem com descrições conclusivas das construções teóricas as quais se referem. A título de exemplo, retomam as abordagens sobre a radioatividade. Destacamos que os autores não associam a produção teórica a outras áreas, inviabilizando, por exemplo, a perspectiva do conhecimento favorecer uma educação problematizadora, conforme sugere Zanetic(2005).

Após as seções teóricas, encontram-se as seções *Exercícios Resolvidos* e *Exercícios Propostos*, com duas proposições em cada.

A seção teórica 5, *Fissão Nuclear*, é constituída por três seções secundárias. Na primeira, 5.1, *Histórico*, os autores referem-se brevemente às experiências de bombardeamento de núcleos atômicos, ocorridas a partir de 1919. Inicialmente, foram bombardeados com partículas de núcleos de elementos leves, como o potássio. Posteriormente, em Cambridge, Cockroft e Walton aceleraram núcleos de átomos de hidrogênio, conseguindo energia da ordem de 1 MeV e cindiram um núcleo de lítio, obtendo dois núcleos de hélio com energia cinética de 8,5 MeV cada um. Apresentam esquema da cisão de um núcleo de lítio e a equação da reação.

Acrescentam que a experiência anterior evidenciou a grande quantidade de energia existente no interior do núcleo atômico e que os aceleradores de partículas foram de grande importância, tanto para o conhecimento da estrutura da matéria, quanto para a obtenção de energia nuclear para fins pacíficos, quanto para fins bélicos.

Os autores mencionam ainda a fissão nuclear propriamente dita foi descoberta no final da década de 1930, resultado de um trabalho conjunto de cientistas de vários países. Citam que em 1934, Enrico Fermi e equipe bombardearam átomos de urânio com nêutrons, resultando em material radioativo e, a priori, imaginaram que se tratava de elementos transurânicos.

Citam os experimentos desenvolvidos pelos físicos alemães Hahn e Strassman, realizado em 1939, através dos quais constataram que, além dos núcleos mais leves, havia a liberação de 208 MeV de energia por núcleo cindido. Segundo os autores, essa experiência confirmaria a fórmula de Einstein $E = mc^2$.

Prosseguindo, os autores pontuam que a eclosão da II Guerra Mundial aceleraram as pesquisas visando a auto-sustentação em cadeia, no sentido de

procederem com a confecção de armamentos. Exemplificam com os governos estadunidenses e alemão nessa busca, o que resultaria na construção de bombas atômicas, as quais foram lançadas contra Hiroxima e Nagasaki, em agosto de 1945, cujas conseqüências temos conhecimento, finalizam os autores.

Interpretamos que o discurso anterior vai ao encontro das sugestões dos PCN+ (BRASIL, 2002), no sentido de vincularem as abordagens da física com o contexto político-social da sua construção.

Na seção secundária 5.2, *A utilização pacífica da fissão nuclear*, os autores mencionam que as usinas nucleares produzem energia elétrica a partir da fissão nuclear, com a maioria utilizando os núcleos do urânio ${}_{92}^{235}\text{U}$. Através de uma figura, e em uma reação nuclear, representam a reação da fissão do urânio, a formação do estrôncio, do xenônio e a liberação de energia.

Finalizando a seção, encontra-se um esquema explicativo representando o funcionamento básico de um reator nuclear e distribuição de energia elétrica através de linhas de transmissão.

Na seção teórica secundária 5.3 *A poluição nuclear*, os autores mencionam que, no processo de fissão, a radioatividade residual é um grande problema, inclusive o descarte é o responsável pelo maior custo nas usinas nucleares.

De forma breve, cita o procedimento mais utilizado no descarte do resíduo, que consiste no confinamento dos resíduos em compartimentos blindados e cinco anos após, colocados em abrigos de concreto. Também mencionam que o outro procedimento para o confinamento de resíduos consiste na deposição em fundações geológicas profundas. Acerca desta última, citam de forma breve alguns possíveis danos ambientais causados. Assim, concluem que uma solução definitiva para o lixo atômico mostra-se como longe de ser alcançada.

Nas duas seções teóricas secundárias anteriores, apesar dos autores mencionarem algumas problemáticas da utilização da energia nuclear, interpretamos que as mesmas associam-se apenas a aspectos técnicos. As abordagens não encontram-se associadas com contextos específicos, nos quais as disputas políticas em torno da temática podem ser mais evidentes. Com isso, contribuiriam de maneira mais enfática para a construção de uma visão crítica acerca da temática.

Iniciando a seção 6, *Fusão Nuclear*, os autores afirmam que a grande quantidade de energia liberada pelo Sol é produzida por um processo denominado fusão

nuclear. Acrescentam que ocorre continuamente a fusão dos núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio, sendo a energia um subproduto.

Prosseguindo, afirmam que as ligações entre prótons e nêutrons no núcleo atômico são mantidas através da *força nuclear forte*. Explicam que, para a separação dos núcleos, é necessária uma grande quantidade de energia, denominando-se *energia de ligação do núcleo* a energia mínima que ele deverá receber para possibilitar a mencionada separação.

Identificam a variação da massa na reação e afirmam que a energia liberada pelo núcleo atômico poderá ser calculada pela equação de Einstein, ou seja, $\Delta E = \Delta mc^2$. Também mencionam que quando os núcleons se fundem para formarem um núcleo mais pesado, ocorre à liberação de energia correspondente à energia de ligação. Exemplificam que esse processo ocorre no Sol, onde núcleos de hidrogênio (prótons e nêutrons) se unem para formar núcleos de hélio, e como subproduto dessa reação, ocorre a liberação de grande quantidade de energia. Apresentam equação simplificada representando a reação.

Finalizando a seção, os autores mencionam as condições de pressão e de temperatura para a ocorrência da fusão nuclear, o que dificulta a utilização dessa reação pelas usinas. Acrescentam que as condições de obtenção em laboratório permanecem distantes das exigidas para uma produção contínua e controlada da energia a partir da fusão nuclear. Mas, admitem que a fusão nuclear causa bem menos problemas que a fissão nuclear, por isso estão trabalhando para encontrar soluções que tornem viável a utilização do processo de fusão em substituição ao de fissão¹²⁸.

Finalizando as abordagens teóricas do *Capítulo 20*, na seção 7, *Nascimento, Vida e Morte de uma Estrela*, os autores reportam-se aos fenômenos anunciados. Iniciam a seção explicando aspectos físicos que relacionam a ação gravitacional com o nascimento de estrelas. Descreverem o processo inicial de aglomeração, nomeado como proto-estrela, e o posterior retardamento devido ao intenso aumento de temperatura e a conseqüente emissão de radiação eletromagnética. Acrescentam que nas proto-estrelas o processo de contração gravitacional persiste por milhares de anos.

Os autores também discorrem sobre o nascimento das estrelas, conseqüente da interrupção do processo de colapso gravitacional, a qual possibilita a estabilidade.

¹²⁸ Ao lado destas afirmativas, encontra-se fotografia de um reator nuclear.

Apresentam caracterização da denominação de *gigante vermelha*, a transformação em *nebulosa planetária* e posteriormente em *anã branca* e *anã negra*.

Prosseguindo, os autores relacionam o tempo da evolução estelar com a massa da estrela, haja vista a relação com a intensidade da atração gravitacional e as temperaturas mais intensas. A partir das massas estelares comparadas em relação à massa solar, apresentam propriedades da *supernova* e da *estrela de nêutrons* e dos *buracos negros*.

Finalizando a seção, comentam que o estudo da evolução estelar continua em pleno desenvolvimento e que os telescópios colocados na órbita da terra continuam oferecendo grande contribuição a esse estudo.

Finalizando o *Capítulo 20, Física Nuclear*, encontra-se a seção *Exercícios Propostos de recapitulação*, contendo quatro proposições ao estudante, das quais três foram utilizadas em exames de seleção a universidades. Em seguida, encontra-se a seção *Testes Propostos*, contendo quinze questões com respostas de múltipla escolha, as quais pertenceram a exames de seleção a diversas universidades.

Nas abordagens sobre a Física Moderna no livro L₅, interpretamos que de modo geral, os autores silenciam em relação à perspectiva de articular a mencionada Física com outras áreas do conhecimento. Também não procedem com uma articulação dos conteúdos com as aplicações tecnológicas decorrentes. Ou seja, as sugestões das Orientações Curriculares Nacionais (Brasil, 2006), para a qual a tecnologia deverá ser trabalhada como uma atividade humana, visando à solução de problemas concretos, não deixam marcas nos discursos do livro L₅.

Destacamos que uma exceção para a última afirmativa, encontra-se no na seção 3, *Célula Fotoelétrica*, do *Capítulo 19, Física Quântica*. Nesta, os autores precedem com uma aplicação tecnológica do *efeito fotoelétrico*. No entanto, referem-se apenas aos aspectos técnicos da mencionada célula. Esta abordagem contempla apenas parcialmente as sugestões das Orientações Curriculares Nacionais, no tocante as aplicações tecnológicas dos conteúdos.

De maneira geral, os autores procedem com descrições conclusivas dos conteúdos abordados, não articulados com o contexto da sua produção, tampouco de suas implicações.

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L₆

O livro aqui analisado intitula-se *Física*, cuja autoria é de Alberto Gaspar. Trata-se da 2ª impressão da 1ª edição de um volume único, com edição do ano de 2003. A estrutura organizacional encontra-se constituída por trinta e seis capítulos.

Seguindo a tendência dos demais livros em explanarem sobre a FMC, na parte final da programação, no presente livro, as abordagens sobre a mencionada física localizam-se no *Capítulo 36, A Física Moderna*. Este capítulo possui quinze seções teóricas, respectivamente numeradas e nomeadas como segue: *1 Introdução, 2 A dualidade onda-partícula, 3 O enigma do éter e a contração dos comprimentos, 4 Os postulados da Teoria da Relatividade Restrita, 5 A impossibilidade da simultaneidade, 6 A dilatação do tempo, 7 Massa e energia relativísticas, 8 O Nascimento da mecânica quântica, 9 Do átomo de Rutherford ao átomo de Bohr, 10 O spin do elétron e o princípio da exclusão, 11 A mecânica ondulatória, 12 O Princípio da Incerteza, 13 Da antimatéria ao modelo atual do átomo, 14 A Física de Partículas e 15 Conclusões*.

Em relação a maioria dos outros livros didáticos, uma peculiaridade do *Capítulo 36, A Física Moderna*, é que não existem seções com a proposição de exercícios ao longo das seções teóricas. Apenas ao final do capítulo encontra-se a seção *Atividades: Questões*. Nesta, encontram-se apenas sete proposições de questões subjetivas ao estudante. Assim, interpretamos que a prioridade do autor é a abordagem teórica ao invés da resolução e proposição de exercícios, ao contrário dos demais autores dos livros didáticos já analisados.

O livro L_6 também apresenta vários quadros contemplando especificidades das abordagens conceituais desenvolvidas nas seções teóricas. Genericamente, os quadros são denominados de *Cotidiano; História; Gramática da física; Discussão; Nota; Aprofundamento*. Ou seja, pelas nomeações, denotam prestarem-se a distintas finalidades.

Na seção *1, Introdução*, o autor reporta-se a uma pequena fábula, adaptada da obra *O Pequeno Príncipe* de Saint-Exupéry. Segundo o autor, a mencionada fábula ajudará a se entender o impasse vivido pela física na passagem do século XIX para o século XX.

Prosseguindo o autor compara a atitude do rei do pequeno planeta em consultar o calendário a ser obedecido pelo Sol com o estado da física, a qual necessitava consulta “seu calendário”, no sentido de entender, prever e dominar a natureza. Remete-se ao Capítulo 35 e afirma ter visto que alguns fenômenos que a física clássica não explicava.

Afirma que essa situação seria como se o rei descobrisse que em alguns dias do ano o calendário.

Em seguida, o autor também associa com a fábula a confiança da comunidade científica em relação à Física Clássica e o impacto causado pelas explicações apresentadas através de outras teorizações aos fenômenos inexplicáveis pela mesma. Finaliza associando o “grosso calendário” com o arcabouço teórico da Física Moderna, a qual, por um lado, é capaz de previsões na casa dos nano-segundos e, por outro, a incerteza é a única certeza.

Iniciando a seção 2, *A dualidade onda-partícula*, o autor afirma que, em 1887, Hertz desenvolvia pesquisas para a geração e a detecção de ondas eletromagnéticas, quando percebeu que o desempenho do detector era otimizado de acordo com o brilho das faíscas do transmissor. Acrescenta que, através de pesquisas, Hertz concluiu que o fenômeno devia-se às radiações ultravioletas emitidas pelas faíscas, o qual se acentuava quando a radiação incidia no terminal negativo de bronze polido do detector. Acrescenta que o fenômeno foi chamado de efeito fotoelétrico.

O autor afirma, ainda, que as pesquisas experimentais de Hertz foram continuadas pelo seu auxiliar Phillip Lenard (1862-1947), o qual utilizou placas de diversos materiais polidos, empreendendo assim, modificações no dispositivo experimental utilizado por Hertz. Prosseguindo, o autor apresenta um esquema experimental para a geração e a detecção do efeito fotoelétrico, utilizado inicialmente por Hertz para a geração de ondas eletromagnéticas¹²⁹.

Em seguida, reportam-se as duas conclusões experimentais, descritas por Lenard sobre o efeito fotoelétrico, no início do século XX. Na primeira, admite que o número de elétrons emitidos pela placa metálica iluminada é proporcional à intensidade da luz incidente na placa. Na segunda conclusão, a energia cinética dos elétrons emitidos pela placa é proporcional a frequência da radiação incidente, e independente da intensidade dessa radiação.

O autor comenta a segunda lei, notadamente destacando aspectos inexplicáveis do ponto de vista da teoria ondulatória: a relação entre a frequência e a energia da onda eletromagnética, haja vista que a maior parte das radiações visíveis não produz a emissão de elétrons em nenhum metal, para qualquer intensidade. Contudo, as radiações

¹²⁹ Consiste de uma ampola de vidro, no interior da qual se encontram duas placas, cujos terminais são conectados a um circuito externo à ampola. A fonte de luz é direcionada à ampola, para que atinja uma das placas.

ultravioletas, mesmo de intensidade muito pequena, produzem a emissão de elétrons na maioria dos metais. Isso contrariava a teoria ondulatória, a qual não estabelece nenhuma relação entre a frequência de onda e a energia transportada, mas, com sua amplitude.

Salientamos que o autor traz ao texto a impossibilidade do mencionado fenômeno ser explicado através da teoria ondulatória, então em vigor. Tal perspectiva, aproxima-se da sugestão de Gil Perez e Jordi Solbes (1993), no sentido de se abordar a Física Moderna a partir dos limites da Física Clássica.

Diante desse contexto, o autor menciona que o efeito fotoelétrico ofereceu aos físicos duas possibilidades: ou a teoria ondulatória está errada, ou a propagação eletromagnética não é um fenômeno ondulatório. Acerca deste impasse, o autor menciona que foi solucionado por Albert Einstein, em 1905, o qual adotou a propagação eletromagnética como um fenômeno formado por pequenos corpúsculos ou quanta de luz, posteriormente, denominados de fótons. Ainda acrescenta que os corpúsculos possuem uma energia E , proporcional a frequência da radiação; ou seja, $E = hf$, sendo h a constante de Planck.

O autor apresenta uma explicação para o mencionado efeito: um fóton, ao penetrar uma superfície metálica, atinge elétrons e transfere-lhe energia que, quando suficiente, abandonam o metal.

O autor ainda afirma que, além do efeito fotoelétrico, outras experiências demonstram claramente que a luz é constituída por fótons. Porém, não menciona essas experiências, tampouco as disputas causadas com a teoria ondulatória.

Prosseguindo, o autor menciona que, no século XVII, outros modelos, atribuindo natureza ondulatória e corpuscular à luz, estiveram em disputa. Porém, embora existam fenômenos que evidenciem a natureza corpuscular da luz, há outros que são explicados coerentemente com a natureza ondulatória da luz.

O autor acrescenta que, para a Física atual, não há dúvida de que um feixe de luz é um feixe de partículas; a dualidade surge em relação ao comportamento coletivo desse feixe, que é um fenômeno ondulatório. Acerca deste duplo comportamento, menciona que o que importa é conhecerem-se as regras que regem a passagem do caráter corpuscular para o ondulatório.

Para propiciar o entendimento do caráter corpuscular e ondulatório da luz, o autor propõe a análise de um feixe de luz atravessando duas fendas estreitas, produzindo em um anteparo uma figura característica conhecida como figura de interferência. Além do diagrama analisando o trajeto da luz desde a fonte até o anteparo, o autor apresenta

um diagrama apresentando as ondas formadas no anteparo, quando as fendas são abertas individualmente, e outro, com ambas as fendas abertas ao mesmo tempo. Ao final, apresenta uma figura representando ambas as fendas abertas.

Acerca dos diagramas, o autor menciona que até a década de sessenta do século XX, só era explicado através da teoria ondulatória da luz.

Em seguida, encontra-se uma figura, porém, ao invés de uma fonte luminosa, dispõe de uma fonte emitindo projéteis aleatoriamente contra um anteparo com duas fendas e após estas, incidem em uma chapa fotográfica. Em seguida, encontra-se um diagrama no qual estão representados as figuras formadas sobre as chapas fotográficas, quando uma, ou outra fenda, encontram-se abertas. Alerta que, com apenas uma das fendas abertas, não há diferença entre as figuras formadas, se a fonte for luz ou projéteis. No entanto, para ambas as fendas abertas, o gráfico formado é representado por pela soma dos gráficos formados quando as fendas são abertas individualmente.

Na seção 2 do livro L₆, *A dualidade onda-partícula*, encontram-se três quadros. O primeiro, *Cotidiano. Amplitude e energia de uma onda*, no qual, de forma brevíssima o autor explana sobre concepções do senso comum acerca da intensidade das ondas, particularizando em relação às ondas do mar e às ondas sonoras. Interpretamos que essa perspectiva harmoniza-se com as recomendações dos PCN+ (Brasil, 2002), no tocante a contextualização das abordagens; no entanto, ainda é apresentada após a explanação teórica, ao invés de integrado ao texto.

O segundo quadro da seção é nomeado *História. Albert Einstein*. Neste, o autor alerta para a mitificação existente em torno de Einstein, notadamente com a propagação de frases famosas que lhe são atribuídas, porém deslocadas do contexto. Recomenda o cuidado em tais leituras.

Gramática da física. Quanta é o terceiro quadro da presente seção. Nele encontra-se uma explicação para a terminologia da palavra quanta, como também a utilização deste conceito por Planck e Einstein, respectivamente.

Na seção, *O Enigma do éter e a contração dos comprimentos*, o autor reporta-se ao capítulo anterior, no sentido de que, segundo a concepção ondulatória da luz, era essencial a existência do éter, o qual seria suporte para o referencial absoluto do universo.

O autor acrescenta que os resultados das experiências de Michelson-Morley que não detectaram a existência do éter, bem como várias outras, foram problemáticas

para a Física da época. Porém, no presente capítulo, não menciona porque a causa da problemática.

Cita a hipótese de contração dos comprimentos na direção do movimento proposta por George FitzGerald e Hendrick Lorentz como a mais importante proposição utilizada para salvar a hipótese do éter. Alegam que, por isso, Michelson-Morley não conseguiram detectar o éter.

Prosseguindo com a abordagem sobre a contração dos objetos, apresentam sem qualquer argumentação adicional a equação $l = l_0(1-v^2/c^2)^{1/2}$, como a equação que relaciona o comprimento final do corpo (l) em função do comprimento inicial (l_0). Notamos que o autor não menciona os processos que resultariam na proposição da mencionada equação, tampouco os pressupostos que incorpora.

Finalizando a presente seção, o autor menciona que, embora a fundamentação da contração dos objetos tenha sido correta, era apenas artifício para justificar o fracasso da detecção do éter. Porém, a expressão é válida e foi incorporada à Teoria da Relatividade Restrita.

Sobre a contração do comprimento dos objetos, o autor deste livro L_6 apresenta uma abordagem que se distancia dos contornos meramente positivistas, a medida em que considera o mencionado fenômeno como uma hipótese para preservar a existência do éter.

Na quarta seção, *Os Postulados da Teoria da Relatividade Restrita*, o autor menciona que, após dez anos refletindo sobre as dificuldades da física do seu tempo, em 1905, Einstein publicou a Teoria da Relatividade Restrita, fundamentada em dois postulados. Prosseguindo, acrescenta que o primeiro postulado, denominado *Princípio da Relatividade*, é uma generalização das conclusões de Galileu e Newton, em relação aos referenciais inerciais, e, além disso, também nega a existência de um referencial absoluto no universo. A partir dessa afirmativa, juntamente com a concepção corpuscular da luz, o éter torna-se supérfluo, acrescenta o autor.

Em relação ao segundo postulado ou *Princípio da Constância da Velocidade da Luz*, contemplando todas as radiações eletromagnéticas, argumenta que subverte propriedades de velocidades dependentes do meio e dos referenciais. Acrescenta que, a partir da mencionada condição, justifica-se a não obtenção do resultado esperado por Michelson-Morley.

Concluindo a seção, o autor afirma que, embora os dois postulados básicos da *Teoria da Relatividade Restrita* sejam aparentemente simples, têm conseqüências

extraordinárias e, uma delas, a impossibilidade de sabermos se dois eventos são simultâneos.

Embora o autor não explicita as contribuições doutros para a proposição de Einstein, essa possibilidade não é desprezada, haja vista que situa as proposições de Einstein a partir de uma reflexão com a problemática existente naquela época.

Na seção 5, *A impossibilidade da simultaneidade*, o autor explica o que é a simultaneidade de fenômenos, como também o quanto é sutil a sua percepção. Utiliza como exemplo a percepção de um lance em um jogo de futebol percebido por um observador no estádio e outro que encontra-se a 30 m deste local, porém, assistindo pela televisão. Acrescenta que, na escala do universo, as diferenças de ocorrência entre eventos, podem ser enormes.

Prosseguindo, o autor explica o conceito de simultaneidade, reportando-se a uma figura que representa um trem (referencial S'), no qual se localiza um observador O' . Esse trem passa com velocidade v por uma estação (referencial S), na qual se localiza um observador O , quando dois sinais luminosos são produzidos nas extremidades do trem (A' e B') e da plataforma da estação (A e B).

Acrescenta que existem inúmeras experiências de pensamento que possibilitam explicar que a simultaneidade, assim como o tempo, são conceitos relativos. Finaliza afirmando que a dependência do tempo em relação ao referencial não se limita à negação da simultaneidade. Ela possui outras conseqüências.

Na seção 6, *A dilatação do tempo*, o autor situa o mencionado fenômeno como conseqüente do *Princípio da Constância da Velocidade da Luz* e da cinemática elementar. Se a distância percorrida por um ponto material depende de um referencial e a velocidade da luz não, alguma disparidade deve ocasionar, comenta. Afirma que a medida de tempo de um fenômeno depende do referencial em que ela é feita.

Para desenvolver uma argumentação acerca da última afirmativa, o autor refere-se ao movimento de um pêndulo, localizado no interior de um vagão que se movimenta em relação a um referencial externo S , com velocidade v . Desenvolve argumentação de que o tempo na aferição do período do pêndulo por um observador O' , localizado no interior do trem, a posição inicial e final do pêndulo é a mesma em relação a um referencial interno S' . Esse intervalo é chamado tempo próprio do fenômeno.

Para o período do pêndulo aferido da plataforma, na qual se encontra o referencial S , o pêndulo encontra-se em posições diferentes em relação ao referencial,

nos dois instantes da medida do tempo. Logo, faz-se necessário dispor-se de dois observadores e dois cronômetros, no sentido de efetivar a medida.

Como consequência das distintas condições mencionadas, ocorre a dilatação do tempo, afirma o autor. O intervalo de tempo (Δt) medido em relação ao referencial S, da utilização de dois cronômetros e dois observadores é sempre maior que o tempo próprio (Δt_0). Acrescenta que a expressão matemática dessa relação é $\Delta t = \Delta t_0(1 - v^2/c^2)^{1/2}$, sendo v o módulo da velocidade do referencial S' em relação ao referencial S.

Finalizando, o autor alerta que, na condição acima, não há um tempo correto em detrimento do outro. Ambos são corretos em seus respectivos referenciais, finaliza.

A seção 7, *Massa e energia relativística*, possui um quadro intitulado *Discussão. A relatividade da massa*. Iniciando a seção, o autor afirma que o conceito de massa foi relativizado com a *Teoria da Relatividade*. A concepção de massa da Física Clássica é a massa de repouso, m_0 .

Prosseguindo, o autor afirma que a massa de um corpo aumenta com a velocidade em relação a um dado referencial e a expressão relativística para a massa é $m = m_0/(1 - v^2/c^2)^{1/2}$. Acrescenta que à medida que a velocidade aumenta, a massa aumenta; e, à medida que a velocidade do corpo aproxima-se da velocidade da luz, a massa tende ao infinito. Salienta que se possui corpo possui massa, não poderá alcançar a velocidade da luz, haja vista que a massa seria infinita. Logo, a velocidade da luz é tida como a velocidade limite. Esboça um gráfico relacionando a velocidade de um corpo versus a razão entre a massa relativística e a massa de repouso de um corpo.

Em seguida, apresenta expressão clássica para energia cinética e em seguida, afirma que envolve conceitos que foram revistos pela relatividade, como massa e energia. Esta revisão teria levado à definição de energia cinética relativística. Assim, relaciona as expressões energia de repouso, energia cinética relativística e energia total relativística.

Finalizando a explanação teórica da seção, afirma que a identificação dos conceitos de massa e energia, sendo intercambiados, tornou mais abrangente o Princípio da Conservação da Energia, conseqüentemente, a Primeira Lei da Termodinâmica.

Em seguida, encontra-se o quadro *Discussão. A relatividade da massa*. Iniciando, os autores mencionam os textos de Feynmann como um dos mais respeitados no mundo. Refere-se a uma citação de que inicia o capítulo sobre a Relatividade Especial, no tocante a modificação das massas em relação a concepção newtoniana, destacando uma controvérsia existente sobre a mencionada afirmativa.

A seção 8, *O nascimento da mecânica quântica*, possui seis quadros. Iniciando a seção, o autor menciona novas leis da natureza descobertas pela TRE¹³⁰. Acrescenta que outras leis da natureza mostravam-se estranhas, mas, começavam a ser descobertas. Menciona, como exemplo, o espectro da radiação térmica.

Em seguida, encontra-se o quadro *História. As radiações alfa, beta e gama*. Neste, o autor menciona as radiações eletromagnéticas conhecidas no final do século XIX, como também, a descoberta dos raios X por Röntgen e a descoberta das radiações alfa, beta e gama a partir dos elementos radioativos.¹³¹

Logo em seguida, encontra-se o segundo quadro da seção, *História. A radiação térmica*. Neste, o autor explica sobre a concepção de calor fluído, aceita até meados do século XIX e algumas das suas propriedades. Acrescenta que a concepção de transmissão de calor como radiação somente foi aceita no início do século XIX.

Prosseguindo com a explanação da seção, o autor discorre sobre conceitos relacionados com a radiação térmica. Reporta-se ao aquecimento dos corpos em chamas de um forno, como também a troca de calor entre ele, até a ocorrência do equilíbrio térmico. Acrescenta que o estudo do calor absorvido e emitido por um corpo levou Kirchhoff a propor duas leis, as quais deram contribuições fundamentais para o estudo da radiação térmica.

Menciona as duas leis de Kirchhoff, sendo a primeira relacionada com a dependência do corpo aquecido com a temperatura e a segunda, a introdução do conceito de corpo negro. Apresenta a possibilidade de construção de um corpo negro e reporta-se a propriedades da radiação emitida pela mencionada cavidade.

Logo em seguida, encontra-se o quadro *Discussão. A cor do calor*. De forma breve, o autor explica sobre duas concepções acerca da emissão do calor: o *calor luminoso* e o *calor obscuro*, tratados como radiações distintas.

Prosseguindo com o texto, o autor aborda a dispersão da radiação emitida por um corpo negro, através de um aparato experimental constituído basicamente por uma fonte luminosa, um prisma e um detector da radiação. Menciona que esse dispositivo experimental possibilita a obtenção de gráficos de potência de radiação, os quais apesar

¹³⁰ Cita a inexistência da simultaneidade; a diferença do tempo transcorrido em relação a referenciais inerciais distintos; o comprimento se reduz na direção do movimento; as massas dos corpos tendem ao infinito quando a velocidade tende a velocidade da luz e existem partículas sem massa.

¹³¹ Nesta explanação, o autor utiliza-se de três ilustrações. A primeira consiste de um conjunto de tubos de raios catódicos. A segunda, uma das primeiras fotografias utilizadas por Röntgen e a terceira, um esquema das radiações alfa, beta e gama emitidos por substâncias radioativas.

de possuírem características bem definidas, não conseguiam elaborar uma função matemática a partir da Física Clássica para explicar a citada curva.

Logo em seguida encontra-se um pequeno quadro, *Nota. Potência por área e frequência*. Neste, o autor faz breves considerações sobre a aferição da intensidade de radiação através de detectores, no sentido do resultado não depender dos instrumentos utilizados.

Prosseguindo na explanação do texto, menciona que, em um *ato de desespero*, Planck inverteu o processo e partiu do gráfico para chegar à função. Acrescenta que, posteriormente, Plack buscou justificativa teórica para a mencionada função e as encontrou na entropia e na probabilidade de Boltzman, transformando uma função matemática em termos físicos. Entre estes termos aparece a constante h , associada aos valores discretos de energia.

Em seguida, encontra-se o quadro nomeado *História. Max Ernst Ludwig Planck*. Neste, o autor apresenta uma breve biografia de Planck. Destaca que a proposição do mesmo teve uma aceitação bastante modesta.

Prosseguindo na explanação do texto, o autor menciona que a constante de Planck possui um significado físico tão claro, como também estranho, notadamente na época em que foi publicado, haja vista que coloca na natureza valores a idéia de descontinuidade. Esta era incompatível com a física clássica.

O último quadro da presente seção é nomeado *Aprofundamento. Ação, uma grandeza física quase desconhecida*. Neste o autor explana sobre a ação do ponto de vista matemático e afirma que a importância dessa grandeza foi proposta por Maupertuis, em 1744. Faz uma explanação acerca do significado e importância do mencionado Princípio para a Mecânica. Compara o mesmo com o Princípio de Fermat na ótica. Finaliza afirmando que Planck descobriu que a ação, grandeza que a natureza utiliza na menor quantidade possível, não poderá ser infinitamente pequena, mas possui um limite, sendo este, o valor de h .

Interpretamos que o autor situa a gênese da Teoria Quântica com o contexto da época, haja vista reporta-se a outras teorizações ao longo do século XIX.

Na seção 9, *Do átomo de Rutherford ao átomo de Bohr*, encontram-se dois quadros. Iniciando a seção, o autor afirma que a consolidação da idéia de átomo no final do século XIX foi consequência da compatibilização entre proposições teóricas e atividades experimentais, fundamentados na idéia de estrutura corpuscular da matéria. Mesmo assim, não havia um modelo de átomo, mas, muitas idéias foram lançadas.

Prosseguindo, discorre sobre idéias que foram atribuídas à estrutura da matéria, como as conjecturas de Lorentz, Nagaoka, como também o modelo de Thomson, conhecido como o modelo do “pudim de passas” e que era o mais aceito da época¹³². Acrescenta que, para a proposição destes modelos, os respectivos autores não se fundamentavam em nenhuma base teórico-experimental, cabendo a Rutherford a primeira evidência experimental sobre a estrutura atômica.

Sobre o trabalho de Rutherford, acrescenta que encontrou problemas na descrição da trajetória das partículas alfa atravessando a matéria, quando eram emitidas pelas substâncias radioativas, com as quais trabalhava. As partículas alfa atravessavam finas folhas de metal sem alterações, ou com pequenos desvios, e isso era satisfatoriamente explicado pelo modelo de pudim de passas, acrescenta¹³³.

Prosseguindo, o autor acrescenta que em 1911, um físico da equipe de Rutherford, Ernest Marsden (1889-1970), constatou que algumas partículas alfa sofriam desvios muito grandes, ao atravessarem lâminas metálicas. Rutherford considerava um comportamento absurdo.

Para explicar o desvio sofrido pelas partículas alfa ao atravessarem as folhas metálicas, Rutherford concluiu que necessitava de um modificar o modelo atômico de Thomson, acrescenta o autor. Logo, propôs que o átomo deveria ter a massa concentrada em um pequeno volume central, o núcleo com carga positiva, em torno do qual girariam os elétrons. Além disso, o núcleo deveria ter dimensões muito pequenas, haja vista que a maioria das partículas alfa não era desviada, mas, passavam pelo vazio ou se chocavam com os elétrons que quase não interferiam¹³⁴.

O primeiro quadro é nomeado *Aprofundamento. A fórmula de Balmer e o espectro de hidrogênio*. Neste, o autor aponta características das raias no espectro de uma lâmpada de hidrogênio e acrescenta que, em 1884, Balmer obteve uma expressão matemática para a posição das mencionadas raias. Procede com uma representação gráfica das mencionadas raias e apresenta a fórmula de Balmer para a identificação de frequências do espectro visível do hidrogênio.

O segundo quadro da seção 9, *Do átomo de Rutherford ao átomo de Bohr*, é nomeado como *História. Niels Bohr*. Neste, o autor contempla dados biográficos de

¹³² O texto traz uma gravura representando este modelo.

¹³³ O texto traz um diagrama explicativo sobre a trajetória prevista pelas partículas alfa ao atravessarem folhas metálicas, de acordo com átomo de Thomson.

¹³⁴ O texto contém um diagrama representando a trajetória de um conjunto de partículas alfa no nas proximidades de um núcleo atômico, de acordo com o modelo de Rutherford.

Bohr e acrescenta que, através do modelo atômico proposto em 1913, resolveu dificuldades do modelo atômico de Thomson.

A seção 10, *O spin do elétron e o princípio da exclusão*, contém um único quadro, nomeado como *Gramática da física*. Órbita x orbital. Iniciando a seção, o autor afirma que, no início da segunda década do século XX, o átomo modelo atômico de Bohr já havia sido bastante aprimorado, notadamente através de Sommerfeld, o qual propôs uma quantização espacial. Esta possibilitou a explicação do efeito Zeeman, através da proposição de existência do spin eletrônico, menciona o autor.

Prosseguindo, o autor discorre sobre a proposição de Pauli em 1925, no tocante ao spin eletrônico. Este seria o quarto número quântico e o conjunto destes números em um átomo nunca se repetia, finaliza. Aqui nesta seção, o autor não se refere aos pressupostos teóricos adotados por Pauli para a mencionada proposição.

Finalizando a seção, encontra-se o quadro *Gramática da física*. Órbita x orbital. Neste, explana o significado de orbital, a qual foi substituída por orbitas no sentido de adequação da nomenclatura.

A seção 11, *A mecânica ondulatória*, contém um quadro nomeado *Discussão. Deus joga com dados?* Iniciando a explanação da seção, nos dois primeiros parágrafos, o autor menciona que no início da segunda década do século XX, apesar do avanço da Física, praticamente todos os físicos tentavam encontrar o significado físico de uma fórmula matemática, criada para se ajustar a um gráfico teórico, representando a radiação do corpo negro. Essa problemática também havia afligido Planck.

Acerca da última problemática, cita Louis de Broglie como responsável pelo início da mudança. Reportando-se a explanação anterior, alega que de Broglie dirigia sua pesquisa teórica para compreender a natureza dual da luz.

Prosseguindo, afirma que, para de Broglie, não havia contradição entre o aspecto corpuscular e o ondulatório. Alegava que se os fótons são partículas de energia, com valor em função da frequência; logo, característica tipicamente ondulatória, o mesmo pressuposto deveria ser válido para outras partículas, como o elétron.

Diante da condição de que o fóton não possui massa, de Broglie associou a expressão clássica da quantidade de movimento ($p = mv$) com as expressões modernas da energia de uma partícula sem massa ($E = pc$) e da energia do fóton ($E = hf$). A partir das expressões anteriores, obteve o comprimento de onda da partícula, $\lambda = h/mv$, afirma.

O autor menciona que a proposta de de Broglie desencadeou uma corrida para a verificação experimental dela e que, do ponto de vista de aparatos, não haveria

dificuldades. Com tal intento, em 1927, os físicos americanos C. J. Davisson e L. Germer obtiveram a difração de elétrons, passando um feixe destas partículas pela estrutura cristalina de um metal.

Menciona, ainda, que de Broglie havia notado que os fenômenos discretos, característicos da nova Física, também faziam-se presentes na Física Clássica. Cita as ondas estacionárias em uma corda fixa nas extremidades como exemplo¹³⁵. Teria concluído que, assim como os elétrons que só possuem valores discretos de energia, as frequências que geram configurações de ondas estacionárias também só podem ter valores diretamente proporcionais a números inteiros. De Broglie teria percebido que, se os elétrons tivessem caráter ondulatório, as configurações das órbitas seriam de ondas estacionárias. Essa idéia teria possibilitado a criação da Mecânica Ondulatória por Schroedinger, em 1926, cujas interpretações matemáticas somente teriam sido bem compreendidas em 1927, com o trabalho de Max Born.

Acerca das interpretações de Born, menciona que foram desconcertantes, que teria defendido que a natureza do mundo microscópico tem comportamento probabilístico. Assim, exemplifica que não é possível se localizar exatamente um elétron em um dado instante, mas, o lugar mais provável para encontrá-lo.

Acrescenta que a interpretação de Born foi tão desconcertante que nem de Broglie, tampouco Schroedinger, os quais haviam criado a formulação matemática, a aceitaram, mas teria prevalecido e gerado profundas implicações filosóficas.

Em nossa interpretação, apesar das implicações filosóficas decorrentes do caráter probabilístico da Mecânica Quântica, a noção de probabilidade incorporada a mesma foi decorrente de posições filosóficas dos seus idealizadores, conforme discute Bunge (2000), Popper (2007), apenas para citar alguns.

Finalizando a seção, encontra-se o quadro *Discussão. Deus joga dados?* O autor afirma que a estatística é aplicada em vários campos da atividade humana. Logo, parece estranho ter ocorrido uma rejeição tão forte ao caráter estatístico de uma interpretação da Mecânica Quântica. Acrescenta que muitos dos físicos tiveram uma formação que viam a ciência com exatidão, apoiadas em bases filosóficas e religiosas.

Acrescenta que era corrente a analogia de Deus como um relojoeiro do universo perfeito. Finaliza com a afirmativa que Einstein era adepto deste ponto de

¹³⁵ Remete o leitor a figuras existentes em outro capítulo.

vista, logo, rejeitou a concepção estatística da Mecânica Quântica e que, em uma carta dirigida a Bohr, teria afirmado que “*Deus não joga dados*”.

Percebe-se que o autor não se reporta a menção de Einstein como conseqüente de uma postura epistemológica realista. Ao invés disso, atribui-lhe partilhar da convicção de Deus como relojoeiro.

Na seção 12, *O Princípio da Incerteza*, inicialmente, o autor afirma que medidas estatísticas tem uma incerteza relacionada aos processos de medida e ao tamanho da amostra utilizada. Porém, teoricamente, é possível reduzir-se essa incerteza. Acrescenta que, no contexto da Física, admite-se que a incerteza é inevitável e não é conseqüência do instrumento, mas do ato de medir.

No sentido de possibilitar um entendimento das afirmativas acima, propõe uma metáfora. Refere-se a uma estatueta de areia, localizada no interior de uma caixa. O instrumento para essa observação são as mãos do observador.

Em seguida, alerta que é tarefa impossível, vez que as mãos destruirão a estatueta. Porém, pode-se recorrer a outras formas de observação. Por exemplo, um feixe de raios X e um visor de fibra ótica ou abrir-se um buraco na caixa e observar-se a estatueta. Porém, essas possibilidades são válidas apenas nas escalas do mundo microscópico. Raios X ou luz são feixes de fótons e interferem na estrutura molecular ou atômica dos grãos de areia. Se os grãos de areia fossem elétrons, bastaria a iluminação para que a estatueta se desmanchasse e o que seria visto seriam informações trazidas por fótons, vindas dos estilhaços.

Retomando diretamente ao Princípio da Incerteza, o autor menciona que a característica extraordinária deste, está na quantificação da incerteza, dando com certeza o valor da incerteza. Para isso, postulou uma expressão matemática a qual estabelece uma espécie de compensação entre duas grandezas; ou seja, quando a precisão de uma aumenta, a da outra diminui, e vice-versa.

Exemplificando, o autor reporta-se a uma partícula movendo-se no eixo das abscissas, estando na posição x e com quantidade de movimento p . Afirma que as medidas destas grandezas são feitas com incertezas Δx e Δp . Afirma que, segundo Heisenberg, o valor dessas incertezas obedece à relação $\Delta x \cdot \Delta p \geq h/4\pi$.

O autor exemplifica, com outra formulação do Princípio da Incerteza, relacionando a incerteza da medida da energia (ΔE) com o intervalo de tempo (Δt). Afirma que o valor dessas incertezas obedece à relação $\Delta E \cdot \Delta t \geq h/4\pi$. Logo em seguida, esclarece que o mencionado princípio é válido para grandezas complementares.

Finalizando a seção, o autor afirma que a interpretação das expressões anteriores ao mesmo tempo em que é simples, é também intrigante. Uma vez que se aumenta a precisão em relação a uma, a medida da complementar torna-se menos precisa. Melhorar a precisão de ambas é impossível, finaliza.

Iniciando a seção 13, *Da antimatéria ao modelo atual do átomo*, o autor considera que a Teoria Relativística do Elétron, proposta por Dirac em 1928, como tendo sido a fundamentação da nova física. Acrescenta que uma possibilidade matemática Essa teoria revelaria a antimatéria como mais uma característica estranha da natureza.

Matematicamente, a teoria revelaria a possibilidade de existência do antielétron ou pósitron. A interação deste com o elétron resultaria na aniquilação de ambos. Acrescenta que essa idéia adquiriu consistência a partir de 1932, quando o físico estadunidense Carl Anderson (1905-1991) detectou o antielétron ou pósitron nos raios cósmicos, a partir da utilização da câmara de bolhas¹³⁶.

Prosseguindo, o autor menciona a descoberta do nêutron em 1932 por James Chadwick (1891-1974), o qual tornou compreensível a estrutura do núcleo atômico. Segundo o autor, essa descoberta possibilitou o entendimento da estabilidade do átomo, resultando em um modelo atômico ainda válido. Esboça breves comentários comparativos entre as densidades do núcleo e do átomo.

Finalizando-se a seção encontra-se o quadro nomeado *Aprofundamento. Os raios cósmicos*. O autor afirma que os mencionados raios foram identificados no início do século XX, em pesquisas sobre a condutividade elétrica em gases em recipientes fechados. Acrescenta que, apesar das precauções, os gases contidos em tais recipientes apresentavam condutividade elétrica, resultantes da ionização das moléculas dos componentes. Acrescentam que a ionização e a condutividade ocorriam em qualquer lugar e a maneira sugerida para atenuá-las foi o isolamento do recipiente em armaduras de chumbo. Afirma, ainda, que, de 1911 a 1912, o físico austríaco Victor Hess efetuou uma série de ascensões em balões e constatou que os mencionado raios se originavam no espaço cósmico, logo, o uso do termo *raios cósmicos*.

A seção teórica 14 do livro L₆, *A física de partículas*, além de uma abordagem inicial, traz três seções teóricas secundárias. Iniciando a abordagem inicial, o autor afirma que de 1932 a 1947 foram descobertas várias partículas elementares. A primeira

¹³⁶ No livro encontra-se uma fotografia do rastro deixado em uma câmara de bolhas de dois pares elétron-pósitron, produzido por fótons de raios cósmicos de alta energia em uma lâmina metálica.

proposição teria sido elaborada por Fermi acerca do *neutrino*, visando dar conta de alguns resultados experimentais inexplicáveis, porém, somente detectado vinte anos após.

Prosseguindo, o autor menciona que outra partícula elementar foi proposta em 1935, por Yukawa, designando que mediava interações ocorridas entre campos, assim como o *fóton* mediava as interações no campo eletromagnético. Acrescenta que em 1947, Lattes e equipe propuseram a existência do *píon*, época em que já quatorze partículas elementares já haviam sido propostas.

Em seguida encontra-se uma tabela com os nomes, símbolos, massa e carga das quatorze partículas elementares existentes em 1947. Após a tabela, o autor afirma que, exceto o *múon* e o *antimúon*, as demais partículas elementares possuíam um papel bem definido na estrutura da matéria. Acrescenta ainda que, nas duas décadas seguintes, a descoberta do *píon*, a partir de fotografias dos raios cósmicos, bem como os avanços dos aceleradores de partículas, possibilitaram a descoberta de mais de duzentas partículas.

Finalizando, comenta que o quantitativo de partículas conhecidas em meados do século XX contradizia-se com a concepção de partícula elementar única, prevalecente no final do século XIX.

Prosseguindo com a seção 14 *A física de partículas*, encontra-se a primeira seção teórica secundária, *A busca da ordem no caos*. O autor afirma que a crescimento quantitativo de partículas elementares requeria uma classificação, a partir de algumas propriedades básicas e comuns. Assim, a partir de duas figuras discorre sobre a identificação das partículas, a partir da representação das respectivas trajetórias.

Finalizando a seção secundária, o autor afirma que na década de sessenta do século XX, o americano Gel-Mann e o alemão Georg Zweig, independentemente concluíram que algumas partículas consideradas elementares, como os prótons e os nêutrons, eram compostas por outras partículas.

Iniciando a seção teórica secundária seguinte, *Hádrons e quarks*, o autor afirma que os trabalhos de Gel-Mann e Georg Zweig permitiram a classificação do universo em partículas elementares. Aquelas que possuem massas praticamente iguais e interagem fortemente com o núcleo, foram denominadas de *bários*. Estes, juntamente com os *mésons* formam a classe dos *hádrons*.

Prosseguindo, o autor afirma que, segundo considerações de Gel-Mann, os *hádrons* seriam formados por outras partículas ainda menores, denominadas de *quarks*.

A primeira detecção indireta do quark teria ocorrido em 1967, porém, atualmente, já foram detectados seis tipos, previstas teoricamente, as quais além de possuírem carga elétrica fracionária em relação a carga do elétron, possuem uma propriedade chamada carga de cor, neutralizadas quando submetida a algumas combinações.

Logo em seguida, encontra-se uma tabela contendo o nome e símbolo, carga elétrica e carga de cor dos seis *quarks*. Após a tabela, o texto traz a representação de algumas partículas elementares compondo o interior de um átomo.

Finalizando a seção secundária, o autor procede com uma breve explanação sobre os quarks de antimatéria, os quais nunca foram observados isoladamente, mas, sempre agrupados a partir da combinação das cargas e_+ e e_- . Isso possibilita que a carga elétrica do elétron ainda seja elementar.

A terceira seção teórica secundária intitula-se *Léptons, bósons e as quatro interações fundamentais*. O autor cita os *léptons* como partículas sem estrutura e que não participam das interações fortes, apesar de serem partículas elementares como os *quarks*. Afirma que o elétron é um lépton. Acrescenta que os *neutrinos*, o *múon* e o *tau* também são *léptons*, cuja função ainda não está bem determinada.

Prosseguindo, comenta que a divisão do universo em partículas elementares que constituem a matéria e a *antimatéria*, compostas de *quarks* e *léptons* e todas compõem o grupo dos férmions e obedecem a um tratamento estatístico aplicado a partículas que têm alguma individualidade. Também menciona a existência dos *bósons*, partículas mediadoras que possibilitam as interações entre os *férmions* e obedece o tratamento estatístico aplicado às partículas idênticas.

O autor afirma ainda que as interações entre os férmions são de quatro formas: forte, eletromagnética, fraca e gravitacional, interações que são viabilizadas através dos *bósons*. Acrescenta que os *bósons* responsáveis pelas interações fortes são chamados de *glúons*, sem massa e que media as interações entre pares de quarks. Logo, as interações entre *prótons* e *nêutrons* são mediadas através de pares de *quarks* contidos pelos *glúons*.

Acrescenta que os bósons mediadores das interações eletromagnéticas são os fótons, enquanto que as partículas **W** e **Z**⁰ são *bósons* responsáveis pela interação fraca, que transforma nêutrons em prótons, ou prótons em nêutrons, no decaimento beta. Acrescenta que tanto nas interações eletromagnéticas como a interação fraca atuam sobre *léptons* e *quarks*, ambas consideradas como interação *eletrofraca*.

O autor ressalta que, apesar da *interação gravitacional* ser a mais associada a nossa vida é a menos conhecida. No entanto, há uma teoria quântica de gravitação que fundamenta-se na hipótese de que o *gráviton* é responsável por tal mediação.

Prosseguindo, encontra-se uma tabela especificando os *bósons* quanto o tipo de interação, a intensidade relativa, o alcance e o nome da partícula mediadora.

Finaliza afirmando que a complexidade das partículas elementares não é intensa. A maioria das partículas elementares são encontradas apenas em raios cósmicos ou criadas artificialmente, desintegrando-se após pequenos intervalos de tempo.

A última seção teórica do livro L_6 é a seção 15, *Conclusão*. Nesta, o autor procede com uma breve retrospectiva dos conteúdos abordados no capítulo, afirmando que a mencionada física propiciou uma revolução radical nas formas de pensar a natureza. Destaca que a visão precisa de descrever o universo deu lugar a uma noção estatística.

Acrescenta que essa nova imagem contrariou perspectivas filosóficas sedimentadas pela tradição, notadamente pela dificuldade de apontar um elemento unificador de todo o universo. Por outro lado, trouxe o entusiasmo da descoberta de um universo constituído de partículas, as quais formam matéria e antimatéria. Além disso, trouxe a revolução tecnológica, simbolizada pelo *chip*.

Finalizando a seção *Conclusão*, afirma que é possível que a Física tenha encontrado o caminho para uma descrição e compreensão da natureza. Se forem necessárias correções, serão feitas sempre que a natureza exigir e, com a sabedoria do rei que dominou o universo¹³⁷.

Finalizando o capítulo, encontra-se a seção *Atividades. Questões*. Nesta, encontram-se cinco proposições ao estudante. Todas as questões são subjetivas, e o estudante deverá justificar ou explicar suas respostas.

Uma singularidade deste capítulo do livro L_6 em análise, é que o mesmo não contém a proposição de questões ao longo do texto. Apenas no final, conforme mencionado anteriormente.

Outra singularidade deste capítulo do livro L_6 é a prioridade em abordagens conceituais, ao invés de formalismos matemáticos, como vários outros livros aqui analisados. Utilizou expressão relacionando a energia de fóton com a frequência, expressão para a contração dos objetos, para a dilatação do tempo e da massa

¹³⁷ Aqui reporta-se a pequena fábula do início do capítulo

relativística. Mesmo assim, o autor não procede com dedução de nenhuma das expressões apresentadas.

O autor do livro L_6 , ao abordar a FMC, prioriza os aspectos conceituais, a formalismos matemáticos, denota ter incorporado as vozes dos pesquisadores e até mesmo estudantes. Lembremos que o excesso de formalismos matemáticos em livros didáticos de Física é que vem sendo criticado há algumas décadas.

Percebemos que o autor do livro L_6 silencia em relação às recomendações dos PCN+ (BRASIL, 2002), no sentido de associar a abordagem dos conteúdos com as respectivas aplicações tecnológicas, no sentido de que estas sejam percebidas como resultado de uma construção humana.

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L_7

O livro aqui analisado intitula-se *Física* e a autoria é de Paulo Ueno. Trata-se de um volume único, editado no ano de 2000, cuja estrutura organizacional encontra-se constituída por três *Unidades*, as quais são compostas por Módulos. As Unidades estão organizadas como segue: *Unidade I Mecânica* (Módulos 1 ao 32), *Unidade II Física Térmica-Óptica* (Módulo 33 ao 62), *Unidade III Eletricidade* (Módulo 63 ao 88)¹³⁸. Cada um dos Módulos encontra-se constituído por seções teóricas.

As abordagens sobre a Física Moderna são contempladas no Módulo 87, Física Moderna (I) e no Módulo 88, Física Moderna (II), constituídos por nove e sete seções teóricas, respectivamente nomeadas. Notemos que esta nomeação não contempla a Física Contemporânea.

Semelhantemente ao livro L_6 , o livro L_7 não apresenta seção específica com a proposição de exercícios após as seções teóricas; tampouco traz a resolução de exercícios ao longo da explanação.

Na introdução do livro L_7 , o autor assinala que, “*além de dois módulos sobre alguns aspectos da Física moderna*, este livro foi elaborado com o intuito de oferecer um instrumento de trabalho simples e versátil, que possa contribuir para a consecução dos Parâmetros Curriculares Nacionais” (PCNs) (p.3). No entanto, os autores não explicitam em que contribuirão para a consecução dos PCNs.

¹³⁸ A diagramação do texto apresenta duas colunas por página.

Uma peculiaridade do livro L₇ é que as abordagens teóricas encontram-se excessivamente resumidas. Várias delas, por exemplo, são explanadas em menos de meia coluna¹³⁹.

As nove seções teóricas do Módulo 87, *Física moderna* (I), estão nomeadas como segue: *A descoberta do elétron*, *Tubos de descargas elétricas e raios catódicos*, *As experiências de Thomson*, *A experiência de Millikan e a carga do elétron*, *Ondas eletromagnéticas*, *Quantum de luz*, *A hipótese do quantum de energia*, *Efeito fotoelétrico* e finalizando, *A energia cinética dos elétrons emitidos no efeito fotoelétrico*.

Na primeira seção do Módulo 87, *A descoberta do elétron*¹⁴⁰, o autor menciona que o surgimento do universo teria ocorrido a 15 bilhões de anos, através de uma explosão - o *Big Bang* - formando várias partículas, dentre elas o elétron. Acrescenta que, apesar dos indícios da existência do elétron ser antigos, somente foi descoberto no século XIX, por Thomson, finalizam.

Na seção teórica *Tubos de descargas elétricas e raios catódicos*, o autor menciona que a descoberta do elétron somente foi possível devido à existência da bomba de vácuo e da bobina de indução, resultando no tubo de vácuo. Apresenta um diagrama deste e discorre sobre os mecanismos físicos envolvidos na produção das descargas elétricas nos tubos de vácuo e acrescentam que é comum o mencionado fenômeno em luminosos comerciais.

Prosseguindo, acrescentam que, na época da descoberta dos raios catódicos, os físicos constataram a existência de um brilho, ao mesmo tempo em que aparecia uma luminosidade esverdeada nas paredes internas do tubo de vácuo, conforme se aumentava o vácuo sem seu interior. Logo, concluíram que se tratava de uma radiação invisível, proveniente do cátodo, afirma o autor.

Na terceira seção, *As experiências de Thomson*, o autor menciona que, em 1897, Thomson realizou três experiências com o pressuposto de que os átomos que formam a matéria teriam partes menores, sendo os raios catódicos uma destas. Em seguida, apresenta duas pressuposições, atribuídas a Thomson, quanto à natureza da carga dos raios catódicos.

¹³⁹ Na diagramação de cada página, encontram-se duas colunas.

¹⁴⁰ Esta seção encontra-se desenvolvida em menos de meia coluna do texto.

Dando continuidade, o autor descreve alguns aspectos dos procedimentos experimentais desenvolvidos por Thomson no sentido de compreender se as dimensões dos raios catódicos eram moléculas, átomos ou partículas.

Finalizando a seção, o autor menciona as constatações obtidas por Philipp Lenard acerca da massa dos raios catódicos, decorrentes de procedimentos experimentais realizados paralelamente aos de Thomson.

Na seção seguinte, *A experiência de Millikan e a carga do elétron*, o autor reporta-se a experiência com a gota de óleo desenvolvida por Millikan, no sentido de determinar a natureza elétrica do elétron. Apresenta diagrama do aparato experimental utilizado por Millikan e uma descrição explicativa para uma gota de óleo, em equilíbrio estático, devido à atuação das forças elétrica e gravitacional, como também uma equação relacionando o mencionado equilíbrio. Em seguida, o autor apresenta conclusões atribuídas a Millikan acerca da carga elétricas das gotículas.

Percebe-se nas quatro primeiras seções teóricas do Módulo 87, Física Moderna (I), que o autor desenvolve uma abordagem com menções conclusivas acerca dos fenômenos, sem articulação com o contexto da construção deste conhecimento.

Iniciando a seção teórica *Ondas eletromagnéticas*, o autor pontua o funcionamento de alguns aparelhos, como o telefone celular, radares, controle remoto, televisão, rádio etc. Questionam como funcionam estes aparelhos.

Prosseguindo, afirma que, para o transporte das imagens e sons por determinados aparelhos, primeiramente são transformadas em sinais elétricos ou corrente elétrica alternada. Faz breves explicações sobre a oscilação dos elétrons, os quais originam os campos elétricos e magnéticos oscilantes que se propagam no espaço. Afirma ainda que as mencionadas ondas teriam sido previstas por Maxwell, as quais se propagariam no espaço com a mesma velocidade da luz.

Finalizando a abordagem da seção *Ondas eletromagnéticas*, menciona que existem outras ondas eletromagnéticas, além das emitidas e recebidas por rádio e TV, mencionando o calor, os raios gama e os raios X.

Interpretamos que a exposição dos autores sobre as ondas eletromagnéticas perpassa por uma abordagem que contempla as aplicações tecnológicas em aparelhos do cotidiano, harmonizando-se parcialmente com as sugestões dos PCN+ (BRASIL, 2002). No entanto, os autores pontuam apenas aspectos técnicos da tecnologia, contrariando assim as sugestões do mencionado documento, no sentido de que estas sejam abordadas em uma perspectiva cultural mais ampla.

Na sexta seção teórica do Módulo 87, *Quantum de luz*, o autor menciona que uma cavidade vulcânica em erupção, a uma determinada temperatura, emite radiações eletromagnéticas de vários comprimentos de onda, evidenciadas pela cor. Afirma a existência de uma relação entre a temperatura T da cavidade vulcânica e os comprimentos de onda das radiações, a qual possibilita a interpretação dos fenômenos. Porém, não discute as relações causais entre os mencionados fenômenos, perdurando a tendência de apresentar informações conclusivas acerca dos conteúdos.

Prosseguindo, o autor menciona que, no final do século XIX, a inexistência de uma fórmula matemática que se compatibilizasse com os dados experimentais da radiação dos corpos aquecidos se configurava como uma problemática para os físicos. Acrescenta que coube a Max Planck a elucidação desta problemática, a qual, segundo o autor, era mais um segredo da natureza.

Além de atribuir exclusivamente a Planck a criação da teoria quântica, sem contemplar as pressuposições teóricas adotadas, silencia em relação ao debate em torno da radiação do corpo negro, bem como das suas implicações, conforme discutem Kunh (1978), Jammer (1966) e outros.

Na seção *A hipótese do quantum de energia*, o autor atribui algumas constatações a Planck, as quais teriam sido obtidas a partir dos dados experimentais, como a dependência da radiação térmica emitida com a temperatura e não com a natureza do material aquecido; a emissão e a absorção da radiação, devidas às oscilações das partículas carregadas do corpo ou osciladores; o fato do espectro da radiação abranger quase todos os comprimentos de onda, devido a grande quantidade de osciladores no corpo.

Em continuidade, afirma ainda que, na tentativa de ajustar as fórmulas existentes a uma que explicasse a radiação do corpo, Planck considerou que os osciladores não emitiam radiação de modo contínuo, mas em porções descontínuas, atribuindo o valor $E = hf$ à energia de cada porção ou pacote de radiação, denominado quantum de energia.

Interpretamos que perpassa por esse discurso a concepção de que em uma formulação matemática, não está associada às pressuposições teóricas, mas aos dados experimentais.

Na oitava seção do Módulo 87, *Efeito Fotoelétrico*, o autor afirma que, através de um sistema de emissão e recepção de ondas eletromagnéticas, Hertz comprovou a teoria de Maxwell em seu laboratório. Acrescenta que, atualmente, o mencionado

sistema estaria no funcionamento do rádio, da televisão, do telefone celular, dos radares e de toda a tecnologia sem fio.

O autor também menciona que em 1887, Hertz descobriu que poderia produzir descargas elétricas entre esferas carregadas, incidindo nelas radiação ultravioleta (ondas eletromagnéticas), proveniente da queima de magnésio, sendo esse fenômeno conhecido atualmente como efeito fotoelétrico. Acrescenta que, em 1888, o físico alemão Wilhelm Hallwachs (1859-1922) teria observado que as cargas que a radiação ultravioleta arrancava de uma superfície metálica onde incidia, eram negativas.

Prosseguindo, o autor explica que, a partir do questionamento sobre a natureza elétrica dos elétrons, em 1899, Thomson utilizou-se de um tubo de alto-vácuo, semelhante aquele utilizado para a descoberta do elétron, e fez incidir no cátodo a radiação ultravioleta. Assim, detectou a passagem de corrente elétrica de baixa intensidade entre o cátodo e o ânodo. Apresenta diagrama esquemático representado a situação.

Sobre o experimento realizado por Thomson, menciona ainda que este mediu a razão carga/massa da partícula ejetada e identificou com sendo as partículas ejetadas do metal pela incidência da radiação, principalmente a ultravioleta. Finalizando a seção, o autor apresenta uma definição do efeito fotoelétrico.

Na última seção teórica do Módulo 87, *A energia cinética dos elétrons emitidos no efeito fotoelétrico*, o autor afirma que a radiação incidente poderá ejetar os elétrons da superfície metálica, quando a energia da radiação for suficiente. Logo, elétrons serão ejetados com certa energia cinética. Acrescenta que poderia se supor que o aumento da intensidade da radiação, resultaria no aumento da energia cinética. Porém, constata-se a dependência da ejeção dos elétrons com a frequência da radiação incidente, e não da intensidade.

Prosseguindo, menciona, também, que as últimas constatações sobre o efeito fotoelétrico contrariavam a teoria eletromagnética de Maxwell. Acrescenta que a problemática foi solucionada por Einstein, em 1905, ao propor a teoria fotônica da radiação, explicando o efeito fotoelétrico¹⁴¹.

¹⁴¹ Após estas considerações, encontra-se no texto uma fotografia de Einstein, sob a qual se menciona que teria recebido o prêmio Nobel da Física devido as suas contribuições à Física teórica, bem como por ter explicado o efeito fotoelétrico.

O autor também afirma que o elétron, para abandonar a superfície metálica, deveria realizar um trabalho denominado função trabalho do metal, de forma a vencer a sua ligação com a estrutura atômica a qual pertence.

Em seguida, menciona que, a partir dos conceitos de fóton e função trabalho, Einstein teria estabelecido uma equação contemplando três condições: um fóton com energia $E=hf$ incide na superfície metálica; um elétron da superfície metálica absorve, por completo, a energia do fóton incidente e, se a energia hf absorvida pelo elétron for maior que a função de trabalho, ele é ejetado da superfície metálica com energia cinética $mv^2/2$, recebendo a denominação de fotoelétron, e essa energia é igual a diferença entre a energia recebida e a função de trabalho¹⁴².

Finalizando, afirma que, com a realização da experiência para medir a energia cinética dos elétrons emitidos pela superfície metálica e a frequência da radiação incidente, foi possível determinar o valor da constante h de Planck. Esta foi uma contribuição decisiva para a construção da Mecânica quântica, conclui o autor.

De maneira geral, nas abordagens do *Módulo 87, Física Moderna (I)*, percebe-se uma perspectiva descritiva das construções teóricas, priorizando-se aspectos conclusivos de determinadas interpretações, em detrimento da exposição do debate em torno dos processos.

O *Módulo 88, Física Moderna (II)*, último módulo do livro L_7 , é constituído por sete seções teóricas, a saber: *Modelos atômicos, Teoria atômica de Dalton, O modelo atômico de Thomson, O modelo atômico de Rutherford, Modelo atômico de Bohr, Modelo atômico de Bohr-Sommerfeld e Modelo dos orbitais atômicos*.

Na primeira seção, *Modelos atômicos*, o autor reporta-se brevemente a indivisibilidade do átomo proposta por Demócrito. Em seguida, menciona que para Aristóteles o mundo era preenchido por quatro elementos básicos e que, apesar dessa concepção ter sido prevacente durante séculos, com o desenvolvimento da química foi suplantada.

Finalizando a seção, menciona que o hidrogênio e do oxigênio foram descobertos no século XVIII, como também a conceituação de elementos químicos por Lavoisier¹⁴³.

¹⁴² Encontra-se no texto um diagrama representando uma onda eletromagnética incidindo sobre a superfície metálica e um fotoelétron sendo ejetado da mesma.

¹⁴³ Após a explanação, encontra-se uma gravura de Lavoisier, porém, o autor não se reporta a mesma.

Percebe-se que o autor remete-se a teorias distintas sobre a estrutura da matéria, no entanto, não as associa aos pressupostos teóricos assumidos, tampouco aos respectivos contextos.

Na segunda seção teórica do *Módulo 88, Teoria atômica de Dalton*, em forma de notas, o autor pontua condições incorporadas à mencionada teoria, apresentada em 1808, a saber: a matéria seria feita de átomos indivisíveis; todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos em massa e propriedades; os compostos são formados pela combinação de dois ou mais diferentes tipos de átomos e que uma reação química seria um rearranjo de átomos.

Finalizando a seção, menciona que a teoria teria sido admitida no cenário científico a partir de então, tendo suplantado a idéia de quatro elementos de Aristóteles.

Percebe-se que, apesar do autor mencionar a teoria de Dalton como tendo suplantado a proposição aristotélica dos quatro elementos, descreve apenas a sua configuração final de uma interpretação, desprezando as disputas ocorridas no processo de construção do contexto teórico mais recente¹⁴⁴.

Seguindo a tendência acima, na seção teórica seguinte, *O Modelo atômico de Thomson*, o autor afirma que, em 1897, Thomson descobriu o elétron e que superou o conceito de átomo como menor partícula da matéria. Logo, surgiram proposições de novos modelos atômicos.

Finalizam a seção apresentando características dos elementos da composição física do modelo atômico de Thomson, o qual, segundo o autor, foi denominado de *bolo recheado com uvas passas*, apresentado uma gravura deste modelo.

Iniciando a quarta seção teórica do *Módulo 88, O modelo atômico de Rutherford*, o autor afirma que a radioatividade natural já era conhecida no início do século XX e cita as partículas alfa, beta e gama como sendo emitidas do óxido de urânio. Prosseguindo, o autor menciona que, em 1911, com o intento de estudarem a estrutura da matéria, Rutherford e equipe projetaram e construíram aparato para o bombardeamento de uma fina camada de ouro com um feixe de partículas alfa.

Reportando-se ao esquema do aparato experimental de Rutherford¹⁴⁵, o autor acrescenta que a folha de ouro era atravessada pela maioria das partículas alfa que a atingia, e sem desvios. Porém, algumas retornavam à posição original, e outras sofriam

¹⁴⁴ Após a explanação, também encontra-se uma gravura de Dalton, porém, o autor não se reporta a mesma.

¹⁴⁵ Apresenta esquema da configuração do mencionado aparato, como também uma fotografia de Rutherford no interior do laboratório.

desvios, após atravessarem a folha de ouro. Segundo o autor, este comportamento foi detectado através das cintilações produzidas na tela que rodeia a folha de ouro.

Prosseguindo, comenta que os desvios sofridos pelas partículas alfa são conseqüentes das repulsões eletrostáticas entre essas partículas e as cargas positivas da folha de ouro. Mas, a expectativa de Rutherford era que a maioria das partículas fosse desviada da trajetória, vez que no modelo atômico de Thomson as cargas positivas localizavam-se por vários pontos na extensão do átomo. Logo, Rutherford concluiu que as cargas positivas estariam concentradas no núcleo atômico. Assim, propôs o modelo atômico planetário¹⁴⁶.

Finalizando a presente seção, o autor relaciona as dimensões do núcleo atômico com o átomo e afirma que ele é praticamente vazio.

Na seção teórica seguinte, *Modelo atômico de Bohr*, o autor afirma que a órbita do elétron em volta do núcleo tornava o modelo atômico de Rutherford problemático, haja vista que, por causa da aceleração centrípeta, o elétron deveria emitir radiação eletromagnética e conforme a teoria de Maxwell, perderia energia. Logo, a velocidade e o raio da órbita diminuiriam, as trajetórias seriam espiraladas e os elétrons cairiam no núcleo, exceto para os átomos radioativos, cuja estabilidade perduraria¹⁴⁷.

Prosseguindo, o autor também cita as linhas espectrais do átomo de hidrogênio como outro fenômeno não explicado pelo modelo atômico de Rutherford. Descreve procedimentos para obtenção do espectro de emissão do hidrogênio e compara algumas das suas propriedades com a do espectro solar. Menciona que cada átomo possui o seu espectro de emissão característico.

O autor acrescenta que, para explicar a estabilidade atômica e o espectro de emissão do hidrogênio, Bohr propôs a existência de órbitas, nas quais os elétrons não irradiariam e não absorveriam energia. Também menciona que Bohr propôs que cada órbita possui um nível característico de energia¹⁴⁸. O autor também refere-se a energia quantizada recebida ou perdida pelo elétron.

¹⁴⁶ O texto traz um esquema representando o modelo atômico de Rutherford.

¹⁴⁷ No texto, encontra-se um diagrama explicativo em relação a essa idéia.

¹⁴⁸ A abordagem traz um diagrama representando o núcleo central, circunscrito pelos níveis de energia permitidos em um átomo. Logo mais em seguida, encontra-se dois diagramas representando transições eletrônicas para níveis maiores e menores de energia, respectivamente.

Finaliza afirmando que o modelo atômico de Bohr teria explicado as linhas espectrais do átomo de hidrogênio quando ocorrem as transições eletrônicas, mas que funcionava apenas para átomos monoelétrônicos¹⁴⁹.

Na seção *Modelo atômico de Bohr-Sommerfeld*, o autor menciona que o estudo mais aprofundado evidenciou que, para cada nível do modelo atômico de Bohr, existiam subníveis de energia. Afirma que esse modelo foi proposto em 1916 por Arnold Sommerfeld, o qual acrescentou órbitas elípticas ao modelo original de Bohr¹⁵⁰.

Na seção *Modelo dos orbitais atômicos*, última seção do *Módulo 88*, o autor afirma que, em 1923, De Broglie teria sugerido que partículas como elétrons e prótons poderiam ter propriedades ondulatórias. Acrescenta que em 1927, os físicos estadunidenses Davisson e Germer constataram o fenômeno de interferência, quando um feixe de elétrons era difratado por um cristal de níquel¹⁵¹.

Prosseguindo, o autor acrescenta que, devido ao comportamento dual dos elétrons surgiu o *Princípio da Incerteza*, enunciado pelo físico alemão Heisenberg, o qual teria argumentado em torno da impossibilidade de precisar, com exatidão, a posição e a velocidade do elétron. O autor apresenta dois fatos como tendo sido responsáveis pelo mencionado princípio. No primeiro, menciona que, para observar a posição de um elétron, faz-se necessário usar luz de muita energia, o que levaria o elétron a mudar de velocidade. No segundo princípio, menciona que, se a luz utilizada não possuir energia capaz de mudar a velocidade do elétron, a sua velocidade poderá ser medida, mas não se podia observar a sua posição por causa da falta de luminosidade.

O autor comenta ainda que a solução para o impasse surgido com a adoção dos orbitais atômicos, regiões onde o elétron tem grande probabilidade de ser encontrado, e nessa perspectiva, pode-se dizer que um nível se divide em subníveis e estes em orbitais, finaliza¹⁵².

Apesar da menção do autor do livro L₇ visando a consecução dos propósitos contidos nos PCNs, interpretamos que nas explicações dos dois módulos sobre a FMC, ou seja, *Módulo 87, Física Moderna (I)* e *Módulo 88, Física Moderna (II)*, não se evidenciam as marcas dos discursos dos PCNs, notadamente em relação as abordagens contemplando as implicações tecnológicas da mencionada física, conforme sugerem os

¹⁴⁹ Ao final da abordagem da seção, encontra-se uma fotografia, em primeiro plano de Bohr.

¹⁵⁰ Finalizando a seção, encontra-se um diagrama representando o modelo atômico de Sommerfeld.

¹⁵¹ Após essa explicação, encontra-se uma fotografia de Louis de Broglie.

¹⁵² Ao final da seção, encontra-se uma fotografia de Heisenberg.

PCNs (Brasil, 2002), apesar da citação no início do livro, tampouco as Orientações Curriculares Para o Ensino Médio (BRASIL, 2006).

Semelhantemente ao livro L₆, uma característica das seções teóricas do livro L₇ é a quase inexistência de formalismos matemáticos, tão presentes na maioria dos demais textos. Porém, apesar de não adotarem a tão criticada exposição através de formalismos matemáticos, a abordagem conceitual adotada, restringe-se a exposição fragmentada da construção final dos conceitos. Assim, distanciam-se da perspectiva histórico-cultural, ou mesmo empreendem qualquer tentativa de associarem a construção da mencionada física com outras áreas do conhecimento, conforme sugerem vários autores. Ao contrário, ocorre o predomínio de abordagens marcadas pela apresentação final das idéias desvinculadas do seu contexto de produção e das suas implicações, contrariando as recomendações para o ensino da Física Moderna sugerida pelos documentos oficiais brasileiros e pesquisadores e da área de *Ensino de Física*.

Análise e Interpretação dos Discursos Presentes no Livro L₈

O livro aqui em análise intitula-se *Física. História & Cotidiano*. Trata-se da 2ª edição de um volume único, do ano de 2005, tendo autoria de José. Roberto Bonjorno, Regina Azenha Bonjorno, Valter Bonjorno e Cleiton Márcio Ramos. Esse volume possui estrutura organizacional constituída através de quinze unidades, sendo estas, organizadas em capítulos.

Na seção *Apresentação* do livro L₈, os autores assinalam que */.../ procuramos oferecer ao professor uma possibilidade de trabalhar a Física em sala de aula de uma maneira mais dinâmica, atual e contextualizada* (p. 5). No entanto, os autores não esclarecem como incorporam essas proposições no texto, tampouco o significados incorporados. Notadamente sobre a contextualização.

Tendo em vista que os autores remetem-se ao professor e não ao estudante, interpretamos que perpassa por esse discurso a concepção de que o leitor do livro didático será o professor. Interpretamos que essa postura evidencia a influência que o livro didático exerce no trabalho do professor, conforme foi alertado por Selles e Ferreira (2004), Campanario (2001), apenas para citar algumas pesquisas na área de Ensino de Ciências.

No livro L₈, as abordagens sobre a Física Moderna encontram-se na última unidade do livro, *Unidade 15, Física Moderna*, a qual é constituída por três capítulos: *Capítulo 50, Teoria da Relatividade Especial; no Capítulo 51, As Idéias da Física*

Quântica e no Capítulo 52, Radioatividade. Assim, os autores do livro L₈ seguem a tendência já adotada por vários outros, em apresentarem a FMC ao final da programação proposta ao nível médio de ensino.

No livro L₈, cada capítulo da *Unidade 15, Física Moderna*, encontra-se organizado em seções teóricas respectivamente nomeadas. Finalizando cada capítulo, encontram-se seções contendo exercícios e atividades. São nomeadas como seção *Aplicação*, com proposições resolvidas e as seções subsequentes, *Atividades e Mais atividades*, com proposições ao estudante.

Acerca das seções com exercícios, percebe-se que se diferenciam dos demais livros didáticos em relação à nomeação. Todavia, no tocante ao teor, são bastante semelhantes: atividades resolvidas e atividades propostas ao estudante, como atividade de reforço após textos teórico-expositivo. Assim, no tocante a estruturação das seções com exercícios, interpretamos as marcas de um formação discursiva em sintonia com as orientações da racionalidade técnica, bastante característico dos livros didáticos, conforme discute Amaral (2006).

O *Capítulo 50, Teoria da Relatividade Especial*, possui uma introdução inicial após o título, seguida de quatro seções teóricas, nomeadas como *Dilatação do tempo*, *Contração do comprimento*, *Massa relativística e Equivalência entre massa e energia*.

Na explanação inicial, encontra-se uma breve biografia de Einstein. Ressaltam que a TRE foi formulada em 1905 e que o contexto de validade desta, restringe-se a referenciais que se movem com velocidade constante.

Os autores desprezam as teorizações elaboradas antes de Einstein, as quais propiciariam a elaboração da TRE, conforme mostra a literatura da área (MARTINS, 2005a). Assim, atribuem a Einstein o papel de descobridor original. Esse discurso apóia-se em uma fundamentação discursiva de cunho positivista, comum em livro didático, conforme destaca Amaral (2006).

Prosseguindo, os autores afirmam que a TRE é apresentada sob a forma de dois postulados e os anunciam. Após a citação do primeiro postulado, os autores exemplificam através de situações em que pessoas realizam determinadas atividades no interior de um avião e de um transatlântico em movimento e ainda na superfície da Terra. Concluem que, segundo a mecânica newtoniana, as leis da Física, no tocante às colisões, são as mesmas, tanto para os corpos em repouso, quanto para aqueles que desenvolvem velocidade constante em relação aos outros.

Em seguida, os autores afirmam que Einstein tornou mais abrangente a Teoria da Relatividade, já anunciada por Newton em 1687. Assim, parecem perseguir a tendência de abordarem a TRE vinculada dos limites de validade da Física Clássica. No entanto, ao se remeterem à relatividade newtoniana, não procedem com uma discussão dos pressupostos desta. Logo, interpretamos que a apresentação da FMC a partir dos limites de validade da Física Clássica, tal como sugerem Gil Perez e Jordi Solbes (1993), não se mostra contemplada.

Finalizando, anunciam o segundo postulado da TRR, porém, não comentam as suas pressuposições e implicações.

Na seção teórica *Dilatação do tempo*, para abordarem o conceito, os autores reportam-se a uma nave que possui teto espelhado e que se move com velocidade v entre duas estações espaciais, em repouso no espaço, dentro das quais existem relógios sincronizados entre si. O relógio do tripulante da nave está sincronizado com o relógio localizado na estação da sua partida. No entanto, no momento da chegada, o relógio do tripulante encontra-se atrasado em relação ao relógio da estação da chegada.

Para explicar a ocorrência anterior, os autores representam duas situações. Na primeira, contemplam uma fonte luminosa que se encontra dirigida verticalmente para cima, no interior da nave e esboçam dois diagramas referentes ao trajeto da luz. O primeiro refere-se ao trajeto da luz percebido pelo tripulante, cujo relógio registra um intervalo de tempo Δt_0 para a ocorrência do fenômeno. O segundo diagrama, refere-se ao trajeto da luz percebido por um observador que se encontra em uma estação, cujo intervalo de tempo para a ocorrência do fenômeno é Δt .

Os autores reportam-se ao segundo postulado da TRE para considerarem a uniformidade da velocidade da luz em relação aos dois observadores. Referindo-se aos diagramas esboçados para representarem a trajetória da luz em relação aos dois observadores, aplicam o teorema de Pitágoras e apresentam equações referentes ao tempo do percurso da luz. Interpolam as duas equações, obtendo uma relação entre os tempos de ocorrência dos fenômenos, para cada observador, a saber: $\Delta t = \Delta t_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$.

A partir da equação anterior, afirmam que $\Delta t > \Delta t_0$, haja vista que a velocidade v da nave é sempre menor que a velocidade da luz no vácuo. Afirmam, ainda, que o aumento da distância percorrida pela luz em relação ao observador da estação é compensado pela dilatação do tempo, que passa mais lentamente para o tripulante da

nave. Generalizam afirmando que, de acordo com a TRE, qualquer relógio em movimento funcionará mais lentamente¹⁵³.

Uma explicação de dilatação do tempo desvinculada do contexto de elaboração da idéia, tal como apresentada acima, reduz um construto conceitual a uma operação matemática, desvinculada da fenomenológica. Interpretamos que essa abordagem fundamenta-se em uma formação discursiva, permeada pela perspectiva filosófica operacionalista, citada por Bunge (2000) como freqüente nos livros didáticos de Física do ensino superior.

Na seção teórica seguinte, *Contração do comprimento*, explanada, aproximadamente, em um terço da página do livro, os autores afirmam que segundo a TRE, os objetos se contraem na direção do movimento, sendo essa mais intensa à medida que a velocidade do objeto aumenta em relação ao observador.

Afirmam que o comprimento máximo do objeto em repouso é denominado comprimento próprio (L_0). No tocante a uma barra movendo-se com uma velocidade v em relação ao observador, o comprimento será L . Prosseguindo, sem nenhuma argumentação, os autores apresentam a equação relacionando L e L_0 , como segue: $L = L_0 (1 - v^2/c^2)^{1/2}$.

Finalizando a seção, encontram-se representadas três esferas. A primeira, em repouso, e com diâmetro L_0 . As demais, com velocidades $v = 0,87c$ e $v = 0,995c$, cujos diâmetros são $L = 0,5L_0$ e $L = 0,1L_0$, respectivamente.

A simplificação, em relação ao conceito de *contração do comprimento* dos objetos que se movem com a velocidade próxima a da luz, vai além daquela oferecida para a dilatação do tempo, haja vista que sequer desenvolvem o formalismo matemático apresentado, a partir da situação analisada. Ou seja, os autores radicalizam com as afirmações conclusivas na apresentação dos conceitos.

Na seção teórica seguinte, *Massa relativística*, também explanada em meia página do livro, os autores assumem já terem esclarecido que, de acordo com a Teoria da Relatividade, o comprimento de uma barra se contrai e o tempo se dilata. Acrescentam que mostrarão o aumento da massa de um corpo com o aumento da velocidade em relação a um dado referencial. Em relação a esse, consideram a massa de repouso do corpo m_0 e admitem que a expressão relativística da massa é $m = m_0 / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$.

¹⁵³ Sobre a dilatação do tempo, os autores também reportam-se ao paradoxo dos gêmeos, como exemplo clássico da dilatação do tempo.

Os autores reportam-se à última equação e afirmam que, à medida que a velocidade do corpo aproxima-se da velocidade da luz, ocorre um aumento da massa m . Logo, consideram a velocidade da luz como a velocidade limite do corpo. Percebe-se que, semelhantemente a variação do comprimento e do tempo, os autores não situam a variação da massa como um construto teórico.

A partir da equação que leva ao aumento da massa, à medida que o corpo adquire velocidade relativística, também reportam-se à equação da quantidade de movimento $Q = mv$. Nesta substituem m e obtêm a expressão $Q = m_0 v / (1 - v^2/c^2)^{1/2}$. Finalizam a seção, sem comentários adicionais.

Na seção teórica *Equivalência entre massa e energia*, última do *Capítulo 50*, os autores afirmam que a mencionada equivalência é uma das conseqüências práticas mais importantes da *TRE*. Acrescentam que essa equivalência é expressa pela equação $E_0 = m_0 c^2$, formulada por Einstein em 1905, a qual implica em uma proporcionalidade entre a massa e a energia.

A partir da última equação, concluem que, para a *TRE* a massa é uma forma de energia. Por isso, além das várias formas de energia existentes, há ainda a equivalência entre massa e energia, a qual fica aprisionada na própria massa do corpo, afirmam os autores.

A partir da última explanação, interpretamos que, tanto em relação à massa relativística, quanto em relação à quantidade de movimento, e ainda sobre a equivalência entre massa e energia, os autores apresentam expressões matemática como representante de um conceito, sequer reportando-se aos pressupostos que foram incorporados nas respectivas construções, tampouco deduzem a expressão, como procederam anteriormente em relação à dilatação do tempo. Assim, interpretamos nestes discursos as marcas da racionalidade técnica, conforme aponta Amaral (2006).

Após as seções teóricas do *Capítulo 50, Teoria da Relatividade Especial*, encontra-se a seção *Aplicação*, que contém a resolução de duas proposições. As seções seguintes, *Atividades* e *Mais atividades*, contém quatro e cinco proposições, respectivamente.

Após as seções de exercícios encontra-se uma seção intitulada *A História Conta. A missão científica de Sobral*. Nesta, abordam sobre os experimentos realizados na cidade de Sobral (CE), no sentido de investigarem o desvio da luz pelo campo gravitacional do Sol. Interpretamos no discurso desta abordagem as marcas das

sugestões contidas nos PCN+ para que abordagens acerca dos fenômenos naturais sejam contextualizadas (BRASIL, 2002). Mas, por que em seção especial? Interpretamos que perpassa por este discurso a contextualização inserida a posteriori, não se prestando para a abordagem dos conceitos. Nota-se também que contextualização não se refere à construção conceitual, mas a aplicações teóricas.

O *Capítulo 51, As Idéias da Física Quântica*, é constituído por nove seções teóricas, a saber: *Radiação do corpo negro*, *A constante de Planck*, *Efeito fotoelétrico*, *Efeito Compton*, *Dualidade onda-partícula*, *Modelo atômico de Bohr*, *Modelo atômico atual*, *Princípio da Incerteza* e *Mecânica Quântica*.

Na primeira seção, *Radiação do corpo negro*, que ocupa aproximadamente metade de página do texto, os autores afirmam que os corpos aquecidos emitem radiações e, para o estudo destas, se faz necessário o espectrômetro¹⁵⁴, dispositivo para a sua dispersão, possibilitando a identificação de propriedades das ondas.

Prosseguindo, acrescentam que um corpo negro é um corpo ideal, porque a radiação é dependente apenas da temperatura. Esboçam curvas representando o valor experimental e o previsto pela teoria clássica para a intensidade da radiação de um corpo negro, em função do comprimento de onda, a 2000 K. Chamam a atenção para a distinção entre as curvas.

Acerca da radiação do corpo negro, ressaltamos que os autores procedem com uma abordagem descritiva, a qual não situa a complexidade e o debate ocorrido em torno da temática, conforme Kuhn debatem (1978) e Jammer (1966).

Na seção teórica seguinte, *A constante de Planck*, os autores afirmam que, em 1900, Planck iniciou a Física Quântica ao propor uma explicação satisfatória para a curva referente à radiação do corpo negro. Acrescentam que, para compatibilizar a teoria com os dados experimentais, Planck propôs que a energia das partículas seria número inteiro, múltiplo da frequência com que oscilam, multiplicado por uma constante h , ou seja, $E = n h f$.

Prosseguindo no texto, encontra-se um quadro contendo representação de um prisma, sobre o qual incide a luz branca e sua decomposição, e um conjunto de especificações sobre as frequências das radiações e os respectivos comprimentos de onda.

¹⁵⁴ Nada mais acrescentam sobre o mencionado instrumento, o qual teve papel fundamental no estudo dos espectros.

Finalizam a seção mencionando que Planck estabeleceu que a energia da radiação dos osciladores é emitida em quantidade discreta, tendo sido denominada de *quanta* por Einstein e, posteriormente, fótons.

Na última perspectiva, os autores atribuem exclusivamente a Planck a criação de uma proposição para o espectro da radiação do corpo negro, a custa do apagamento das disputas e incertezas ocorridas em torno da questão ao longo da segunda metade do século XIX.

Na terceira seção teórica do *Capítulo 51, Efeito Fotoelétrico*, os autores mencionam que no início do século XIX, o mencionado efeito já era explicado de maneira simples, ou seja, quando a luz incidia sobre a superfície de determinados metais, os elétrons recebiam energia, ficavam agitados e eram arrancados da superfície¹⁵⁵.

Prosseguindo, discorrem sobre as condições físicas para ocorrência do efeito fotoelétrico, afirmando que foram obtidas a partir de pesquisas em laboratório, a saber: existe uma frequência-limite f_0 , abaixo da qual os elétrons não são ejetados; cada metal possui uma frequência-limite f_0 e, abaixo da frequência-limite, por maior que seja a intensidade da luz incidente sobre o metal, não ocorre o efeito fotoelétrico.

Argumentam que a interpretação correta para o efeito fotoelétrico somente teria sido obtida por Einstein em 1905, ao incorporar a pressuposição de Planck, acerca da descontinuidade da energia da radiação eletromagnética.

Os autores também mencionam que Einstein pressupôs que cada fóton de luz, ao se chocar com o elétron da superfície metálica, transfere-lhe toda a sua energia. Se a energia for suficiente para vencer a atração do metal sobre o elétron, este escapará. Apresentam a equação $h f = W + E_0$ e afirmam que foi denominada de equação da conservação da energia para o efeito fotoelétrico. Acrescentam que essa *ousadia* de Einstein originou o modelo corpuscular para a luz.

Finalizam a seção com a apresentação de um quadro contendo definição do efeito fotoelétrico.

Percebe-se que os autores, ao se remeterem a construção teórica do efeito fotoelétrico, não se remetem aos processos de disputas que se configuraram na construção dessa teorização, notadamente devido a adoção de uma perspectiva corpuscular para a luz, conforme debatido por Kuhn (1978) e outros.

¹⁵⁵ Apresentam uma figura representando a luz incidindo sobre um metal e os elétrons abandonando a superfície deste e, em seguida, esboçam uma definição para o mencionado efeito.

Na seção teórica seguinte, *Efeito Compton*, explanada em meia página do texto, os autores mencionam que, em 1923, Arthur Compton verificou experimentalmente que o efeito fotoelétrico ocorre, não só quando as radiações nas frequências do visível e ultravioleta incidiam sobre a superfície metálica, mas, também quando as radiações são os raios X com frequência f .

Reportando-se a um diagrama, afirmam que Compton incidiu um feixe de raios X de frequência f sobre um bloco de grafite e, como resultado, obteve radiação espalhada com duas frequências distintas, f e f' .

Finalizando, acrescentam que, para explicar as radiações com frequência f' , menor que f , Compton considerou a radiação incidente como sendo fótons com energia $E=hf$, que perdem energia ao se chocarem com os elétrons livres do grafite.

Interpretamos nesse discurso, as marcas de uma postura positivista acerca da construção da ciência, haja vista a primazia das considerações técnico-experimentais em relação às construções teóricas. Assim, repete-se uma perspectiva recorrente a outros livros didáticos, conforme discutido por Amaral (2006).

Iniciando a quinta seção do *Capítulo 51*, Dualidade *onda-partícula*, explanada em menos de uma página do livro, os autores afirmam que alguns fenômenos indicam o comportamento corpuscular da luz, como o efeito fotoelétrico. Acrescentam que toda a luz origina-se de átomos que emitem ou absorvem energia em pacotes denominados fótons. Afirmam que a luz consiste de jatos de fótons, e a luz branca é uma composição de fótons com energias que cobrem toda a faixa do visível.

Os autores acrescentam ainda que, para explicar vários fenômenos a luz deverá ser tratada como onda. Mencionam que, em 1677, Christian Huygens propôs uma teoria ondulatória para a luz, tendo ele verificado que a luz, e outras ondas, deslocam-se em linha reta. Porém, quando passam por fendas de dimensões próximas ao comprimento da onda, difratam-se em outras curvas.

Ainda sobre a teoria ondulatória da luz, acrescentam que essa proposição foi fortalecida em 1801, a partir das experiências do físico Thomas Young sobre a interferência da luz. Assim, os autores indicam os fenômenos de interferência e difração como evidências do comportamento ondulatório da luz¹⁵⁶.

¹⁵⁶ Apresentam uma figura com um esquema de ondas monocromáticas incidindo sobre um anteparo com um orifício, em seguida, alcançando outro anteparo com dois orifícios, logo após incidindo sobre um anteparo, no qual se evidencia a natureza ondulatória da luz.

A partir da explanação anterior, os autores opinam que a luz ora apresenta comportamento ora ondulatório, ora corpuscular. Porém, nunca os dois simultaneamente. Acrescentam que, em 1924, Louis de Broglie formulou a hipótese que esse comportamento dual não se restringe à luz. Em alguns casos, partículas como elétrons, prótons, átomos e outras, também têm ondas associadas. Finalizam, afirmando que, posteriormente, essa hipótese foi confirmada, estabelecendo-se o comportamento dual da matéria.

Acerca da proposição de comportamento dual da matéria, percebe-se que os autores procedem como uma abordagem descritiva, sem considerarem a adoção de uma postura filosófica, tampouco, as contradições existentes entre perspectivas distintas.

Na seção seguinte, *Modelo atômico de Bohr*, os autores afirmam que outra limitação da Física Clássica emergiu com a publicação do modelo atômico de Rutherford, em 1911. Neste, os elétrons orbitavam em torno do núcleo atômico. Porém, de acordo com a teoria eletromagnética, esses elétrons deveriam emitir energia continuamente e se aproximariam gradualmente do núcleo, através de trajetórias espiraladas. Isso inviabilizaria a existência do átomo¹⁵⁷.

Prosseguindo na seção, os autores acrescentam que, em 1913, Niels Bohr resolve a instabilidade do modelo atômico de Rutherford, a partir da proposição de dois postulados. No primeiro, os elétrons girariam em torno do núcleo em determinadas órbitas, nas quais não ocorreria nem a emissão nem absorção de energia; através do segundo postulado, Bohr teria considerado que a energia radiante emitida ou absorvida por um átomo, equivale a um número inteiro de quanta, cada um deles com energia hf . Logo, a variação energética no átomo seria a quantidade emitida ou absorvida. Os autores consideram a variação energética no átomo através da equação $hf = E_e - E_i$ e representam a mesma em um diagrama.

Na sétima seção teórica do *Capítulo 51, Modelo atômico atual*, os autores afirmam que a Física atômica da atualidade teve sua base na teoria de Rutherford-Bohr e que as órbitas eletrônicas foram substituídas por regiões do espaço com maior probabilidade de encontrá-las.

¹⁵⁷ Após essa explanação, remetem-se a um diagrama representando o trajeto do elétron.

Prosseguindo, afirmam que instrumentos como o microscópio de tunelamento possibilitam a visualização indireta dos átomos. Devido às dimensões destes, consideram essa possibilidade como sendo inusitada¹⁵⁸.

Os autores também comentam que o átomo já não é a menor partícula constituinte da matéria e que os aceleradores bombardeando os núcleos atômicos possibilitaram a identificação de partículas ainda menores. Acrescentam que os núcleos estão agrupados em ordem crescente de pesos atômicos, como *léptons*, *mésons* e *bárions*. Também mencionam as antipartículas, cuja maioria possui carga oposta a da partícula.

Em seguida, os autores afirmam que prótons e nêutrons são constituídos por partículas ainda menores, os *quarks*, consideradas as mais elementares do universo, e que a maioria delas vive um breve intervalo de tempo, tendo em vista que, logo após serem criados, se desintegram. Afirmam ainda que as partículas constituídas por *quarks* são denominadas de *hádrons*, a exemplo dos prótons, nêutrons e mésons.

Finalizam a presente seção teórica com uma representação do *nêutron*, em forma de círculo, e outra do *próton*, cada uma com as respectivas partículas elementares em seus interiores.

Percebe-se que os autores procedem com uma abordagem descritiva de uma série de conceitos, sem situá-los no contexto da sua construção, como também sem relacioná-los entre si. Assim, nestes discursos evidenciam-se influências da racionalidade técnica.

Na seção teórica *Princípio da Incerteza*, explanada em menos de meia página do texto, os autores afirmam que de acordo com a teoria clássica, conhecendo-se as condições em que se processa um movimento, é possível, através da resolução de equações, prever a posição e a velocidade de uma partícula para qualquer valor de tempo.

Em seguida, os autores tomam o elétron como partícula em uma órbita em torno do núcleo de um átomo de hidrogênio, afirmando que se poderia calcular a sua velocidade. Contudo, como as órbitas dos elétrons não são definidas, e devido ao comportamento duplo da matéria, tornou-se impossível fazerem-se previsões acerca da posição e da velocidade de uma partícula em torno do núcleo. Afirmam que, a partir desta condição, em 1925, surgiu o *Princípio da Incerteza* proposto pelo físico alemão

¹⁵⁸ No texto, encontra-se uma figura ilustrando um modelo atômico com um núcleo central e elétrons em órbitas circulares em torno do mesmo, porém, não há nenhuma menção relacionando a figura ao texto.

Werner Heisenberg. Argumentam que, de acordo com Heisenberg, não seria possível se conhecer posição e velocidade exatas de uma partícula, simultaneamente. Acrescentam que essa condição não se deve a dificuldades de medição, mas a limitações impostas pelos fundamentos da teoria quântica.

Como decorrência da incerteza, o comportamento das partículas microscópicas é analisado estatisticamente. Logo, invés de se definir a posição de uma partícula, apresenta-se a probabilidade de sua localização, finalizam os autores.

Destacamos que, na abordagem acerca do Princípio da Incerteza, os autores silenciam em relação à adoção de uma postura filosófica adotada por Heisenberg. Isso incorpora à construção da ciência uma postura filosófica empiricista, a medida que se delega ao “construtor” a organização da natureza a partir dos fatos.

Na última seção teórica do *Capítulo 51*, intitulada *Mecânica Quântica*, explanada em menos de meia página do livro, os autores mencionam que a teoria de Bohr foi formulada para explicar o comportamento do átomo de hidrogênio, a qual não pode ser deduzida de teorias anteriormente conhecidas. Acrescentam que, apesar do modelo atômico de Bohr mostrar-se satisfatório para explicar o comportamento do átomo de hidrogênio, não foi satisfatório para explicar a estrutura atômica de outros elementos. Mas, a solução geral para explicar a estrutura do átomo foi proposta através de uma nova teoria - a Mecânica Quântica.

Sobre a Mecânica Quântica, afirmam que esta teoria justifica a distribuição dos elétrons no átomo e prediz, tanto o espectro do hidrogênio, como doutros elementos, e demonstra matematicamente o postulado de Bohr acerca dos estados quantificados de energia.

Acrescentam, ainda, que a Mecânica Quântica incorporou ao modelo atômico de Bohr as idéias da dualidade da matéria, relacionadas com as circunstâncias e com o princípio da incerteza, que estabelece não ser possível a determinação simultânea da posição e da velocidade de uma partícula.

Finalizando a seção, afirmam que no modelo mecânico-quântico do átomo não se considera a trajetória do elétron, mas, a probabilidade da sua localização em uma determinada região. Argumentam tratar-se de uma consequência do *Princípio da Incerteza*, para o qual não é possível a determinação simultânea da posição e da velocidade de uma partícula.

Após as seções teóricas, encontra-se a seção *Aplicação*, que contém uma proposição resolvida. Em seguida, as seções *Atividades* e *Mais Atividades*, com cinco e

seis proposições, respectivamente. Todas as proposições das duas últimas seções foram utilizadas em seleção de acesso a universidades.

Finalizando o capítulo, encontra-se a seção *Física & Cotidiano. Big Bang*. Neste, os autores explanam sobre propósitos da mencionada teoria, proposta pelo físico russo George Gamow.

Interpretamos que, na abordagem da seção *Física & Cotidiano. Big Bang*, os autores buscam contemplar implicações das teorizações apresentadas. Semelhantemente, a seção do final do capítulo anterior, interpretamos as marcas das sugestões contidas nos PCN+ (Brasil, 2002). No entanto, colocada como anexo da abordagem teórica.

O *Capítulo 52, Radioatividade*, é constituído por quatro breves seções teóricas, nomeadas como segue: *Radioatividade natural, Tipos de emissão, Fusão nuclear e Fissão nuclear*.

Na primeira seção, *Radioatividade Natural*, os autores atribuem a descoberta do mencionado fenômeno a Becquerel, quando realizava pesquisas com a fluorescência, em 1896. Afirmam que na época já se conhecia que materiais fluorescentes, quando estimulados por radiações eletromagnéticas, emitiam luz. Acrescentam que Becquerel percebeu que minérios que continham sais de urânio conseguiam marcar chapas fotográficas, mesmo que estivessem cobertas por material preto e os sais estivessem, por muitos dias, na ausência de luz ou doutros estímulos externos.

Na explanação sobre a radioatividade natural, os autores do livro *L₈* contemplam de forma breve, apenas aspectos técnicos envolvidos na construção. Finalizam com uma definição sobre a radioatividade. Na seção teórica seguinte, *Tipos de emissão*, os autores reportam-se a uma gravura representando um dispositivo que possibilita que as emissões dos materiais radioativos sejam analisadas. Após explicarem os procedimentos necessários para a deposição e análise das amostras, os autores mencionam que assim se observa as emissões alfa, beta e gama e explicam algumas das suas propriedades, como também os desvios sofridos a partir dessas.

Interpretamos na explanação da presente seção teórica uma perspectiva descritiva de aspetos técnicos envolvendo o fenômeno em análise.

Iniciando a terceira seção teórica do *Capítulo 52, Fusão Nuclear*, os autores questionam se a energia solar poderá acabar. Argumentam que o princípio da conservação da energia garante que num sistema isolado, a energia final será igual à energia inicial ao processo.

Prosseguindo, afirmam que no interior do Sol ocorrem reações nucleares de fusão, nas quais átomos de hidrogênio se combinam produzindo átomos de hélio: quatro átomos de hidrogênio se fundem em um átomo de hélio, a custo de uma perda de massa que é liberada na forma de energia.

Os autores chamam a atenção ao fato de que a liberação da energia e a não-conservação da massa ferem dois princípios fundamentais das Ciências Naturais. Acrescentam que, em 1905, Einstein formulou a Teoria da Relatividade, mostrando a transformação da massa em energia, e vice-versa. Este princípio poderá ser sintetizado através da equação $E=mc^2$, afirmam.

Concluem a seção afirmando que a energia proveniente do Sol resulta da fusão do hidrogênio e, diminuindo a sua quantidade a cada reação, possibilita se prever a “morte” do Sol.

Ao final da seção encontra-se uma representação esquemática do núcleo de deutério e um núcleo de trítio se fundindo e formando um nêutron livre, um núcleo de hélio e a liberação de uma certa quantidade de energia.

Na seção teórica *Fissão Nuclear*, última do *Capítulo 52*, os autores citam que o mencionado fenômeno é originado da quebra de um núcleo atômico estável, através do bombardeamento do núcleo com nêutrons. Assim, obtém-se dois núcleos atômicos mais leves, dois ou três nêutrons e uma enorme quantidade de energia. Chamam a atenção para uma figura representando um isótopo 235 do urânio sendo bombardeado por um nêutron, originando núcleos de bário e criptônio, raios gama e dois nêutrons. Após a figura encontra-se uma equação representando a reação.

Prosseguindo, os autores afirmam que a grande quantidade de energia liberada nas reações nucleares propicia o aproveitamento da mesma. Assim, destacam a utilização para a geração de energia elétrica, como a utilização bélica. Acrescentam que, nas duas utilizações, a reação se dá em cadeia, explicando o mencionado princípio.

Finalizando, encontra-se um diagrama explicativo representando a geração de eletricidade a partir da energia nuclear, associado ao controle da reação em cadeia no mencionado processo.

Interpretamos que as abordagens dos autores contemplando a radioatividade natural, notadamente sobre a fusão e a fissão nuclear, focalizam apenas os aspectos técnicos dos mencionados fenômenos. Em nossa maneira de perceber, afastam-se da possibilidade de contribuir para que o estudante construa um entendimento mais amplo sobre o contexto da construção das idéias, bem como das aplicações posteriores,

notadamente, o contexto político e social, bem como de outras naturezas, envolvidos nestas ocorrências.

Após a explanação das seções teóricas do Capítulo 52, encontra-se a seção *Aplicação*, contendo uma proposição resolvida. A seguir, na seção *Atividades* encontram-se quatro proposições ao estudante, três das quais utilizadas em exames de seleção de universidades. A seção *Mais atividades* contém seis proposições, as quais foram utilizadas em exames de seleção de universidades, e uma, utilizada no *Exame Nacional do Ensino Médio*.

No livro L₈, as abordagens sobre a Física Moderna localizam-se no final da programação. Nesta explanação, os autores não procedem com uma articulação com os limites da Física Clássica no sentido debaterem o contexto da construção da “nova física”, tal como sugere Gil Pérez e Jordi Solbes (1993). Esta é uma tendência predominante na maioria dos livros aqui analisados. Neste aspecto, interpretamos que os livros L₂ e L₆, tendem a distanciarem-se desta perspectiva.

A perspectiva da abordagem anterior distancia-se da possibilidade de contribuir para o estudante perceber a FMC articulada com várias áreas do conhecimento, bem como todo o ensino da Física (ZANETIC, 2005); que possibilite aos estudantes localizar o conhecimento em uma perspectiva temporal (TORRE, 1998) ou de forma mais abrangente, que o conhecimento seja trabalhado em uma perspectiva emancipatória, tal como defendem os educadores críticos, para os quais o conhecimento não poderá ser trabalhado apenas do ponto de vista técnico (PRESTES, 1995).

Apresentações de aspectos descritivos dos conceitos da Física Moderna, desvinculados do contexto da sua produção, omitindo polêmicas e debates, seguidos de questões utilizadas em exames de acesso a universidades. Interpretamos que neste discurso, encontram-se as marcas da racionalidade técnica.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. J. P. M. **Meio século de educação em ciências: uma leitura de recomendações ao professor de Física**. 2003. 112f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Educação, Universidade de Campinas, Campinas.

ADORNO, T; HORKHEIMER, M. *Dialética do Esclarecimento*. Rio de Janeiro, RJ: Jorge Zahar Editor, 2006.

AMARAL, I. A. Os fundamentos do ensino de ciências e o livro didático. In: MEGID NETO, J.; FRACALANZA, H. (orgs). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas, SP: Editora Komedi, 2006, p. 81-123.

BERNSTEIN, B. **A Estruturação do conhecimento pedagógico: classes, códigos e controles**. Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 1996.

BRANDÃO, H. H. N. **Introdução a análise do discurso**. 8 ed. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação e do Desporto. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais+. Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias - Física, 4 ed, Brasília: 2002.

_____. Orientações Curriculares Para o Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e Suas Tecnologias. v. 2, Secretaria da Educação Básica, Ministério da Educação e Cultura, Brasília: DF, 2006.

BUNGE, M. **Física e Filosofia**. São Paulo: Perspectiva, 2000.

CAMPANARIO, J. M. ? Qué puede hacer un profesor como tú o un alumno como el tuyo con um libro de texto como éste? Una relación de actividades poco convencionales. **Enseñanza de las Ciências**, v. 19, n. 3, p. 351-364, 2001.

CARR, W. **Una teoria para la educicación: hacia una investigación educativa crítica**. Madrid: Morata, 1996.

DE BROGLIE, L. Rayonnement Noir et Quanta de Lumière. *Le Journal de Physique et le Radium*, (série 6), 3, 1922a, p. (422-428).

_____. Sur les Interférences et la Théorie des Quanta de Lumière. Comptes Rendus de L'Académie des Sciences de Paris, 175, 1922b, p. (811-813).

_____. Ondes et Quanta. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 177, 1923, p. (507-510).

FÁVERO, A. A. Racionalidade e educação numa perspectiva habermasiana. In: FÁVERO, A. A.; DALBOSCO, C. A.; MUHL, E. H. (Orgs.). **Filosofia, educação e sociedade**. Passo Fundo, RS: UFP, 2003, p. 13-36.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R.; SANDS, M. *Lectures on Physics*. Massachusetts: Reading, 1965. v. 3.

FREIRE, P. **Extensão ou comunicação**. 33 ed. São Paulo: SP, Editora Paz e Terra, 1983.

_____. **Pedagogia da autonomia**. 33 ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2006.

_____. **Política e educação**. São Paulo, SP: Cortez, 1993.

_____. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo, SP: Paz e Terra, 2001.

GIL D.; SOLBES, J. The introduction of the modern physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**, v. 15, n. 3, p. 255-260, 1993.

_____. **Escola crítica e política cultural**. São Paulo, SP: Cortez Editora, 1987.

_____. **Os professores como intelectuais. Rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. Porto Alegre, RS: Artmed Editora, 1997.

JAMMER, M. *The Conceptual Development of Quantum Mechanics*. New York: MacGraw-Hill, 1966.

KUHN, T. S. *Black-body Theory and The Quantum Discontinuity*. Oxford: Oxford University Press, 1978.

LORENTZ, H. A. A Experiência Interferencial de Michelson. In: LORENTZ, H. A., EINSTEIN, A. e MINKOWSKI, H. *O Princípio da Relatividade*. I Volume. 5ª ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2001a, p (5-11).

MARTINS, R. A. A Dinâmica Relativística Antes de Einstein. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. V. 27, n. 1, 2005a, p (11-26).

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Avaliação do ensino e aprendizagem de física moderna e contemporânea no ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 4., 2003, Bauru. **Atas...** Porto Alegre: ABRAPEC, 2004. 1CD.

- McLAREN, P. L. Teoria crítica e o significado da esperança. Prefácio. In: GIROUX, H, A. (Org.). **Os professores como intelectuais. Rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem**. Porto Alegre, RS: Artmed, 1997, p. (xi-xxi).
- OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; GERBASSI, R. S. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007.
- ORLANDI, E. P. **As formas do silêncio**. Campinas, SP: Editora da UNICAMP, 1993.
_____. **Análise de discurso**. 4 ed. Campinas, SP: Pontes, 2002.
- PÊCHEUX, M. **O discurso. Estrutura ou acontecimento**. 4 ed. Campinas, SP: Pontes Editores, 2006.
- PEREIRA, J. D. **Formação de professores: pesquisas, representações e poder**. Belo Horizonte: Autêntica, 2000.
- PÉREZ, H.; SOLBES, J. Algunos problemas em la enseñanza de la relatividad. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 21, n. 1, p. 135-146, 2003.
- POPPER, K. R. *A Lógica da Pesquisa Científica*. São Paulo, SP: Editora Cultrix, 2007.
- PRESTES, N. H. A razão, a teoria crítica e a educação. In: **Teoria crítica e educação. A questão da formação cultural na Escola de Franckfurt**. 2 ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes e São Carlos, SP: Editora da UFSCar, 1995, p. 83-101.
- SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. Influências histórico-culturais nas representações sobre as estações do ano em livros didáticos de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 1, p. 101-110, 2004.
- SILVA, T. T. da. Currículo como política cultural: Henry Giroux. In: ____ (Ed.) **Documentos de identidade. Uma introdução às teorias do currículo**. 2 ed., 6ª reimpressão Belo Horizonte, MG: Autêntica Editora, 2004b. p. 51-56.
- SILVA, T. T. da; MOREIRA, A. F. B. Sociologia e Teoria Crítica do Currículo: Uma Introdução. In: ____ (Ed.). **Currículo, cultura e sociedade**. 6 ed. São Paulo, SP: Cortez Editora, 1994, p. 7-37.
- STANNARD, R. Modern Physics for the Young. **Physics Education**, Bristol, v. 25, n. 3, p. 132-143, may. 1990.
- TAYLOR, J. F.; ZAFIRATOS, C. **Modern Physics for scientists and engineers**. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- TORRE, A. C. de la. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educacion en Ciências**, v. 2, n. 4, p. 70-71, 1998.

ZANETIC, J. Qual o papel da ciência na formação básica? In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 9, 1991, São Carlos. **Atas...** São Paulo: SBF, 1991.

_____ Física e cultura. **Ciência e Cultura**. v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerações Finais

a) Os Discursos dos Professores

Um dos propósitos gerais da presente pesquisa foi a construção e a interpretação dos discursos de professores de Física, acerca de questões atinentes ao ensino da Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação básica. A partir deste intento, dez professores de Física participaram, individualmente, de uma entrevista semi-estruturada. A partir destas entrevistas, construímos e interpretamos os discursos dos mencionados professores, visando discutir as questões de pesquisa.

Para a construção e a interpretação dos discursos dos professores, nos apoiamos nas pesquisas sobre o ensino da FMC, em referenciais da teoria educacional crítica e da Análise de Discurso da escola francesa.

Salientamos que, na época da realização das entrevistas, todos os professores que participaram da pesquisa atuavam como professores de Física, em escolas estaduais localizadas em uma região metropolitana do Nordeste brasileiro. Os professores haviam obtido formação em Física – modalidade licenciatura – em uma universidade pública, há menos de cinco anos.

A partir das entrevistas, constatamos que, espontaneamente, o ensino da FMC não se mostrou na memória dos professores como uma abordagem primordial para ser trabalhada nas aulas de Física. Quando diretamente questionados sobre o ensino da FMC na educação básica, sete dos professores entrevistados opinaram favoravelmente a proposição. No entanto, as defesas destes professores para o ensino da FMC na educação básica incorporam, predominantemente, preceitos que se encontram em

sintonia com os fundamentos da racionalidade técnica. Nesta perspectiva, distanciam-se da perspectiva de trabalharem a mencionada Física no sentido de contribuírem com a formação da autonomia crítica dos estudantes da educação básica.

Dois dos professores entrevistados relativizaram a importância da introdução da FMC na educação básica. Para um deles, apesar de salientar importância no ensino da FMC, a forma como a mesma é trabalhada em sala de aula, é igualmente relevante. Para outro professor, o ensino da FMC na educação básica é considerado importante, igualmente a outras abordagens, como por exemplo, a música e o teatro.

Um dos professores, mesmo opinando que o ensino de toda a Física é relevante para ser ensinado na educação básica, enfatizou que, devido às deficiências dos estudantes das escolas públicas, a FMC não poderá ser trabalhada neste nível de ensino.

Três dos professores entrevistados não opinaram sobre o ensino da FMC na educação básica. Um deles mencionou que nunca refletiu sobre tal possibilidade; outro mencionou que não possui opinião formada sobre a proposição; um terceiro, além de mencionar que desconhece como proceder para introduzir a FMC na educação básica, também desconhece que o faça.

Interpretamos nos discursos dos professores evidências de que há um descompasso entre a prática desses professores e as sugestões de vários pesquisadores da área de ensino de Física e algumas orientações para o ensino de Física na educação básica existentes nos documentos oficiais brasileiros, produzidos nas últimas décadas.

A partir de entrevistas dos professores acerca das suas formações profissionais, os discursos construídos evidenciam que a introdução da FMC na educação básica ainda não deixou suas marcas no currículo da instituição formadora, tampouco na prática dos professores formadores. Apesar dos professores terem tido uma formação básica que lhes requereu cursarem componentes curriculares que contemplavam a FMC e mesmo alguns deles terem cursado componentes curriculares em outras universidades como “alunos especiais”, não se mostram com autonomia de incluírem a mencionada Física em seus planos de ensino.

A situação anterior parece ir ao encontro da observação de Almeida (2003), quando opina que as recomendações da academia dirigidas aos professores da educação básica não levam em conta as condições de produção destes professores.

Interpretamos que a ausência de autonomia dos professores para incluírem a FMC na educação básica deve-se a forma de apropriação do conhecimento, quando estavam em formação. Ou seja, foram submetidos a um processo formativo que

priorizava à exposição da programação dos livros didáticos do nível superior, associado à resolução de exercícios propostos por estes livros.

Nos discursos dos professores não percebemos que, durante as etapas formativas as quais foram submetidos, tivessem sido oportunizados a reflexões contemplando os aspectos epistemológicos, ontológicos, tampouco prerrogativas de outros campos que constituíram a gênese e o desenvolvimento da FMC, como também algumas conseqüências desta Física para outros campos. Assim, os professores de Física vinculam o ensino da FMC apenas a sua linguagem matemática, desarticulada da complexidade da sua construção teórica e principalmente, das pressuposições incorporadas.

Além disso, não refletiram sobre a possibilidade de trabalharem a mencionada Física em outro contexto, mesmo ciente da diversidade de condições com as quais, provavelmente, se deparariam, haja vista que a modalidade do curso era licenciatura. Evidencia-se uma perspectiva educacional em sintonia com os preceitos da racionalidade técnica.

Como conseqüência da condição anterior, mostra-se a impossibilidade dos professores incluírem a FMC em suas programações de ensino para a educação básica no sentido de contribuir para a construção da autonomia e da emancipação dos estudantes. Uma formação profissional que não contempla, minimamente, especificidades do contexto de atuação dos professores, inviabiliza a possibilidade destes trabalharem na perspectiva de contribuírem para a construção da autonomia e da emancipação dos estudantes da educação básica, empreendam uma práxis pedagógica em sintonia com a práxis comunicativa.

Complementando a perspectiva adotada nas aulas que contemplaram a FMC, igualmente nas avaliações de aprendizagem, o procedimento básico exigido associava-se a repetição do formalismo matemático apresentado nas aulas, mesmo que os futuros professores tivessem tido um entendimento minimamente satisfatório das pressuposições subjacentes. Bastava que devolvessem aquilo que lhes haviam depositado em suas mentes.

Diante dos impedimentos que os professores entrevistados apresentaram, além daqueles interpretados nos seus discursos, no sentido de não introduzirem a FMC em suas programações de ensino, somadas a outras pesquisas realizadas no contexto brasileiro, chamamos a atenção dos formadores de professores de Física. Para a FMC

fazer parte das programações de ensino, em uma perspectiva que vá além da simples repetição do formalismo, alguns aspectos necessitam de uma reflexão mais duradoura.

Certamente, se faz necessário ir além das defesas de introduzir-se a FMC na educação básica, mas, refletir em torno do para que e por que ensinar a FMC no mencionado nível de ensino. Estes questionamentos certamente evidenciarão a urgente necessidade de adotar-se outra racionalidade para a formação de professores de Física, resultando na elaboração de outras abordagens curriculares.

O descompasso entre o que sugerem os pesquisadores e as proposições dos documentos oficiais brasileiros para o ensino da FMC na educação básica, em relação ao real contexto de formação de professores, chama a necessidade de se refletir sobre a sugestão de Lebond (2002) para a urgência de se refletir e compreender a proposições de introdução de determinados conteúdos na educação básica.

b) Interpretação dos Discursos presentes nos Livros Didáticos

Outro propósito da presente pesquisa foi, a partir das nossas questões de pesquisa, construirmos e interpretarmos discursos que permeiam as abordagens sobre a Física Moderna e Contemporânea (FMC) apresentados por oito livros didáticos de Física, utilizados na educação básica brasileira.

Os oito livros didáticos que contempla a amostra estão entre os mais recomendados pelos professores entrevistados.

Constatamos que, de maneira geral, as abordagens sobre a FMC pelos livros didáticos, sejam nas versões compactas, sejam nas versões expandidas, encontram-se no final da programação, após as abordagens sobre a Física Clássica. Em algumas situações, remetem o leitor a capítulos anteriores, porém, não debatem, simultaneamente, os pressupostos de teorizações distintas. Ou seja, nas abordagens contemplando a FMC adotam a perspectiva cronológica para exposição dos conteúdos. Com isso contribuem para que as abordagens sobre a FMC sejam apresentadas sem evidenciar os limites de validade da Física Clássica.

Nas abordagens dos livros didáticos sobre a FMC constatamos algumas similaridades, como por exemplo, a quase inexistência de abordagens da Física Contemporânea. Em todos os livros constatamos abordagens sobre a Teoria Quântica. A Teoria da Relatividade Geral não é abordada apenas em um dos livros analisados. A Teoria da Relatividade Geral, por sua vez, é abordada apenas em dois dos livros, em breves seções teóricas.

Abordagens sobre as Partículas Elementares são contempladas apenas em dois deles, respectivamente em uma secção e em um capítulo. A Física Nuclear é contemplada em capítulos específicos em outros dois livros.

Acerca dos conceitos da FMC contemplados pelos oito livros didáticos, identificamos que nenhum deles contempla a Teoria das Cordas, Caos e outras teorizações pertencentes à Física Contemporânea. Ou seja, as construções teóricas mais recentes da Física não são contempladas pelas abordagens dos livros didáticos.

Interpretamos que essa quase ausência de conteúdos da Física Contemporânea nas abordagens dos livros didáticos distancia-se da possibilidade das aplicações tecnológicas serem contempladas na educação básica, conforme sugerem os documentos oficiais brasileiros.

No tocante as recomendações dos documentos oficiais brasileiros, notadamente para que as abordagens da Física como um todo contemplem as aplicações tecnológicas, no sentido de evidenciar que são resultado de uma construção humana, não deixaram marcas nos livros didáticos analisados. Percebe-se que os autores priorizam as abordagens conceituais, desvinculadas dos determinantes do contexto de produção. Apenas em algumas abordagens pontuais, explicações sobre a FMC encontra-se associadas a aplicações tecnológicas. Mesmo assim, estas explicações, via de regra, seguem os contornos da razão técnica.

O que determina que alguns conteúdos de FMC sejam abordados e outros não nos livros didáticos da educação básica brasileira? Interpretamos que a seleção dos conteúdos da Física Moderna e Contemporânea dos livros didáticos da educação básica é semelhante àquelas dos livros didáticos, classicamente utilizados nos cursos de formação superior. Ou seja, na atualidade, a formação dos autores dos livros didáticos, determina aquilo que deverá ser incluído nos livros didáticos da educação básica brasileira.

Em relação a perspectiva de abordarem a FMC, constatamos ainda que, de maneira geral, os autores fazem explicações teóricas intercalados com exercícios resolvidos contemplando aplicações. Exceções encontram-se apenas em dois dos livros analisados, os quais não trazem exercícios resolvidos ao longo das secções teóricas.

Nos livros didáticos, também se nota uma grande quantidade de exercícios propostos aos estudantes, comumente ao final de cada secção teórica e mesmo ao final dos capítulos. Muitos destes exercícios propostos foram utilizados em exames de seleção para ingresso a universidades, requerendo resposta objetivas, freqüentemente.

No tocante a proposição de exercícios, exceções também são encontradas em dois livros. Um destes contém apenas cinco proposições ao estudante, requerendo destes justificativas para suas respostas.

Interpretamos que a opção dos autores dos livros didáticos em resolverem exercícios ao longo das seções teóricas, como também proporem aos estudantes exercícios que haviam sido utilizados em exames de ingresso em universidades, incorpora o discurso de que o objetivo da ensino médio ainda está no ingresso em universidades, ao invés de uma perspectiva mais ampla para a educação científica, tais como os vínculos com a cultura e a cidadania, conforme propostas de pesquisadores.

A perspectiva de abordagem da FMC que emerge do discurso acima, também contraria a possibilidade de uma educação científica na perspectiva emancipatória, à medida que se alinha com os preceitos da racionalidade dirigida a fins.

Nas abordagens dos conteúdos da FMC nos livros didáticos, via de regra, priorizam as explicações descritivas de uma versão da construção final, elaborada por isoladamente por alguns “gênios” e desprezam o contexto das construções das idéias, notadamente os determinantes políticos envolvidos. Com isso, podem contribuir para os estudantes da educação básica construir uma visão neutra acerca da construção da ciência.

Associadas as explicações descritivas dos livros didáticos sobre a FMC, também percebemos que várias abordagens restringem-se a apresentação de formalismos matemáticos. Este é um aspecto que já foi amplamente criticado, tanto por professores da educação básica, como também por pesquisadores da área de educação em ciências. Mesmo assim, a maioria dos livros didáticos ainda segue tal tendência.

A partir da perspectiva anterior, as abordagens dos livros didáticos sobre a FMC incorporam as marcas da racionalidade técnica.

Interpretamos que as recomendações dos pesquisadores, e mesmos das políticas públicas brasileiras em relação à abordagem dos conteúdos didáticos articulados com as aplicações tecnológicas, os preceitos éticos e culturais não estão sendo privilegiados nas abordagens dos livros didáticos sobre o ensino da FMC.

Interpretamos que a constatação acima é um contra-senso, haja vista a valoração do livro didático no contexto educacional brasileiro, e a crescente expansão de políticas públicas voltadas para este setor. Este é um aspecto que necessita ser revisto

pelos elaboradores dos critérios para seleção de livros didáticos nos programas oficiais brasileiros.

A partir da perspectiva que se delineia acima, sugerimos aos elaboradores de políticas públicas a estabelecerem critérios outros para as avaliações dos livros didáticos, notadamente em relação à FMC. Caso contrário, os livros didáticos de Física destinados ao nível médio de ensino brasileiro continuarão incorporando velhos preceitos nas abordagens sobre a FMC. Com isso, este material didático tão valorizado no contexto educacional brasileiro, para o qual tem sido destinado uma crescente quantia de recursos públicos, continuará na contramão da história.

Anexos

Anexo 1 - Entrevista Com o Professor P₁

Mês da Entrevista	Maio de 2007
Codiname	P1
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	2001.1
Término do Curso	2005.2
Tempo de Atuação	1ano e 3 meses
Séries	1 ^a ; 2 ^a e 3 ^a séries do ensino médio.
Legenda	MA = Maria Amélia P ₁ = Professor P ₁

M. A: Bom, já que diz compreender os meus propósitos e aceita colaborar com os mesmos, gostaria que falasse da sua formação profissional.

P₁: Formação profissional? Como? Não estou entendendo. Seria do meu curso de graduação?

M. A: Sim.

P₁: O que você quer mesmo saber da minha graduação?

M. A: Digamos... Que você fizesse uma avaliação geral da sua formação. O que considera como tendo sido positivo, negativo, lacunas. Uma avaliação geral.

P₁: Lacunas na graduação?

M. A: Sim. Também na graduação. Em sua formação profissional como um todo. Então, que também incluísse comentários sobre a formação ocorrida no período após a graduação.

P₁: Vou começar pelos positivos. Os aspectos positivos... Eu acredito que tive uma boa formação na área de matemática.

M. A: Certo.

P₁: Isso é o que considero como mais positivo.

M. A: Você poderia detalhar essa boa formação em matemática?

P₁: Assim. Nas disciplinas da área de matemática tive bons professores.

M. A: Sim.

P₁: Trabalharam toda a programação e eram exigentes. A gente ou estudava muito ou não passava. Por isso dediquei-me muito.

M. A: Certo. Mas, o que você está considerando as disciplinas da área de matemática?

P₁: As disciplinas de cálculo, equações diferenciais, analítica. Todas do departamento de matemática.

M. A: Entendo. Algo mais?

P₁: Vou falar das lacunas. Uma grande lacuna em meu curso eu apontaria a falta de atividades práticas.

M. A: Falta de atividades práticas. Fale um pouco dessas atividades práticas.

P₁: A falta de experimentos.

M. A: A falta de experimentos foi a principal lacuna em sua formação?

P₁: Isso.

M. A: Explane sobre esse contexto. Fale um pouco dessa falta de atividades práticas.

P₁: Pouquíssimas vezes tivemos aulas usando experimentos. Muito poucas aulas. Neste aspecto foi muito deficiente.

M. A: Mas, você saberia explicar o motivo de terem tido poucas aulas usando os experimentos?

P₁: Eu acho que é porque a universidade não tem laboratórios. Enquanto que na Federal tem muitos experimentos, nós não temos.

M. A: Mas, essa ausência de atividades com experimentos tem implicações nas suas aulas? Nas aulas atuais que você faz no ensino médio?

P₁: Sim. Claro que sim. Totalmente.

M. A: Como?

P₁: Quando você vai trabalhar os conceitos para os alunos, tudo fica muito abstrato.

M. A: Você fala dos seus alunos do ensino médio?

P₁: Sim. Falo desses alunos. Sem experimentos tudo é muito abstrato.

M. A: Então como você destaca a importância dos experimentos?

P₁: Olha, acho que os alunos iriam se interessar mais. Iam ficar mais motivados com as aulas de Física. As coisas não iam ficar tão abstratas pra eles.

M. A: Alunos participariam mais das aulas?

P₁: Isso mesmo. Participariam mais das aulas, aprendiam mais os conteúdos da física.

M. A: E o que o impede?

P₁: Eu queria muito saber usar experimentos com materiais de baixo custo. Assim. Queria saber fazer o experimento e depois usá-lo nas aulas. Seria muito bom pra os alunos.

M. A: Será mesmo que os alunos têm uma melhor aprendizagem dos conceitos quando o professor utiliza experimentos?

P₁: Bom. Desde que o professor planeje direito, acho que sim. Fica menos abstrato. É. A medida que o professor vai colocando os conceitos, o aluno vai vendo as aplicações. É diferente das aulas somente com quadro e giz.

M. A: Mas, por que você não usa experimentos de baixo custo?

P₁: Não aprendi como fazer e nem como usar os experimentos.

M. A: Não trabalharam o uso do experimento didático?

P₁: Isso. Não trabalharam. Totalmente deficiente a minha formação nesse aspecto.

M. A: Você já falou que teve uma boa formação em matemática, apontou uma deficiência. Então fale um pouco mais da sua formação.

P₁: Bom eu era aluno de iniciação científica na área de pesquisa. Então queria fazer o mestrado e comecei fazendo disciplinas como aluno especial na Federal.

M. A: Certo. Mas, o que você diz na área de pesquisa?

P₁: Área de pesquisa é a física mesmo e não educação.

M. A: Educação não é pesquisa?

P₁: Pesquisa? Não. Educação é ensino.

M. A: Entendi. Mas, voltando a sua formação ...

P₁: Tive boas notas nos Cálculos. Fiz Física Matemática, repeti as duas disciplinas de Estrutura da Matéria. Fiz também a disciplina Mecânica Quântica.

M.A: Mas, por que você repetiu as disciplinas de Estrutura da Matéria?

P₁: Ah! Repeti na Federal. Aí aproveitei e fiz as outras.

M.A: Mas, por que você cursou novamente Estrutura da Matéria se já havia cursado a mesma?

P₁: Ah! Lá a gente estuda tudo aprofundado e detalhado. As cobranças eram bem maiores. As cobranças nas provas eram maiores. Assim, a gente é acaba sendo mais bem preparado.

M.A: Você poderia falar como é estudar tudo mais detalhado?

P₁: Todos os detalhes dos conteúdos. É ... Os detalhes das equações, os exercícios. Não ficar apenas na superfície do livro.

M.A: E cobranças das avaliações que você mencionou serem maiores na Universidade Federal? De maneira geral, como que foram avaliados nessas disciplinas que você cursou na Universidade Federal, já que disseste que os conteúdos são explorados com uma maior profundidade teórica? Assim, comparando com as avaliações da Universidade Rural?

P₁: Avaliações... Bom, nas duas, nas duas disciplinas as provas eram basicamente as listas de exercícios.

M.A: Em ambas as Universidades?

P₁: Sim, nas duas. Nas duas eram bem parecidas. As listas de exercícios e as provas ao final de cada unidade e a prova final para aqueles alunos que não alcançaram a média, também. Só que com todo o programa. Mas, a diferença das provas era o nível.

M. A: Você esta se referindo as avaliações das componentes curriculares Estrutura da Matéria, não?

P₁: Sim. A essas mesmo. Na Federal, o nível era mais elevado. Como nas próprias aulas. Pediam os detalhes.

M. A: Voltando as avaliações. As listas de exercícios estavam relacionadas com as provas ou eram muito diferentes?

P₁: Com certeza, muito parecidas com as listas. Se não fossem as listas não dava pra fazer as provas.

M. A: Mas, como elas ajudavam?

P₁: É que as questões da prova eram semelhantes as das listas. Às vezes até bem mais fáceis. Só que a gente tinha uma semana pra fazer as listas e as provas não.

M. A: E as provas sobre a Estrutura da Matéria quando você cursou na Universidade Rural?

P₁: Como assim?

M. A: Você diz que na Federal, faziam provas cujas questões eram bastante semelhantes as das listas de exercícios. E no seu curso regular, quando você cursou Estrutura da Matéria pela primeira vez, como que eram as provas?

P₁: Ah! Na Federal as listas eram maiores e mais profundas.

M. A: Nas duas universidades, a principal diferença entre os cursos de Estrutura da Matéria seria apenas em termos de abordagem mais profunda, é isso?

P₁: Sim. Basicamente apenas isso. Quer dizer, não só isso. Isso faz toda a diferença.

M. A: Ah! Agora entendi. Então gostaria que você falasse um pouco sobre as aulas dos cursos de Estrutura da Matéria. Antes disso para que eu possa me situar. Os nomes das disciplinas eram os mesmos?

P₁: Física Moderna e Estrutura da Matéria na Universidade Rural. Na federal, Estrutura da Matéria I e II.

M. A: Gostaria que você falasse um pouco mais do contexto em que cursastes estas disciplinas.

P₁: Como assim?

M. A: Você já falou das avaliações. Gostaria de saber em termos de conteúdos, seqüência das abordagens feitas nas aulas, das referências bibliográficas utilizadas e recomendadas. Da participação dos alunos. Tudo que você lembrar acerca do contexto das aulas.

P₁: Bom. Eu vou falando e você vai perguntando, senão eu posso não lembrar de tudo, certo?

M. A: Certo.

P₁: O livro básico utilizado era o mesmo. Era o do Eisberg. Estrutura da Matéria. Sendo que na Federal além do Eisberg, também utilizavam o de Física Quântica de Eisberg e outro autor que não lembro.

M. A: Acho que sei. Seria o Eisberg e Resnick?

P₁: Isso. É... Esse é aquele mais volumoso.

M. A: Mas, e os conceitos trabalhados? Você lembra?

P₁: A mesma do livro. As listas eram os exercícios do final do capítulo. Sendo que em uma os mais difíceis. Agora as provas eram outros. Mas, parecidos.

M. A: Certo. Mas e as aulas em si?

P₁: As aulas eram baseadas na seqüência do livro didático. Era a mesma coisa. Só que, como falei antes, na Federal era mais aprofundado, mais detalhado. Aí que usavam outros livros.

M. A: Certo. Mas, daria pra trazer detalhes das aulas de Estrutura da Matéria?

P₁: Detalhes, como?

M. A: Bom, você falou da seqüência dos conteúdos, dos livros adotados. Mas, como o professor abordava esses conteúdos, como interagia com vocês?

P₁: Bom. Eles iam fazendo a exposição dos conteúdos. Utilizavam o quadro e quando a gente tinha dúvida, ia perguntando.

M. A: Aí que seguiam a seqüência do livro?

P₁: Sim, seguiam a seqüência do livro.

M. A: Certo. E as listas? É, você já falou que eram os exercícios do principal livro recomendado.

P₁: Os professores definiam os exercícios dos capítulos. Na Federal sempre acrescentavam outros exercícios de outros livros.

M. A: Bom, em relação à disciplina Mecânica Quântica. Você poderia fazer comentários sobre a mesma?

P₁: Como fiz pra Estrutura da Matéria?

M. A: Sim. Ótimo. Mas, antes que você falasse porque resolveu cursar Mecânica Quântica em outra universidade.

P₁: Eu queria fazer o mestrado.

M. A: Mestrado em Física?

P₁: Sim. Em Física

M. A: Voltando as aulas...

P₁: Bom. As aulas eram baseadas na seqüência do livro adotado.

M. A: Qual era o livro?

P₁: Esqueço. Ele é tão usado. Mas esqueço. Não lembro mesmo.

M. A: Não teria sido o Quantum Mechanics, que um dos autores é o Cohen?

P₁: Ah! mesmo. Agora lembrei. Sempre esqueço. O professor também seguia a seqüência do livro, fazia a exposição dos conteúdos. Também adotava as listas de exercícios com algumas questões de um livro principal e outras questões de outros livros. As provas também eram baseadas nas listas. É, o mesmo esquema adotado em relação às disciplinas que falei antes.

M. A: E o seu aproveitamento no decorrer da disciplina? Você considera que foi satisfatório?

P₁: Considero que foi sim. Claro. Fui aprovado por média.

M. A: Você cursou as disciplinas Estrutura da Matéria I e II, Mecânica Quântica e outras, certo?

P₁: Sim.

M. A: Uma lacuna apontada por você em sua formação foi à ausência de teorizações sobre atividades práticas, principalmente aqueles elaborados com materiais de baixo custo, não?

P₁: Certo. Isso mesmo.

M. A: Gostaria que você comentasse como foi tratada em sua formação básica e também nestas outras que você cursou em outra universidade, a questão do ensino da Física Moderna e Contemporânea na educação básica.

P₁: Física Moderna para o aluno do ensino médio?

M. A: Sim. Com esses seus alunos atuais, por exemplo.

P₁: Acho super importante.

M. A: Certo. Mas fale um pouco, detalhe essa importância.

P₁: Acho super importante. Acho super importante porque são várias as aplicações da Física Moderna. Em várias áreas do conhecimento atual, encontra-se a Física Moderna. Olha, se quiser se compreender a realidade, muitos equipamentos que estão aí no dia-a-dia das pessoas, essas coisas. Tudo tem Física Moderna.

M. A: Você poderia explicar mais um pouco sobre o compreender a realidade?

P₁: A realidade é porque são tantas as aplicações da Física Moderna que já faz parte da vida de todo mundo.

M. A: Com assim?

P₁: Em vários lugares. Em sensores. Nesses do supermercado, nos aparelhos de tv, telefones celulares. Nossa. São tantas coisas estão relacionadas com a Física Moderna.

M. A: Mas, será que esses equipamentos fazem parte da realidade dos estudantes? Dos seus estudantes, por exemplo.

P₁: É. Pensando bem, não. Assim, mesmo que você não tenha esses equipamentos em sua casa, um amigo, um vizinho, alguém conhecido tem. Então não é estranho. Acaba sendo do seu dia-a-dia porque todo mundo fala. Todo mundo sabe que ele existe. Mesmo que o aluno não tenha um celular, ele sabe da sua existência, como funciona. É isso que eu digo que faz parte da sua realidade.

M. A: Então você acha importante que as pessoas compreendam o funcionamento dos equipamentos que estão no dia-a-dia delas?

P₁: Lógico. Claro que sim. Aí você usa e sabe o que está ocorrendo. Aí você usa melhor. Usa com informação. Sabe. Como falei também, mesmo que você não use, alguém sempre fala que usa.

M. A: Pela importância que você está atribuindo à compreensão da Física Moderna, haja vista a presença da mesma em vários equipamentos, essa física está no seu planejamento de ensino, não? Ou seja, você está trabalhando essa Física com seus atuais alunos? Ou mesmo está em seu planejamento?

P₁: Não. Não estou trabalhando a Física Moderna.

M. A: Não? Quais os impedimentos já que, pelo que pude entender, mencionou a Física Moderna como sendo importante? É. Digo a compreensão da Física Moderna?

P₁: Nunca pensei nessa possibilidade.

M. A: Mas, e aqui na escola, não há nenhuma recomendação, solicitação, ou mesmo exigência pela coordenação, pela direção, para que a Física Moderna seja incluída no planejamento? Ou, sei lá, está na programação mínima exigida pela Secretaria de Educação do Estado de Pernambuco?

P₁: Não. A gente que organiza a programação. O próprio professor que define o que vai trabalhar. Claro, respeitando a série.

M. A: Como respeitando a série?

P₁: Por exemplo, você não vai trabalhar um conteúdo do terceiro ano no primeiro, vai?

M. A: Mas, como você define que um conteúdo é pra ser trabalhado em uma série específica do ensino médio? Digamos no primeiro e não no segundo ano?

P₁: Pela própria seqüência do livro didático.

M. A: Nos livros didáticos comumente a eletricidade, por exemplo, sempre está no volume 3 dos livros, dos livros do ensino médio.

P₁: Acho que em todos os livros.

M. A: Então, você nunca trabalharia no segundo ano, por exemplo.

P₁: Não, eletricidade não. Quer dizer, trabalharia se acabasse todos os conteúdos do segundo ano aí ia avaliar se revisaria o assunto ou se ia logo começar a programação do terceiro ano que é extensa. Mas, cumprir toda a programação é impossível com duas aulas de Física por semana.

M. A: Já que a você toma como base a programação dos livros didáticos para a elaboração do seu plano de curso, qual é o livro que você usa como referência? Ah! Você também Vaz outros usos do livro didático na preparação das suas aulas, ou mesmo na aula em si?

P₁: Bom, não uso um livro apenas. As vezes sobre um assunto um livro tem uma seqüência mais ininteressante, assim, mais clara. Em outro assunto, já não é mais confuso. Então prefiro não usar um livro só.

M. A: Mas você teria um livro que é mais usado por você?

P₁: Gosto muito do livro do Ramalho. Uso outros, mas ele é o principal.

M. A: Além da sequência adotada pelo livro didático, o que mais você utiliza dos livros nas aulas de física?

P₁: Eu uso os exercícios e principalmente os exemplos. Sempre procuro nos livros a contextualização dos conteúdos. Por isso não fico apenas em um livro, porque nem sempre um único livro traz exemplos contextualizando todos os conteúdos.

M. A: Quais as séries que você trabalha?

P₁: Com todas as séries do ensino médio. Agora, esse ano concentrei minhas aulas em um único turno. Assim fica melhor pra estudar.

M. A: Estudar?

P₁: Sim. Estou fazendo o mestrado em Física. Trabalho com ótica. No ano passado, como cursei algumas disciplinas com aluno especial. Este ano estou como aluno regular.

M. A: Tudo bem. Voltando ao ensino da Física Moderna e Contemporânea. Como que você percebe a possibilidade de introduzir a mesma em suas aulas?

P₁: Nessa escola? Nas minhas aulas?

M. A: Sim, exatamente nesta escola, com os alunos que você estava trabalhando alguns minutos atrás?

P₁: Primeiro. Temos muitos conteúdos e pouco tempo. Não vejo como. Não vejo como fazer isso. Normalmente a gente sabe que começa com a mecânica, mas onde vai terminar, o que vai avançar, é imprevisível. Às vezes a gente chega no terceiro ano e não conclui a parte de Mecânica. Além da programação em si, existem aquelas turmas que não tiveram professor de física. São muitas coisas.

M.A: O que você denomina pouco tempo?

P₁: Temos duas aulas semanais de cinquenta minutos cada. Não há tempo suficiente. Não consigo trabalhar nem a Física Clássica. Então, trabalhar a Física Moderna não dá. Simplesmente impossível.

M.A: Ou seja, o fator tempo é o principal impedimento para se trabalhar a Física Moderna no atual contexto?

P₁: É. Não dá nem pra pensar.

M.A: Vamos idealizar. Digamos que o tempo fosse aumentado? Digamos que ao invés de duas aulas semanais, quatro ou seis. Uma quantidade para se trabalhar todo o seu planejamento, certo?

P₁: Certo.

M. A: Quando e como você faria a introdução da Física Moderna em suas aulas?

P₁: Com certeza depois de todos os conteúdos do volume três. Aí eu ia trabalhar na sequência o volume um, volume dois e depois do volume três. Com isso, já no último ano, o aluno ia ter base para que a Física Moderna fosse trabalhada.

M. A: Ou seja, após a conclusão de todos os conteúdos da Física Clássica? Ou o meu entendimento está equivocado?

P₁: Com certeza. Depois de toda a Física Clássica. Você está entendendo certo. Assim mesmo.

M. A: Então no último ano?

P₁: Sim, no último ano. Mas, com a carga horária atual, é impossível.

M. A: Então você não vê a possibilidade de trabalharem-se conteúdos da Física Moderna e Contemporânea ao longo dos três anos, ou mesmo no último ano com o tempo disponibilizado para as aulas de Física?

P₁: Sem possibilidades. Não tem condição. A gente não consegue nem trabalhar a Física Clássica. Sem falar nas deficiências que os alunos chegam ao ensino médio.

M. A: Façamos o seguinte. Deixemos o impedimento do tempo e todos os outros impedimentos também. Se você fosse solicitado a elaborar um planejamento contemplando a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.

P₁: Sim.

M. A: Você já mencionou que seria ao final do curso. Mas, como seria sua abordagem, quais os principais propósitos que você egeria para serem contemplados, quais as possíveis estratégias que você utilizaria para trabalhar a Física Moderna?

P₁: Olha. Não tenho como dizer agora. Precisaria de um tempo pra pensar.

M. A: Mas, você não daria alguma sugestão? Qualquer uma. O que te vem na cabeça de imediato? Apenas possibilidades, depois você poderá reconhecer que não são essas as melhores estratégias.

P₁: Olha. Como falei Não tenho como dizer agora. Realmente preciso de um tempo. De um tempo pra pensar em tudo isso. Pela formação do aluno não vejo como. Isso não é só os alunos das escolas públicas, que infelizmente a gente sabe que não é uma boa formação. A gente sabe disso. É a realidade. Até mesmo nas melhores escolas particulares, acho que não tem com se ensinar Física Moderna. Os alunos não compreendem o formalismo matemático que é muito abstrato para eles. Eu não vejo como trabalhar aquele formalismo matemático no Ensino Médio. Eu não tenho uma resposta pra essa situação, porque é muito nova pra mim. É totalmente nova.

M. A: Formalismo matemático?

P₁: Sim.

M. A: Você poderia explicar esse impedimento do formalismo matemático para se introduzir a Física Moderna no ensino médio?

P₁: Simples. Não dá pra você trazer aquele formalismo matemático da Física Moderna para o ensino médio. Veja Quântica, por exemplo. Como trabalhar uma função de onda com os alunos do ensino médio? Ele não sabe nem o que é uma grandeza complexa. Que eu saiba, isso não é trabalhado no ensino médio. É isso. É muito abstrato pra eles.

M. A: Como que a necessidade ou possibilidade de introdução da Física Moderna e Contemporânea foi tratada durante a sua formação? Digamos nas disciplinas relacionadas que você cursou, como também nas outras? Digo em Prática de Ensino...

P₁: Na graduação?

M. A: Sim

P₁: Olha... Física Moderna no ensino médio. Trabalhar a Física Moderna com os alunos do ensino médio, os professores das disciplinas pedagógicas não falaram não.

M. A: O que chamamos de disciplina pedagógica?

P₁: Disciplinas pedagógicas? Disciplinas pedagógicas são aquelas disciplinas que ajudam como ensinar os conteúdos?

M. A: Como assim? Poderia especificar?

P₁: Didática, Prática de Ensino, é... São todas as disciplinas oferecidas pelo departamento de educação.

M. A: Mas, como você denomina as disciplinas que não são ofertadas pelo departamento de educação?

P₁: São as disciplinas específicas.

M. A: Por exemplo.

P₁: Estrutura da Matéria, Eletromagnetismo, Cálculo. Todas essas outras do departamento de Física ou do departamento de Matemática.

M. A: Tudo bem, agora entendi. Mas, voltando à pergunta. E os professores do departamento de física, aqueles com os quais você cursou Estrutura da Matéria I e II em uma universidade e equivalentes em outra, como trataram das possíveis abordagens da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

P₁: Não, eles trabalhavam os conteúdos. Essa coisa de como deve ensinar foi no departamento de educação. Mas, sobre como ensinar a Física Moderna no nível médio, ninguém falou. Nem mesmo nas Práticas de Ensino.

M. A: Em nenhum momento?

P₁: Em nenhum momento.

M. A: Uma hipótese. Será que não fizeram alguma abordagem, digamos, durante um período que você necessitou se ausentar das aulas? Sei lá. As vezes, o aluno falta uma ou duas semanas de aula e se a abordagem de algo foi rápida... Ele nem acaba sabendo. Será que não pode ter sido isso.

P₁: Com certeza não. Eu faltei muito poucas aulas. Muito poucas mesmo. Mesmo assim, antes da aula seguinte, acompanhava tudo dos colegas. De vários, não era de um só não. Então. Assim, tenho certeza que não falaram nada sobre o ensino da Física Moderna no ensino médio.

M. A: Tudo bem. Isso que coloquei foi apenas uma possibilidade. Eu não estou querendo colocá-lo na condição de aluno displicente, ou sei lá ...

P₁: Certo. Entendi. Eu entendi.

M. A: Bom. Você diz que não teve formação que lhe possibilite introduzir a Física Moderna e Contemporânea da educação básica.

P₁: Sim

M. A: Quais as outras dificuldades que você apontaria em sua formação e atualmente dificultam a sua prática, a sua atuação em sala de aula?

P₁: Nossa. São tantas. São tantas as dificuldades que encontro na minha atuação. A universidade em si não conhece a escola. A universidade é muito distante da escola.

M. A: Que realidade?

P₁: Dessa realidade aqui da escola. Dos problemas que encontro aqui. Dos que estão no dia a dia. Cada um é mais, digamos assim, cada uma traz mais impacto que o outro. E na minha formação eu não sabia, acho que ninguém sabia. Na universidade os professores não conhecem isso. Parecem que falam de um outro mundo, de outro aluno, de um outro lugar

M. A: Fale mais um pouco acerca deste falar de um outro mundo.

P₁: A maneira como os conteúdos são tratados, não dá pra trabalhar no ensino médio. Com os alunos do ensino médio. As sugestões são feitas pra outros alunos, não os alunos reais que encontro aqui. Assim, para os alunos que encontro na escola pública, nessa que estou trabalhando agora. Acho que não é diferente das outras, das tantas outras que têm por aí.

M. A: Você está dizendo que a universidade não conhece o estudante do ensino médio ou da educação básica?

P₁: Isso mesmo. Quer dizer, não só o estudante, mas outras coisas... Todas as condições que envolvem a escola.

M. A: O estudante e outras coisas. O que são essas outras coisas?

P₁: Primeiro as dificuldades do próprio ambiente de trabalho. Não temos biblioteca, não temos nenhum material, o aluno não tem acesso a internet. O próprio salário do professor que, tem que trabalhar em vários lugares ou fazer outra coisa. Tem mais... querem responsabilizar o professor pelo desinteresse do aluno, essas coisas. As vezes, o aluno não tem base nenhuma, não tem interesse e o professor é sempre o responsável.

M. A: Não tem base nenhuma, como assim?

P₁: Não ter base, é por exemplo, um aluno chega ao terceiro ano como se nunca tivesse estudado Física. Eu não posso resolver esse problema. Não tenho como.

M. A: Mas seria o aluno culpado?

P₁: Não, claro que não. O aluno é apenas uma vítima. Assim como eu. É exatamente isso que quero dizer. Acho que achei a palavra. A universidade procura um culpado e sempre é o professor do ensino médio. Eu digo não é nem o professor, nem o aluno do ensino médio. Somos vítimas. O problema é mais amplo e a universidade não percebe.

M. A: A universidade, como assim? A universidade quem?

P₁: Os professores. Pelo menos aqueles com quem estudei.

M. A: O problema é mais amplo. Como e onde você localiza o mesmo?

P₁: Sinceramente, estou percebendo na prática. Nunca havia pensado nisso antes, durante o curso. Só sei que não é culpa dos alunos e dos professores do ensino médio. Mas também, não sei exatamente onde está. Acho que nos políticos que falam tanto em educação e sempre deixam a mesma de lado. Na Secretaria da Educação que na verdade é só burocracia. Se o aluno esta em sala de aula e é aprovado, a direção da escola não quer nem saber. Não há interesse de ninguém. É um conjunto de coisas e ninguém sabe quem é responsável.

M. A: Naquele nosso primeiro encontro você falou-me que havia concluído a sua formação em no final de 2005, ou seja, menos de dois anos. Agora gostaria que comentasse quanto iniciou o curso, comentasse sobre o seu tempo de atuação em sala de aula, mesmo que antes da conclusão do curso. Quanto tempo nesta escola aqui?

P₁: Bom. Comecei o curso no primeiro semestre de 2001 e terminei em 2005. No segundo semestre de 2005. Bem no final do ano de 2005. Agora no início de 2006, em março exatamente, comecei a trabalhar aqui nesta escola como contratado e o contrato era válido até o final do ano. Prestei concurso e agora em fevereiro deste ano fui convocado pela Secretaria de Educação. Como havia optado para atuar nesta área, já pensando nesta escola porque já era conhecida, então optei em ficar aqui.

Anexo 2 - Entrevista Com o Professor P₂

Mês da entrevista	Maio de 2007
Codínome	P ₂
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	2001.1
Término do Curso	2005.2
Tempo de Atuação	1 ano e 3 meses
Séries	1 ^a ; 2 ^a e 3 ^a séries do Ensino Médio
Legenda	MA = Maria Amélia P ₂ = Professor P ₂

M. A: Bom. Iniciando, eu gostaria falasse acerca da sua formação.

P₂: Da minha formação?

M. A: Sim. Da sua formação como professor de Física.

P₂: Como? Como assim?

M. A: Atualmente, você está atuando como professor de Física. Logo, que comentasse como ocorreu a sua formação. Comentasse sobre os aspectos que avalia como positivos no sentido de contribuírem para a sua melhor atuação e aspectos que considera que tenham sido insuficientes em se tratando da formação de um professor de Física. Que falasse, principalmente, daquilo que avalia como muito importante para as aulas de física e ser trabalhado pelo professor.

P₂: Bem. Analisando a minha formação, mesmo sendo um curso de licenciatura... Assim, licenciatura, o que a gente pode perceber na grade, na grade curricular da época, é que as disciplinas técnicas, a quantidade de disciplinas técnicas, era muito maior que as disciplinas, digamos assim, pedagógicas. As disciplinas técnicas, a quantidade era bem maior. Então, uma coisa que acontecia muito com as disciplinas da área de pedagogia é esse tipo de cobrança atual acerca da contextualização. É o como fazer essa integração entre o conhecimento científico e o dia a dia do aluno. As vivências dele, a experiência dele, o dia a dia dele, levando em conta o lugar que ele mora, a comunidade, a própria casa dele, enfim... Porque é uma grande variedade de realidades, digamos assim... . Tem aquela questão também. É. As vezes o menino é tão pobre que não tem, assim, o que comer em casa, aí vai pra escola pra se alimentar. Aí fica difícil fazer aquela ponte com o ensino de ciências. Sabe, assim. Por que eu vou me interessar em aprender ciência se eu só venho pra escola realmente pra fazer aquelas refeições que eu não tenho em casa? Realmente, é meio difícil trabalhar esse tipo de realidade. Realmente isso é difícil. Pelo menos assim, durante esse tempo uma coisa que eu pude, pude perceber, até em uma disciplina que eu fiz, a Prática de Ensino II que foi em uma escola pública, no subúrbio, certo. É. Tinha esse tipo de realidade. Era gritante. Isso era muito fácil de perceber. Sabe, até o momento, o que eu posso lembrar é isso.

M. A: Esclareça-me o que considera como disciplinas técnicas e disciplinas pedagógicas?

P₂: Disciplinas pedagógicas são aquelas do departamento de educação. Disciplinas técnicas são as disciplinas de conteúdos.

M. A: Você falou que há uma cobrança muito grande para se trazer para o contexto educacional, questões do cotidiano.

P₂: Isso

M. A: De quem é essa cobrança?

P₂: Eu acredito que isso vem é ... Acho que por parte do governo federal dentro de instituições de ensino. Até porque existem normas que regulamentam esse tipo de coisa... que mostra o caminho como esse processo pode ser feito. Mas, mesmo dentro da graduação, a cobrança das disciplinas técnicas eram muito maiores que as das próprias disciplinas pedagógicas. Porque em certos momentos acontecia que certas provas que a gente tinha nas técnicas, os professores das pedagógicas abriam um pouco a mão no processo. Se bem que nos estávamos com uma preocupação maior nas disciplinas técnicas, onde o índice de reprovação sempre é muito alto que com relação às disciplinas pedagógicas. Então existe essa lacuna.

Existe essa dificuldade de como trabalhar, assim o contexto. Como trabalhar o dia a dia? Como trazer para o dia a dia, como trazer para a realidade do aluno isso. É difícil, principalmente dentro da área de ciências em especial. Assim, o professor com várias turmas, com vários alunos. Teria que ser mais trabalhado nesse sentido.

M. A: Abordagens relacionando o cotidiano dos estudantes com os conteúdos da ciência deveriam ser mais trabalhados durante a formação de um professor de Física, é isso?

P₂: Sim

M. A: Deveriam ser mais trabalhados por quem? Digamos (pausa)... Quem deveria aprofundar essa abordagem?

P₂: Os professores das disciplinas pedagógicas.

M. A: Poderias explicar o que seria esse aprofundamento?

P₂: Na verdade nem sei se seria aprofundamento. Ou se teria algo mais.

M. A: Como?

P₂: Vou tentar explicar. É que os professores das disciplinas pedagógicas dizem o que é preciso fazer sem conseguir dá nenhum exemplo de como fazer. Tipo: é preciso considerar a realidade do aluno, é preciso relacionar a ciência com os conhecimentos do aluno ... Mas, como fazer isso ensinando os conteúdos de física aqueles alunos de escola pública, por exemplo? Isso não fazem. Isso os professores das disciplinas pedagógicas não fazem.

M. A: Você mencionou que no contexto da universidade, os professores das disciplinas ditas pedagógicas exploram muito a necessidade de trabalhar-se no nível médio a ciência relacionada com o cotidiano do aluno, apesar das abordagens dos mesmos serem superficiais. Mas, na escola, vamos dizer no contexto dessa escola em que você trabalha, alguém faz esta cobrança ou mesmo orienta para que a Física sejam associados com questões do cotidiano dos estudantes?

P₂: Olha. Aqui na escola não. Nunca conversei com ninguém a respeito. Se realmente isso acontece, se existe algum treinamento, capacitação dos professores neste sentido. Realmente eu não sei se realmente isso acontece. Ou melhor, não acontece porque participo de tudo.

M. A: É... você colocou a possibilidade de vincular a ciência com o cotidiano do aluno como uma lacuna do seu curso, apesar dessa possibilidade ter sido requerida por vários professores das disciplinas que chama de pedagógicas.

P₂: Sim

M. A: Mas, você tem convicção de que uma abordagem contemplando aspectos do cotidiano dos estudantes melhoraria a sua atuação enquanto professor de física e a participação dos estudantes?

P₂: Sinceramente, como falei antes. Diante do contexto de muitas escolas públicas, das condições dos estudantes, eu tenho dúvida se isso mudaria muita coisa. Se realmente os alunos estão interessados nisso.

M. A: Mais um outro aspecto que avalia como lacuna na sua formação?

P₂: É... Não. No momento, só esse.

M. A: Agora, quais os aspectos positivos que você destacaria na sua formação?

P₂: Se quiser dá uma pausa para tentar refletir um pouquinho...

M. A: Não. Pode refletir, ... eu aguardo. Fique a vontade.

P₂: Ah! Posso?

M. A: Não tem problema não.

P₂: Pelo menos dentro da minha realidade, dentro do que, digamos assim, o que eu mais me preocupei... até porque quando eu comecei a cursar a licenciatura, eu nunca pensei que eu poderia depois está trabalhando com pesquisa...foi uma coisa sutil. Na época, com os amigos, quando eu fiquei sabendo da disponibilidade de bolsas e tal. Assim, eu nunca tive interesse. Entre os amigos, com companheirismo, como eu tinha boas notas, o currículo era bom. Então eu disputei uma vaga e terminei entrando. Realizei um trabalho de dois anos e meio com iniciação científica dentro desta área prática mesmo. Dentro da ótica não linear.

M. A: Sim

P₂: Então... Assim isso me chamou mais atenção do que o próprio contexto do trabalhar com licenciatura e trabalhar com educação. Isso criou um desvio e devido às circunstâncias eu comecei a me interessava mais por ciência, das suas aplicações do que por educação. Pelo menos naquele momento, certo?

M. A: Certo.

P₂: Apesar de eu gostar de trabalhar com educação. Tenho interesse com educação. Sempre que posso estou na sala de aula. Tenho interesse em trabalhar com educação. Por exemplo, dentro da minha realidade, posso ressaltar como aspecto positivo foi justamente essa oportunidade, pelo menos dentro da minha realidade. Já prá outros colegas, tiveram mais oportunidade trabalhando com educação que trabalhando com a ciência em si. Então para eles a realidade é diferente. As perspectivas são totalmente diferentes.

M. A: Sim. Aí você trabalhou durante a sua graduação com ótica na linear?

P₂: Isso

M. A: Mas, foi na UFRPE?

P₂: Foi. Foi no laboratório que tinha sido trazido por um professor de Maceió, certo. Ele tentou se instalar na UFPE, mas não conseguiu. Então como lá havia espaço, ele instalou o laboratório dele. Só que ao terminar o curso de graduação, eu entrei no mestrado. Só que mudei totalmente de área. Por uma questão de oportunidade, entrei em Física dos Solos, no Departamento de Energia Nuclear, certo?

M. A: Você cursa o mestrado em?

P₂: Física dos Solos, na UFPE

M. A: Na UFPE?

P₂: Sim. Departamento de Energia Nuclear da UFPE.

M. A: Ah! Na Energia Nuclear?

P₂: Isso.

M. A: Certo. O que mais você destacaria como aspecto positivo da sua formação?

P₂: A possibilidade de cursar disciplinas na Federal. Muito positivo.

M. A: Durante a graduação? Ou seja, no mesmo período em que fazia a graduação na UFRPE?

P₂: Sim. Durante a graduação.

M. A: Você lembraria destas disciplinas?

P₂: Foi Física Matemática e Mecânica Quântica.

M. A: Física Matemática e Mecânica Quântica?

P₂: Mecânica Quântica. Sim. Porque na época eu estava, digamos assim, em dúvida se migrava pra outra área ou se continuaria trabalhando com ótica não linear. Então, como pra fazer mestrado havia a necessidade de ter conhecimento nestas disciplinas, até porque elas seriam cobradas na pós-graduação em disciplinas mais específica. E como não tinha em nossa grade, na licenciatura essas disciplinas, então tivemos que nos matricular como aluno especial na UFPE, pra cursar essas disciplinas.

M. A: Você está dizendo que na UFRPE vocês não têm a disciplina de Física Matemática e nem de Mecânica Quântica?

P₂: É. Na grade curricular da licenciatura não tem essas disciplinas como obrigatórias. Podem ser oferecidas, mas, não foi quando precisei.

M. A: Ah! Tudo bem. Sobre a Mecânica Quântica, você recordaria como foram as aulas, as avaliações, é, ... O que você lembra e destacaria da condução da mesma pelo professor ou professores?

P₂: Olha. As aulas eram expositivas. É, aulas bastante tradicionais, eu posso dizer assim. Sempre expositivas. O professor chegava, fazia a exposição, sem se preocupar o que a gente aprendia. Precisava finalizar a programação. O quadro era usado em excesso pelo professor. Assim, muitas equações, muitas definições. A gente sente também a questão da explicação. Por mais que o professor saiba, mas há a dificuldade em transmitir aquele conhecimento. São conceitos totalmente abstratos. Não é uma coisa que você visualiza. Faz parte do micro. E uma coisa totalmente abstrata, certo? Então a gente sentia essa dificuldade em como ele transmitia esse tipo de coisa. Como que ele poderia demonstrar o comportamento da partícula através do spin? É esqueço o nome agora. Quando estava escrevendo as equações tinha um símbolo... não sei se era o bra ...

M. A: O bra e o ket?

P₂: Exatamente. O bra e o ket. Demonstrar esse tipo de coisa. A disciplina se resumia nisso. Mas, sinceramente, ainda não entendo direito. Quer dizer, entendo, sei fazer as questões. Não entendo assim, a relação com a Física. Física não é natureza? É isso que eu não entendo. E as provas, agora as provas eram extremamente técnicas. Pra tentar reproduzir na prova o que era feito é, certas deduções, algumas contas, coisa dessa natureza. A disciplinas se resumia nisso e as provas eram extremamente técnicas.

M. A: Provas técnicas, como assim? O que você chama por provas técnicas?

P₂: Provas com perguntas que você não entende bem. Mas, é só repetir um esquema parecido de outra questão. Assim, da lista de exercício, de uma questão já resolvida do livro. Assim.

M. A: Entendo. Isso foi na UFPE? Em Mecânica Quântica?

P₂: Na UFPE.

M. A: Lembra dos livros texto mais utilizados?

P₂: Lembro que o Cohen foi extremamente utilizado. Tinha outro também... Foi menos utilizado, em alguns momentos que o professor percebia que faltava no Cohen esse outro complementava. É... Infelizmente, não estou conseguindo lembrar.

M. A: Então, você ... você colocou que as aulas eram extremamente técnicas.

P₂: Isso. Extremamente técnicas.

M. A: Seu ponto de vista...ou seja, você como aluno, como você acha que essa disciplina deveria ser trabalhada?

P₂: Dentro da minha opinião como aluno eu acho muito difícil. Assim, na realidade, eu acho difícil. Pelo menos, até o momento pode ser até que exista. Mas, eu não conheço, eu não conheço, assim, uma forma

mais didática de trabalhar aquela disciplina, assim, a nível de 3º grau. Ou até mesmo na pós-graduação que é trabalhada também da mesma forma. Não sei como pode ser melhorada aquela disciplina. Até também pela questão de como foi feita, como transcorreu a formação daqueles professores, já que quando eles estudaram, quando eles eram alunos da graduação, certo, foi trabalhado da mesma forma com eles. E os mesmos estão repassando da mesma forma como tiveram aquele tipo de conhecimento. Então estão ruminando cem por cento. Como transpor aquele conhecimento ali das equações para ao dia a dia? Realmente não sei se existe. Eu desconheço. Não sei se existe ou se não existe. Acho muito difícil. Realmente, muito difícil. Até eu como aluno não sei como isso pode ser melhorado. Pelo menos eu não sei.

M. A: Ou seja, é... a título de exemplo, para melhor entendê-lo.

P₂: Sim

M. A: Se dissessem pra você: Olha, elabore um planejamento. Por que muitas vezes a gente faz críticas ao professor e não consegue dizer se poderia ser de tal e tal maneira. Se dissessem pra você, elabore uma proposta para a disciplina de Mecânica Quântica. Pelo que entendi você coloca que no momento não teria pistas de como elaborar?

P₂: Nenhuma pista

M. A: Por outro lado você assegura que foi trabalhada de uma maneira extremamente técnica.

P₂: Sim

M. A: Bom, o que mais você apontaria como lacuna no seu curso? Ou seja, questões que são exigidas ou requeridas na prática, no contexto educacional atual e não foi trabalhado na sua formação?

P₂: Olha. É ...pelo menos, em meu ponto de vista, esse curso de licenciatura tem que ter, tem que ter mais aulas práticas. Creio que, é tem que haver, digamos assim, um equilíbrio entre disciplinas técnicas e disciplinas pedagógicas, certo? Tem que haver uma melhor formação do professor nesse sentido. Até porque devido as cobranças com relação às questões, digamos dos PCNs, das normas curriculares, esse tipo de coisa, se não me engano PCNs, não é? Vários e a questão da contextualização... Acho que o professor tem que ser melhor formado nesse sentido. É, ficou a desejar esse tipo de coisa. É se o curso é licenciatura você tem que ter mais aulas práticas. Tem que ter mais contato com o aluno. Você tem que saber interagir e trabalhar melhor com o aluno.

M. A: Aulas práticas? O que seriam essas aulas práticas?

P₂: Eu digo assim, por exemplo. O meu curso na época, a dois anos atrás quando conclui, nos tínhamos apenas Prática de Ensino I e II.

M. A: Certo. Mas, quando foi a época do início e do término do seu curso?

P₂: Comecei o curso na primeira entrada de 2001 e terminei no final de 2005.

M. A: Agora, quanto as Práticas de Ensino, qual o período que eram oferecidas?

P₂: Duas práticas de Ensino no final do curso.

M. A: Nos dois últimos semestres?

P₂: Sim. Nos dois últimos semestres. Se durante os outros quatro anos, a quantidade de disciplinas técnicas que nos tivemos, ou até mesmo aquelas disciplinas de psicologia que fazem parte, que fazem aquela conexão com as disciplinas pedagógicas certo? Eu acho que poderia haver, digamos, uma melhor distribuição neste sentido. Mas um horário como sendo de disciplinas práticas que o aluno poderia ter como cursar aquela disciplina, não chocando com o horário dele na Universidade. Por exemplo. Se o curso é noturno, ele poderia se matricular na disciplina pra dá aula prática à tarde ou pela manhã, durante algumas horas. Mas, que demorasse mais tempo, no curso o aluno tivesse mais contato, mais contato com a realidade da escola.

M. A: Teria que está mais inserido na escola, digo ficar na escola mais tempo?

P₂: Isso

M. A: Então você fala que isso só ocorreu na Prática de Ensino...

P₂: No final do curso.

M. A: Ao final do curso? Aí realizaram contato com as escolas do Ensino Médio ou Fundamental?

P₂: Meu caso, meu caso mesmo foram aproximadamente uns três meses, umas duas vezes por semana.

M. A: Ou seja, durante três meses, duas vezes por semana, em média você ia até a escola?

P₂: Isso na prática de ensino II. A Prática de Ensino II foi quando a gente teve, digamos assim, tempo pra cair em campo, procurar uma escola, ser aceito para que pudéssemos trabalhar com o professor.

M. A: E a Prática de Ensino I?

P₂: A Prática de Ensino I era feita dentro da própria universidade.

M. A: Ah! Sim. Mas, como dentro da própria universidade?

P₂: Nós dávamos aulas pra nós mesmos, certo? O professor ficava avaliando. Nós dávamos aulas para os companheiros de classe. Então, querendo ou não, duas disciplinas e apenas em uma, você ia realmente a realidade. Você estava na escola, você estava interagindo com os alunos, sentindo as dificuldades deles, a própria dificuldade da profissão. Esse tipo de coisa.

M. A: Ah! Sim. Então na Prática de Ensino II que vocês faziam o estágio regência?

P₂: Sim. Na Prática II.

M. A: Ok. Agora você havia falado da disciplina de Mecânica Quântica. Essa disciplina você já fez em outra Universidade?

P₂: Sim

M. A: A rigor ela não foi obrigatória pra você?

P₂: Isso mesmo. Não foi.

M. A: Mas quais foram às disciplinas obrigatórias relacionadas com a Física Moderna, durante a sua graduação?

P₂: Relacionadas com a Física Moderna. É... na minha graduação nós tivemos Física Moderna. Física Moderna e Estrutura da Matéria. Física Moderna e Estrutura da Matéria. E na Federal tem Estrutura da Matéria I e II. Só que lá Física Moderna corresponde a Estrutura da Matéria I e Estrutura da Matéria na Federal Rural, corresponde a Estrutura da Matéria II, certo?

M. A: Certo.

P₂: Deixa ver se eu lembro de tem mais alguma. Nos tivemos uma disciplina que infelizmente não está vindo na memória, mas era com relação é... Prática, Prática do Ensino da Física que em algum momento dessa disciplina, o professor tentava trabalhar algo com relação à Física Moderna. Trazendo, digamos assim, os conceitos que estão sendo trabalhados no Ensino Médio, que está sendo cobrados nos vestibulares. Isso já no finzinho da disciplina já.

M. A: Essa disciplina era do departamento de Educação ou de Física?

P₂: Era Departamento de Educação. Tenho quase certeza que era do Departamento de Educação.

M. A: Certo! Você lembra quais foram as discussões, os encaminhamentos que foram feitos?

P₂: Em relação a essa disciplina ou em relação ao ensino da Física Moderna?

M. A: A essa disciplina já que falavam do ensino da Física Moderna.

P₂: Era justamente ele pegava alguns livros do Ensino Médio que já traziam digamos, não lembro agora se eram assim apêndices, digamos assim, que quando você estudava o átomo, as divisões nucleares, esse tipo de coisa era justamente fazendo a ponte com a Física Moderna, a relação sobre a equação da energia, a relatividade de Einstein, $E = mc^2$, os números quânticos, esse tipo de coisa, sabe? E tentava instigar a gente pensar como a gente trabalharia isso. A questão da dualidade onda-matéria. Como fazer pra passar isso pró aluno de ensino médio? Como fazer pra ele abstrair isso? Realmente, porque pró aluno de ensino médio e até pra gente da graduação é uma coisa muito estranha. Pelo menos eu não aceitei logo de cara. Levei um tempo pra fazer essa ponte, essa conexão. Ai eu acredito que com o aluno do ensino médio a dificuldade é bem maior.

M. A: Certo! Você lembraria nessa disciplina algum texto que vocês leram?

P₂: Realmente. Assim, eu lembro que foram alguns textos trabalhados. Os autores eu não lembro. Eram livros do ensino médio. Assim, minha memória não está conseguindo.

M. A: É Normal. Mas, por falar em Física Moderna, como você percebe o ensino da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio?

P₂: Pelo menos de uns anos pra cá. É uma coisa bem recente. Eu pelo menos, pela minha pouca experiência, sabe, eu ainda não tive oportunidade de trabalhar no ensino médio, justamente estas questões de Física Moderna. Logo não posso nem dar um exemplo por experiência própria. Realmente porque eu ainda não tive essa oportunidade.

M. A: Mas, é ... Como é que você avalia a importância de trabalhar a Física Moderna no ensino médio?

P₂: Eu não entendi a pergunta.

M. A: A importância de trabalhar a Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio? Independente da forma.

P₂: Sei

M. A: Como você avalia essa possibilidade?

P₂: Eu acredito que é relevante. Pra mim, e altamente relevante. Até para os alunos terem consciência de que a Física não parou. É. teve grandes contribuições da física do século XX. É a Física Contemporânea. É o que nos temos hoje como tecnologia, justamente que advém dessa física. Com relação a alguns equipamentos, e até mesmo digamos assim, quando a gente passeia no Shopping, né? Esse tipo de coisa prá mostrar que a coisa não é só estudar dentro do laboratório, dentro das Universidades. Que existem outras coisas. Que é justamente trazer o conforto pras pessoas. Que pode ser usado pró bem, mas, que também pode ser usado pró mal, é destrutiva, né?

M. A: Você avalia que é positivo o aluno ter esse conhecimento?

P₂: Eu acho importante

M. A: Você enquanto professor, como avalia a sua formação pra trabalhar a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

P₂: Olha. Pra trabalhar a Física Moderna no ensino médio, eu achei pouco o que a gente viu durante a formação, digamos assim. Pelo menos com relação às disciplinas pedagógicas, eu achei pouco, sabe? Até porque aqui no estado, eu não sei em outros lugares do país, mas aqui no estado vem de aproximadamente dois anos, dois anos e meio pra cá. Então até o momento, ninguém se preocupava com isso. Nem mesmo os professores de química que, com relação a parte de química quântica. Ninguém se preocupava em trabalhar com isso. Agora isso é uma cobrança geral. Dentro da física, dentro da química. Existem pontos entre essas duas disciplinas, existem conexões fortes... Mas eu vejo que dentro da área pedagógica, dentro das disciplinas pedagógicas, essa parte da Física Moderna, como trabalhar com o aluno, foi pouco.

M. A: Cobrança geral para introduzir-se a Física Moderna no ensino médio?

P₂: Sim. Isso mesmo.

M. A: Mas, cobrança geral de quem? Por exemplo, aqui na sua escola, essa cobrança está sendo feita?

P₂: Não. Não assim. Aqui na escola não está sendo feita essa cobrança. Aqui não se preocupa com aprovação no vestibular. A cobrança é porque Física Moderna é cobrada nos vestibulares.

M. A: Quais as séries que você trabalha aqui nesta escola?

P₂: Trabalho com todas três séries no turno da manhã.

M. A: Você mencionou que aqui na escola não há uma cobrança ou uma orientação para se incluir a Física Moderna e Contemporânea na programação de ensino.

P₂: Sim, falei.

M. A: Mas, quanto a programação dos conteúdos, existe alguma programação mínima a ser seguida pelo professor?

P₂: Programação dos conteúdos de Física?

M. A: Sim.

P₂: Não, não existe não. O professor que decide o que vai trabalhar, o que vai considerar como conteúdo.

M. A: Certo. Mas, como você decide o que incluir ou não na programação? Como você seleciona os conteúdos que serão trabalhados em uma determinada série?

P₂: Bom, eu vou seguindo o livro didático. Acho a melhor maneira, porque o assunto fica de acordo com a série que o estudante está e não tem perigo de no próximo ano com outro professor, ou mesmo se o aluno for pra outra escola, o assunto ser diferente e ele não ter pré-requisito.

M. A: Então a sequência da programação das suas aulas é baseada no livro?

P₂: Sim. Pelo livro.

M. A: Além da sequência dos conteúdos, você utiliza o livro didático com outra finalidade para a elaboração das suas aulas?

P₂: Outra finalidade? Utilizo os exercícios do livro didático. Os exercícios pra resolver na sala são os do livro. As questões da prova, as vezes são parecidos com os do livro. Quer dizer, me inspiro nas questões do livro e modifico os valores. Não dá pra ficar criando questões novas, questões originais com o tempo e as condições que a gente tem. Então o livro me ajuda muito nesse sentido.

M. A: Qual o livro que você utiliza na elaboração destas atividades?

P₂: Não uso só um livro. Um livro determinado. Uso alguns livros. Procuo analisar aqueles que disponho e sempre me inspiro em partes de um de outro. Nunca em um só.

M. A: Mas dos que você conhece e fosse classificá-los, qual o que primeiramente recomendaria?

P₂: Com certeza o livro da Beatriz. Apesar dele ser muito avançado pra o nosso aluno, pra o nível do aluno da escola pública, mas gosto muito da exposição dos conteúdos, dos exercícios e também de algumas seções históricas. Acho um bom livro.

M. A: Mudando agora um pouco o foco da nossa conversa. Você poderia avaliar como deveria ter sido a sua formação no sentido de tê-lo preparada para trabalhar a Física Moderna e Contemporânea nas suas atuais aulas de Física? Quais os encaminhamentos? Vou tentar abstrair isso, digamos assim. Como falei, não sei se existem técnicas mais atuais, dentro da área de educação, dentro dessa área pedagógica, mostrando como pode ser trabalhada essa parte de Física Moderna, como ela pode ser exposta, como ela pode ser contextualizada. Como pode ser abordada em sala de aula. Realmente eu desconheço. Talvez até exista. Então eu acho que, é... se existem esse textos que dão um norte neste sentido, é ... que trabalhe essa parte pedagógica dentro da graduação, em um curso de licenciatura ele teria que ser explorado. Tem que ser explorado. Pelo menos é o que eu consigo enxergar.

M. A: É... Mais alguma lacuna em seu curso que você apontaria?

P₂: Mais uma lacuna ?

M. A: Se dissessem: Olha, estamos fazendo uma reforma curricular, naquela matriz curricular que você cursou. Quais seriam as suas sugestões no sentido de que contribuísse para uma melhor atuação do futuro professor de física no contexto da escola?

P₂: Quais seriam as minhas sugestões?

M. A: É.

P₂: Bem, hoje eu não sei como está...

M. A: Digamos que tudo esteja como na época em que você cursou. Afinal, muito pouco tempo que você concluiu a sua formação básica.

P₂: Certo.

M. A: Então o que você sugeriria para ser contemplado ou retirado do curso?

P₂: Bem. Dependendo da disponibilidade, da quantidade de disciplinas, das condições de trabalho que os professores trabalham em uma carga horária maior dentro das universidades federais... Os que se aposentam não correspondem ao número que é contratado para os cursos. Eu vejo que... tudo bem. Na minha opinião, tinha que haver ou um equilíbrio entre as disciplinas técnicas e as disciplinas pedagógicas ou é, digamos assim, um maior número de disciplinas práticas. Digamos assim, as Práticas de Ensino, por exemplo, que se não pudessem colocá-las no horário do curso, que fizesse em um horário diferente. Que você pudesse está em uma escola ou pela manhã ou à tarde e você fazendo sua graduação a noite, certo? Mas, se alguém estivesse interessado em cursar mais disciplinas técnicas, disciplinas que pudesse fazer por fora, dentro da mesma instituição. Não havendo a necessidade de ir pra outra instituição, vendo se há disponibilidade de vagas para aluno especial, pagando taxas, ... é esse o meu entendimento.

M. A: Mas o que te levou a optar e cursar a licenciatura em física?

P₂: O que me levou a fazer licenciatura em física foi justamente a necessidade, digamos assim, de me definir profissionalmente. Porque eu só consegui, digamos assim, que profissão queria seguir, quando chegou a época do vestibular. Porque eu não conseguia me identificar, digamos, com disciplinas da área de humanas, com alguns cursos da área de humanas ou até mesmo da área de saúde. Nem mesmo com a área de exatas. Mas, pelo menos no vestibular, justamente pela amizade com alguns professores de áreas distintas, da área de física, uns mais bem sucedidos, outros menos bem sucedidos é... e que acabei tomando gosto pela questão de ensinar. De trabalhar com pessoas, de interagir com pessoas. Ensinando, passando conhecimento, transmitindo conhecimento. Trabalhar mais como educador. Senso de cidadania, de comprometimento dentro da sociedade. De respeito um pelo outro. Então você pode ganhar através do conhecimento. É uma forma de prazer também. Esse tipo de coisa.

M. A: Tudo bem. Enquanto estudante do ensino médio, você conseguiria destacar o aspecto que você elegeeria como tendo sido mais relevante. Seja nos encaminhamentos dos professores, nas práticas deles?

P₂: Olha. Pelo menos nessa época, ou mesmo na época do pré-vestibular, eu não via esse encaminhamento dos professores. Pelo menos em sala de aula eu não percebia esse tipo de orientação dos professores. Não era visível. Até porque, não sei se devido ao tempo que as aulas tinham que ser dadas ali. Tinha que ser transmitido. Mas, em conversas interpessoais, sobre outras profissões, no contato com os professores fora de sala de aula, na conversa com os professores é que a gente... Mas em sala de aula não.

M. A: Em sala de aula não. Você gostaria de colocar mais algumas coisas acerca da sua formação, que aspectos você considera como sendo relevantes para a atuação do professor?

P₂: Olha. Acho que se for falar mais, vou acabar repetindo o que já falei antes. Acho que tá legal. Certo? Sou iniciante e como iniciante acho que está legal.

M. A: Antes de finalizarmos... Eu ainda gostaria de saber quanto tempo você está aqui nesta escola e se antes de concluir o curso você já atuava como professor?

P₂: Como professor eu estou nesta escola desde fevereiro deste ano. Agora, no ano passado atuei aqui em um contrato até o final do ano. Um amigo meu estava aqui e falou-me que precisavam de um professor de Física. Então fui da Gerência de Ensino e fui convocado. Assim que terminou o contrato e quase em seguida, fui convocado pelo concurso.

Anexo 3 - Entrevista Com o Professor P₃

Mês da entrevista	Maio de 2007
Codínome	P ₃
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	2001.1
Término do Curso	2005.2
Tempo de Atuação	3 anos e 6 meses
Séries	1 ^a ; 2 ^a e 3 ^a séries do Ensino Médio
Legenda	MA = Maria Amélia P ₃ = Professor P ₃

M. A: Gostaria que falasse livremente da sua formação e da atuação como professor de Física.
P3: Minha atuação? Como assim? Não entendi?
M. A: Sim. Da sua atuação como professora de Física na atual escola e também da sua formação como professor de Física.
P3: Olha. É... Minha atuação na escola. Eu digo que muitas dificuldades. Muitas mesmo. Acho que em tudo.
M. A: Para melhor entende-lo, poderias então detalhar esse tudo? Assim, por partes?
P3: Certo! Vou falando e quando você não entender, é só perguntar, certo?
M. A: Tudo bem. Combinado. Então vamos começar falando dessas suas dificuldades de atuação como professor de Física.
P3: Vou começar pela universidade.
M. A: Tudo bem.
P3: Dizem que é importante a interdisciplinaridade. Que é importante nas aulas associar os conteúdos com os conhecimentos do aluno. Essas coisas que se repete tanto e fica só no discurso.
M. A: O que é fica no discurso?
P3: Ficar no discurso é, é assim. E não aprofundar nada daquilo que fala. É não fazer conexão com a Física, com os conceitos da Física. É assim. Vamos fazer isso, precisa fazer isso e pronto. Não fala das dificuldades de fazer. É tudo muito simples.
M. A: Mas quem diz que é importante. Que é importante a interdisciplinaridade, por exemplo? Quem diz que é importante?
P3: Os professores da universidade. É muitos diziam que a interdisciplinaridade era importante.
M. A: Muitos diziam ...
P3: Muitos não. Aqueles do departamento de educação.
M. A: Mas durante a sua formação os professores diziam que a interdisciplinaridade era importante?
P3: Sim. Durante a formação. E nesses cursos também ainda dizem.
M. A: Certo.
P3: Mas os professores ficam só no discurso.
M. A: Então, em termos de interdisciplinaridade, ou melhor, em se tratando de interdisciplinaridade, o que seria ficam só no discurso? Como que os professores ficam só no discurso? Queria que você me situasse em relação a essa colocação.
P3: Primeiro de tudo. O que é a interdisciplinaridade? Onde começa? Deveriam apresentar ao aluno os fundamentos, da interdisciplinaridade... a origem, o por que da mesma. Em seguida, por que ela é importante? Será que é mesmo? Bom, então, em aula de física, sobre tais conteúdos, através da interdisciplinaridade o professor poderá fazer isso, isso e isso. Proto. Então, o aluno poderia começar a entender se a interdisciplinaridade realmente ia ser importante para uma aula com determinados conteúdos.
M. A: O aluno que você fala, seria o futuro professor de Física?
P3: Isso.

M. A: Pois bem. Assim. Dessa maneira, você não estaria requerendo o passo a passo de uma metodologia a ser seguida? Que o professor que defende o ensino em uma perspectiva interdisciplinar estivesse apresentando uma sequência a ser seguida?

P3: Fundamentação nunca foi passo a passo.

M. A: Não me refiro aos fundamentos da interdisciplinaridade ou de qualquer abordagem, mas mostrar como determinado conceito da Física poderá ser trabalhado, conforme sua sugestão.

P3: Poder até parecer, é... digamos, parecer uma receita. Coisa que a gente tanto critica. Mas não é isso. Seria uma sugestão. Aí a gente começaria a analisar. Depois quem sabe, a gente conseguisse fazer um planejamento, totalmente planejado. Não. Um planejamento fundamentado e não porque alguém sugeriu daquela maneira. Queria poder ter opção.

M. A: Entendo. Mas anteriormente, falastes que ficam apenas no discurso. Entendo que foram seus professores.

P3: Certo.

M. A: Mas todos?

P3: Todos os que têm essa preocupação em falar dessas coisas. Os outros continuam repetindo os conteúdos como estão nos livros. Também é até melhor. Acho até melhor porque não ficam fazendo defesas inúteis do que não sabem.

M. A: Mas quem fala dessas coisas, como interdisciplinaridade, por exemplo?

P3: São aqueles do departamento de educação.

M. A: Mas eles não deveriam falar da interdisciplinaridade ou de outras abordagens?

P3: Primeiro de tudo. Eles deveriam saber daquilo que falam. É ... digamos. Saber com profundidade, saber discutir, fundamentar. Depois, eles não sabem Física.

M. A: Mas, deveriam saber Física os professores do departamento de educação?

P3: Se eu defendo que as aulas de Física sejam, é... Digamos, se eu defendo que o professor de Física desenvolva suas aulas com uma abordagem interdisciplinar, que sejam contextualizadas com as idéias dos alunos, eu tenho que saber um mínimo de Física pra justificar minha defesa. Eu tenho que saber tanto Física quanto tudo aquilo que defendo. Sem isso é apenas enchimento.

M. A: Mas esses professores não fizeram um curso de Física.

P3: Certo. Até dizem que não entendem, que nunca gostaram. Então fossem ensinar e falar aquilo que aprenderam. Se falam da importância da interdisciplinaridade ou de outra coisa nas aulas de Física, deveriam saber muito bem. É isso que eu defendo. Eu não entendo é como alguém defendo que o ensino de alguma coisa é importante, se eu não entendo desse alguma coisa, entende?

M. A: Então você deve ter estudado um pouco pra avaliar que os mesmos não sabem? Especificamente, que eles, os professores, desconheciam os fundamentos da interdisciplinaridade, não?

P3: Não. Não conheço. Não conheço os fundamentos da interdisciplinaridade. Queria assim, saber o que estudar, onde estudar pra entender. Quando tivesse um tempo, ia estudar. Eu conheço quando qualquer pessoa fala sobre alguma coisa e não tem conhecimento daquilo.

M. A: Como assim? Como você conhece?

P3: Vou explicar isso com um professor que fez filosofia. Ele fez o curso de filosofia. Quando falava de alguma coisa, dizia que concordava ou não. Dizia onde leu. Duvidava daquilo. Duvidava do entendimento dele mesmo. Dizia que não tinha conhecimento sobre outras coisas. Falava de vários livros. Confrontava os autores. Comentava também. Ou seja, mostrava que conhecia sobre aquilo que falava.

M. A: Então os demais professores não debatem? Os demais, digo, esses que você se reporta que falam da interdisciplinaridade. Não citam referências assim, como você se reporta ao professor de filosofia?

P3: Não.

M. A: Com não?

P3: Ah! Nunca definem as coisas mostrando onde leu. Se lêem, são umas coisas fracas. Quando a gente lê, quando a gente analisa, não encontra fundamento nenhum, não sabe de onde vem, nem porque. Tudo muito fraco mesmo. Mesmo que nada.

M. A: Voltando um pouco ao início. As dificuldades encontradas em sua prática estão associadas à ausência de fundamentos sobre a interdisciplinaridade?

P3: Não só em relação à interdisciplinaridade. Bem mais. Sinceramente volto a dizer que tenho dificuldades em tudo Na interdisciplinaridade, no uso do experimento. Quando a gente começa a ler alguma coisa, algum artigo é que a gente percebe o tanto que a formação foi deficiente. Outra coisa. Quando tem uma questão pra ser discutida, uma questão aberta, aí pronto. Vejo que não aprendi o mínimo de física. Vejo que decoramos as equações.

M. A: Tudo bem. Isso são lacunas em sua formação?

P3: Sim. Apenas algumas que falei.

M. A: Certo. Tudo bem. Mas, e a sala de aula? Como tem sido? Em que medida essas lacunas interferem na sua atuação? O que você gostaria de desenvolver ou abordar em sua sala de aula e sente os impedimentos da formação?

P3: Sala de aula é como chegar a um lugar desconhecido, que nunca foi antes. É tudo desconhecido. E o pior de tudo, aquele discurso de que você precisa planejar antes da aula, precisa fazer um plano de aula. Aí a gente que está começando fica naquela consumição de botar as coisas no papel e não conseguir seguir o planejamento. Claro, fazer um planejamento de atividades que vai ser desenvolvido com pessoa que você nem conhece. A não ser que você queira impor as coisas e voltar ao ensino tradicional. Cala a boca menino! É assim e pronto. Depois que você chega na escola, com o tempo você vai aprendendo a lidar com as situações. Se não aprende mesmo, pelo menos não demonstra mais espanto. Isso, quem tem jogo de cintura e consegue ir caminhando sem grandes confrontos. Caso contrário é o caos bem visível.

M. A: Você chegou à escola e não conhecia nada da mesma, então?

P3: De qual?

M. A: Dessa aqui que você trabalha atualmente?

P3: Sim. Mas, antes de vir prá cá, antes do concurso, eu passei todo o ano com um contrato em outra aqui perto. Não comecei de abril até dezembro. Então já sabia que tinha que sentir bem o clima. Mas, quando cheguei nessa outra, nessa que consegui um contrato, foi terrível.

M. A: Terrível?

P3: É que a escola é muito diferente de tudo que se imagina na universidade. Quando você chega na escola pensando que vai colocar em prática tudo que aprendeu na universidade, tem que esquecer tudo que te ensinaram lá. Além de você não ter aprendido muita coisa, a escola não está pronta pra receber aquilo. Então aqueles que não conhecem a realidade da escola, nossa, dá dó. É muito difícil.

M. A: Falastes em lacunas na tua formação.

P3: Certo.

M. A: Mas no ambiente escolar existem cobranças ou sugestões, as quais requereriam que você incluísse essas abordagens, as quais são lacunas. Por exemplo, existem exigências para você trabalhar a Física em uma perspectiva interdisciplinar e você percebe que, neste aspecto, existem lacunas em tua formação, logo, torna-se impossível fazê-lo?

P3: Não. Não existe.

M. A: Você aponta lacunas teóricas em sua formação. Por outro lado, as lacunas teóricas são indiferentes ao teu trabalho? Como é isso?

P3: Na verdade, se o professor conseguir manter o aluno em sala de aula, com uma certa disciplina, conseguir que eles não perturbem os outros ambientes, assim com barulho excessivo, ninguém te cobra nada, ninguém te chama a atenção pra nada. O negócio é o professor conseguir manter a disciplina do ambiente.

M. A: Apenas isso? Manter o controle é isso?

P3: No dia a dia é. E se no final da unidade os alunos estiverem todos na média, então esquecem que você existe. Ninguém te perturba, ninguém te incomoda. Você passa a ser o professor referência da própria escola. Nas reuniões você é até elogiado por isso. Não importa o que você fez ou se fez um faz de conta. Ninguém te perturba. Nem alunos, nem coordenação, nem direção, ninguém.

M. A: Como o professor passa a ser referência?

P3: Assim. Olha, observamos que com o professor tal, os alunos tem tido rendimento satisfatório... É elogiado, é convidado a falar do milagre. Essa coisas. E os outros vão se encolhendo. Aí se o professor não gosta de se expor, ele procura ser como aquele que é elogiado.

M. A: Do milagre? O professor é convidado a falar do milagre?

P3: Tem que ser milagre. Alunos no ensino médio que não sabem nem ler, nem escrever direito, com todo esse desempenho. Com bom desempenho. Sinceramente, acho esquisito. Mas muito esquisito mesmo.

M. A: Como você avalia essa situação, esses posicionamentos dos dirigentes da escola?

P3: É uma maneira de coagir os outros, de dizer vocês estão sendo ineficientes, inoperantes. Só que, se realmente a aprendizagem dos alunos está ocorrendo, o que requer um grande esforço tanto pelo professor quanto pelos alunos, ninguém avalia. Só se interpreta resultados das notas e não o resultado da aprendizagem do aluno. Como esse aluno vai interpretar, como vai se expressar, em que isso muda na vida dele, nas opiniões? Isso não temos.

M. A: Você já mencionou lacunas em sua formação, em dificuldades de atuação no contexto escolar. Gostaria agora que você falasse do ensino da Física Moderna e Contemporânea no nível médio. Com você percebe, qual é a sua postura em relação a essa possibilidade.

P3: Olha. Houve o Ano Internacional da Física. Eu ainda era aluno. Na medida do possível, acompanhei pela rede. Até fui a uma palestra na UPFE. Muitas badalações, pessoas importantes vindo dá palestras. Mas nada daquilo acrescenta nada na sala de aula da gente.

M. A: Como não? Você menciona que ocorreram palestras de pessoas importantes e em nada contribuíram ou contribuiu? Entendo que quando você fala importantes, esteja ...

P3: É isso. Pessoas bem formadas em Física. Pelo menos é o que parece quando mostram o currículo. E também as pompas que a gente só percebe estando lá. O aparato que fazem. Mas quando ele começa a falar, em nada tem a ver com a minha escola, com a realidade em que vivo, com os alunos da minha escola. É muito distante. Por isso digo que não adianta nada. Tanto faz como tanto fez.

M. A: Com a realidade, com os alunos da sua escola?

P3: É. Se um aluno dessa escola, qualquer um deles, assistisse uma dessas palestras, ele não ia pensar que estavam falando grego. Tenho certeza.

M. A: Mas quem assistiu a palestra foi você?

P3: Que deveria entender alguma coisa que pudesse levar pra minhas aulas. Mas e aí? Não ocorreu? Me senti um analfabeto.

M. A: Quais foram as componentes curriculares contemplando a Física Moderna que você cursou durante a sua graduação, durante o período que completava a formação profissional?

P3: Física Moderna e Estrutura da Matéria.

M. A: Gostaria que você fizesse uma abordagem geral como foram trabalhadas essas componentes curriculares.

P3: Como assim?

M. A: Digo, quais foram os conceitos abordados, a seqüência, os livros didáticos, as avaliações, as aulas. Ou seja, fazer uma explanação geral dos acontecimentos durante estes cursos.

P3: Olha. Nas duas disciplinas, a programação era a mesma dos livros usados. Eu só não me recordo dos nomes dos autores agora. Tanto que seguiam os capítulos um a um. As avaliações, a gente respondia listas de exercícios. No final de cada unidade, as provas.

MA: A programação era a dos livros didáticos.

P3: Sim.

MA: Mas, e abordagens dos professores? Como ele abordava os conceitos dos livros?

P3: Transmitiam o que estava no livro. Repetiam a sequência. A gente debatia algumas dúvidas. Assim, normal.

MA: Você falou anteriormente que alguns professores do departamento de educação falavam da importância da interdisciplinaridade. Nessas componentes curriculares que abordavam a Física Moderna também existia essa preocupação, com a interdisciplinaridade?

P3: Não. Não falaram nada. Nem de forma implícita, nem aberta. Traziam o conteúdo muito direto. Não vi nenhum deles abordando o conteúdo de uma forma diferente. Os livros também não comentavam sobre isso. Apenas os conteúdos. Tudo muito seco.

M. A: O que você chama de muito seco?

P3: Muito seco é assim. Pronto. No livro está muito arrumado, muito bonito. Não existem dificuldades ou dúvidas naquele conhecimento, naqueles conteúdos, certo? Mas pararam no tempo. A trinta a quarenta anos atrás, por aí. Aí o professor repete tudo como está no livro, que já é resumido. E hoje como está. Ninguém fez mais nada? Em que são aplicadas aquelas teorias. Não comentam nada. É isso.

M. A: Quais dúvidas naquele conhecimento?

P3: E não é não, é?

M. A: Não estou duvidando. Assim. Apenas de quem é a dúvida. Do aluno, do licenciando? Do professor?

P3: Também e pior ainda, da maneira como esse conhecimento foi produzido. Prá que foi produzido? A gente vê que determinadas áreas ninguém fala e de repente, um monte de dinheiro prá pesquisa. Ora, isso são interesses em lucro.

M. A: Com a Física Moderna e Contemporânea? Por exemplo?

P3: Ora, de onde vem toda essa tecnologia que está aí? Onde há possibilidade de surgir dinheiro, existem interesses. Eu vejo isso nos filmes. Assisti um, é... não lembro o nome. Tratava do programa nuclear americano, por volta da II Guerra. Cheguei a conclusão que forçaram a Guerra pra vender armamentos, testar a bomba. Ou seja, o conhecimento muitas vezes não tem uma finalidade tão nobre. Acho inocente pensar isso.

M. A: Mas você está falando de um filme.

P3: Era um filme. Mas, será que não foi assim? Será que isso não tem um fundo de verdade? Mesma coisa é a AIDS, cura do câncer. Tudo é o interesse financeiro por trás da venda de medicamentos. Quem são os laboratórios? O LAFEPE é uma exceção. Mas, prá quem ele vende? Então, não perturba muito os grandes, senão já tinham fechado.

M. A: Você está falando das abordagens de duas componentes curriculares distintas.

P3: Em linhas gerais as abordagens eram muito semelhantes. Algumas coisas menos específicas de cada professor, já que ninguém é igual. Mas, em linhas gerais, as mesmas coisas, as maneiras. Como falei, muito baseado nos livros utilizados e os livros são muito parecidos.

M. A: E as avaliações, como eram feitas?

P3: O mais tradicional possível. Também aquelas listas de exercícios sem fim. Cada aluno da turma respondia uma questão e socializava com os demais. Na prova, era algumas delas. Só mudava os valores, claro. Mas era só repetir o raciocínio. Se você conseguisse repetir, mesmo sem entender nada, ótimo. Estava aprovado.

M. A: Isso ocorreu com você. Repetir sem entender?

P3: Comigo?

M. A: Sim, com você.

P3: Claro que sim. É difícil dizer quando não aconteceu. Insistir em ser diferente e no próximo semestre repetir tudo do mesmo jeito? Prá que? Melhor ficar logo livre e seguir adiante.

M. A: Mas por que não entendia os conceitos em si?

P3: Não dava pra entender porque era tudo muito corrido, muito resumido. Um programa extenso, livros resumidos e provas pra fazer. Então, ficavam muitas dúvidas no meio em relação aos conteúdos. Muitos por quês? muitos prá quês? No final, o que fica na cabeça da gente? Isso que a gente já sabe. Nada.

M. A: No tocante a introdução da Física Moderna e Contemporânea no nível médio, como isso foi tratado em sua formação? Seja através de componentes curriculares oferecidas pelo departamento de física, pelo departamento de educação ou outros?

P3: Na universidade?

M. A: Sim, na universidade, durante a sua formação como professor de Física. Seja pelas componentes curriculares relacionadas com a Física Moderna e Contemporânea, seja nas Práticas de Ensino de Física, por exemplo, ou nas demais. Ou seja, como foi debatida a introdução da Física Moderna e Contemporânea em suas futuras aulas de Física na educação básica?

P3: Não foi.

M. A: Como não foi?

P3: Ninguém falou disso.

M. A: Você está afirmando que, mesmo tendo cursado componentes curriculares relacionadas com a Física Moderna e Contemporânea em um curso de Licenciatura em Física, bem como Práticas de Ensino de Física, não ocorreu nenhuma abordagem sobre a introdução da Física Moderna e Contemporânea na educação básica?

P3: Sim. Isso mesmo. Não ocorreu.

M. A: Como você avalia o Ensino da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

P3: Importante. Todo conhecimento é importante.

M. A: Você tem trabalhado a Física Moderna e Contemporânea em suas aulas de Física?

P3: Não. Não tenho.

M. A: Como não, já que você considera como um conhecimento importante?

P3: Com as aulas que tive, fica difícil até me situar. Pelo menos agora. Sem condições. Simplesmente isso.

M. A: Sem condições?

P3: Sim, não sei como seria. Por onde começar? Quais os conteúdos? Não faço a mínima idéia.

M. A: Mas, como você avalia a necessidade de introduzir-se a Física Moderna e Contemporânea no nível médio?

P3: Em minha escola?

M. A: Em qualquer uma, por qualquer professor, já que você mencionou que não teria condições.

P3: Acho que seria uma confusão tão grande, nem quero imaginar.

M. A: Como?

P3: Quando a gente trabalha conteúdos que requerem dos alunos um pouco mais de abstração, já é aquela confusão. Então a Física Moderna, nem imagino como seria.

M. A: Mas na Física Clássica, vários conceitos não seriam igualmente abstratos?

P3: Sim, mas você pode apresentar exemplos bem próximos. Com a Física Moderna não.

M. A: Então?

P3: Olha. Veja bem. Se for pra repetir tudo que está nos livros. É. Repetir assim, fazer um resumo e levar pra sala de aula, eu faço. Mas, se for assim, assim, levar o aluno a fazer perguntas, a pensar, eu não faço. Não tenho condições não.

M. A: Você saberia fazer um resumo e levar pra sala de aula. Explique melhor.

P3: É... Fazer um resumo dos livros usados na universidade, não é assim nos livros do ensino médio? Pelo menos nos livros da física clássica. Os mesmos conteúdos e as mesmas seqüências, só que com uma abordagem mais superficial dos livros usados nas disciplinas na universidade. Você faz um primeiro

resumo. Isso são os livros do ensino médio. Ai o professor repete, o aluno não pergunta e se perguntar você repete e pronto.

M. A: Mas alguns livros didáticos do ensino médio já trazem a Física Moderna. Você já analisou alguns deles?

P3: É. Conheço dois deles. Não olhei com profundidade, apenas superficialmente. Vejo que não tem muita diferença dos livros que estudei. Apenas são mais superficiais. Apenas mais superficiais e nada mais.

M. A: Você procede fazendo resumos dos livros usados na sua graduação?

P3: Hoje mais não porque estou aprendendo a estudar, abstrair melhor. Começo a perguntar o próprio texto. É isso? E se fosse assim. Mas, quando estava começando a ensinar, já fiz. Só fazia isso.

M. A: Você começou assim com a Física Clássica. E se você fizesse com a Física Moderna e Contemporânea?

P3: Nem um resumo eu sei fazer.

M. A: Como não? Esse esquema de fazer resumos não funciona com a Física Moderna?

P3: É porque... É porque para ensinar a Física Moderna no ensino médio você precisa retirar os cálculos. E se você retirar os cálculos da Física Moderna, o que fica? Nada. Na Física Clássica fica o conceito. É diferente. Você faz toda uma abordagem e não utiliza nenhum cálculo se quiser. É possível fazer. Pode até ser mais trabalhoso, mas é possível. Com a Física Moderna não dá prá fazer isso.

M. A: Como se retirar os cálculos. Você explicaria?

P3: É se retirarmos os cálculos da Física Quântica. Apenas um exemplo. Pronto, usamos um livro de Mecânica Quântica. Lá naquele capítulo que fala da equação de Schroedinger. É, você usa a EDP, a EDO, encontra aquelas constantes. São os números quânticos. Se retirar os cálculos, o que fica? Nada! Acho que precisa entender como aquilo surgiu, a sua história.

M. A: Você não cursou a componente curricular Mecânica Quântica?

P3: Não, não cursei. Assisti muitas aulas em outra universidade. Sabia que era difícil, aí assisti as aulas pra me matricular no outro semestre. Acabou não dando.

M. A: Por que você avalia que era difícil cursar Mecânica Quântica?

P3: Alguns colegas já haviam falado

M. A: Você mencionou anteriormente a necessidade de entender-se a história, não foi?

P3: Isso. Seria importante

M. A: Qual seria então o papel da história? Será que na aprendizagem da Física Moderna, a história auxiliaria, ou não?

P3: Um longo caminho. É... Acho que essas Físicas 1, 2, 3, e 4, sairiam todas.

M. A: Não mais existiriam no currículo? Não faziam nenhum curso contemplando a Física Clássica?

P3: Não. Não é bem assim. A Física teria que ser trabalhada como aconteceu, como foi desenvolvida. Teria que ser trabalhada associada a sua história. É isso. Quando você vai para a história, prá história de um assunto qualquer você vê as dificuldades surgirem. Então a Mecânica, a Ótica, toda a Física Clássica seria trabalhada com a história. Ai a gente consegue aprender e problematizar. A tão falada problematização.

M. A: Tão falada por quem?

P3: Por quem? Por aqueles professores que falam da interdisciplinaridade, da física do cotidiano, do dia-a-dia do aluno.... Aqueles que falam e não aprofundam nada.

M. A: Você cursou alguma componente curricular contemplando a história da física.

P3: Pra mim não foi uma disciplina. Foi um arranjo. Por conta própria, li algumas coisas e vi que a física é muito diferente do que está naqueles livros de Física 1, Física 2. Nestes livros de conteúdos.

M. A: Durante a sua formação básica, quais foram às componentes curriculares da Prática de Ensino, o tempo, como se desenvolveu o trabalho?

P3: No curso foram duas Práticas de Ensino e no último ano. A Prática de Ensino I e a II. Agora, em nenhuma delas nunca falaram o ensino da Física Moderna não.

M. A: Não?

P3: Não. Nada, ou seja, durante o curso nenhum professor abordou, ou fez qualquer comentário sobre o ensino da Física Moderna no ensino médio. Acho que eles nem sabiam o que era isso, aqueles professores de Prática de Ensino de Física.

M. A: Por que não?

P3: Uma professora nunca estudou Física. Marcava encontros. A outra sim, mas faltava, faltava muito, chegava atrasada. Também saia antes do tempo.

M. A: E o estágio?

P3: Foi através destas Práticas de Ensino

M. A: Através das duas componentes curriculares?

P3: Não. Das duas não. Foi assim. Na Prática de Ensino de Física I, ficamos na própria universidade. Na Prática de Ensino II, nas escolas. Mas, uns poucos encontros pra fazer o relatório. Acho que umas quatro aulas.

M. A: Gostaria que você comentasse como foi essa ida, o contato com as escolas? Como foi a escolha da mesma? A partir de que referenciais e objetivos delineou o planejamento? Como foi acompanhado pelo professor da Prática de Ensino, neste caso Prática de Ensino II e pelo professor da escola?

P3: Bom. Foi assim. Logo no início, a professora disse que era para procurar uma escola para o estágio. Aí cada aluno procurava a sua. Mas que já trabalhasse na escola, não precisava de outra. Era na própria escola. Procurei uma escola pública e fui aceito na primeira

M. A: Apenas interrompendo um pouco. Por que optou em procurar uma escola pública?

P3: Ah! É mais fácil de ser aceito. E eu também já tinha dado aulas nessas escola.

M. A: Tudo bem. Continue. Foi aceito na escola pública e?

P3: Retornei para a professora de Prática, passei o endereço da escola e ela pediu que fizéssemos um plano de aula e depois só relatório. Fui pra escola. O meu plano era pra ser trabalhado em três semanas. Como foi no noturno, onde as aulas têm dez minutos a menos, acabei ficando quatro semanas. Aí fiz o relatório.

M. A: E depois do relatório?

P3: No final do semestre teve um encontro com a professora e todos os alunos matriculados. Então a professora pediu que cada aluno comentasse a sua experiência. Fizesse uma avaliação, comentários, e aí acabou.

M. A: Mas, durante a execução do planejamento, quem acompanhava vocês?

P3: Onde?

M. A: Na escola em que você desenvolveu o seu plano de ensino.

P3: Na escola, ninguém. Pelo menos comigo. Eu já havia combinado o dia com o professor então ele não foi pra aquela turma pra o horário ficar pra mim.

M. A: Você saberia dizer a formação desse professor de Física?

P3: O da escola?

M. A: Sim.

P3: Matemática. Ele fez licenciatura em matemática. Acho que foi na Católica. Acho que foi.

M. A: E a professora de Prática de Ensino II, acompanhou vocês durante o estágio?

P3: Foi assim. Nas primeiras aulas, antes de começarmos os estágios, nos encontrávamos ao mesmo tempo. Então ela pediu para que procurassem a escola, o planejamento às aula sem si e o relatório. Aí definiu datas para o relatório final. Então fui em procura de escola. Só procurei a professora uma vez, no horário da aula sobre o relatório. Era mais pra dúvidas. Depois só nos encontramos no último dia e cada um falou da sua experiência.

M. A: Então você, juntamente com os colegas, não se encontravam regularmente?

P3: Todos os dias por causa das outras disciplinas. Mas na Prática de Ensino II não. Quem queria alguma coisa, alguma dúvida com a professora, esperava por ela na sala de aula no horário. Ela passava por lá no horário da aula.

M. A: Você avalia o seu estágio satisfatório?

P3: Eu não considero aquilo como estágio.

M. A: Como não?

P3: Já fiz estágio pelo CEFET. A gente planejava. Era acompanhado na empresa. Sempre retornava ao CEFET para o professor acompanhar, sugerir. Ao final, o relatório foi muito detalhado. Fiz apresentação do relatório. Depois era avaliado. Senti a diferença.

M. A: Mas, antes de desenvolver o seu planejamento de aula, você encontrou com a turma, você teve acesso ao planejamento pedagógico da escola? Ou seja, como foi seu contato com a escola.

P3: Eu não conhecia a turma não. Só conheci no dia. A escola eu conhecia porque eu trabalhei na mesma antes. O planejamento pedagógico eu não pedi.

M. A: Durante o período que você trabalhou na escola, os professores juntamente com a direção elaboravam um planejamento pedagógico?

P3: Não. Quer dizer, eu não sei dizer porque eu era estagiário. Nunca vi ou ouvi falar. Só sei que na primeira semana de aula do ano, o cada professor fazia o seu plano de trabalho para o ano. O seu plano de curso. Mas, planejamento pedagógico, eu nunca vi não.

Anexo 4 - Entrevista Com o Professor P₄

Identificação	
Codinome	P ₄
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	2000.2
Término do Curso	2005.1
Tempo de Atuação	3 anos e seis meses
Séries	1 ^a , 2 ^a e 3 ^a séries do Ensino Médio
Mês da entrevista	Junho de 2007
Legenda	M. A = Maria Amélia P ₄ = Professor P ₄

M. A: Tendo em vista que você concordou em colaborar com a sua participação, pra começarmos com a nossa conversa, gostaria que você aviasse, livremente, suas experiências como professor de Física.

P₄: Como assim? Assim... Como falar da minha experiência?

M. A: Sim. Uma avaliação da sua atuação. Por exemplo, falar dos aspectos que você considera relevante na sua atuação como professor de Física, seja eles considerados positivos ou não. Que também comentasse sobre o que consideras como muito importante de ser trabalhado por você enquanto professor de física.

P₄: Da minha experiência nesta escola aqui?

M. A: Sim. Ou mesmo de outras escolas, se você também atua ou já atuou em outras.

P₄: Mas é falar o que eu quiser?

M. A: Sim.

P₄: Nossa. Nunca pessei que isso fosse relevante pra ninguém. Imagina fazer uma pesquisa sobre isso.

M. A: Você não professor de Física desta escola?

P₄: Sim. Tem mais dois também, mas eles não têm a licenciatura em física, como falei pra você naquele primeiro dia.

M. A: Então, pra mim é super importante. E pra muitas outras pessoas também.

P₄: Nossa. É mesmo? Vou começar falando do momento atual. Depois volto no tempo. Pode ser? Ou tenho que começar do começo.

M. A: Como quiser. Fica ao seu critério.

P₄: Vou começar falando desse momento (pausa). É difícil resumir. Seria assim. Ao final de cada dia de trabalho, aumenta o somatório das decepções. É isso.

M. A: Poderias esclarecer, falar especificamente dessas decepções?

P₄: Eu me sinto assim... é como se tudo que estou falando em aula, nada faz sentido para os alunos. Horrível você sentir que os alunos estão em sala somente por obrigação. Ficam esperando o tempo passar pra e depois, irem embora. Uma obrigação.

M. A: Essa constatação te decepciona?

P₄: Claro que sim. Poderia ser diferente?

M. A: Como avalias que aquilo que falas não faz sentido para os alunos?

P₄: Pela indiferença deles. Conversam várias outras coisas, menos aquilo que se propõe que seja estudado.

M. A: Mas você já tentou conversar com os mesmos sobre essas outras coisas?

P₄: Sobre futilidades, eu conversar?

M. A: Futilidades não sei. Mas sobre essas outras coisas que os alunos tanto se interessam?

P₄: São futilidades. É isso que interessa.

M. A: Mas já tentou?

P₄: Um tempo atras, que devido a uma reunião, começamos a aula bem atrasados, comecei a falar de todas as futilidades que tanto falam. Mais perguntando, querendo me situar sobre as conversas diárias deles. Moda, coisas da moda que as meninas falam, carros, modelos de celulares. Várias coisas.

M. A: E aí?

P₄: Primeiro senti que estava desatualizada. Mas o interesse foi geral.

M. A: Mas você não avalia nenhum aspecto positivo dessa reação?

P₄: Positivo? Não! Vejo uma alienação coletiva, pessoas querendo consumir aquilo que elas não têm necessidade e também não tem condições financeiras. Isso só favorece o sistema de alienados.

M. A: E depois?

P₄: Tudo novamente. Claro que na aula seguinte falei que o espaço da escola, da sala de aula era pra ser utilizado com outros propósitos. É preciso lembrar que escola não é lugar pra isso. Mas, lugar pras pessoas se libertarem da alienação. Não quero dizer que seja proibido falar dessas coisas, como moda, celulares e outros. Mas, isso não é assunto prioritário da escola. Tenho plena convicção disso.

M. A: Como os alunos reagiram diante dessas tuas colocações, dessas tuas alertas?

P₄: Escutam com cara de terror, mas tudo volta ao que era antes, como estava. Isso é logo em seguida.

M. A: Mas já conversou com alguém... digo, direção, coordenação pedagógica sobre essa situação?

P₄: Tentei uma vez, isso quando ainda acreditava. Acabei falando umas verdades para a pedagoga.

M. A: Mas que verdades?

P₄: É que pra ela, tudo é culpa do professor. Você chega pra conversar sobre uma situação problemática. Que deveriam fazer? O que ela deveria fazer? Olha, vamos investigar as causas, como o professor está conduzindo? Será que não deveríamos fazer um trabalho conjunto, ter a solução dessa questão como meta, já que é um problema de todos? Ou quem saber, o erro é apenas do professor? Agora já ter a resposta pronta antes de escutar o professor expor o problema? Aí não dá pra conversar com quem só quer encobrir os problemas. Os alunos já são vítimas do sistema e você não encontra quem enfrente o sistema e ainda ficar aturando essas coisas, não dá.

M. A: Dentre as dificuldades que você identifica no contexto educacional, algumas você associa com a sua formação?

P₄: Algumas delas sim, já que o problema da escola é mais amplo. O problema da escola é mais complexo do que o que se pode imaginar.

M. A: Quais estariam associados com a sua formação?

P₄: Primeiro de tudo. Na universidade falam de um aluno irreal. Ele não está em nenhuma sala de aula, em nenhuma escola. Já começa daí um grande problema.

M. A: Aluno que não existe? Como assim?

P₄: Aquele aluno que falam na universidade não existe não. Falam de um aluno com dificuldades para a aprendizagem. Falam de um aluno oprimido pelo sistema, essas coisas. Mas, não falam que para muitos, a escola é um local para encontrar os amigos. Para outro, um espaço sem regras. Para alguns, espaço para consumirem drogas livremente, menos para aprenderem qualquer coisa, como física, ou português, sei lá. Perguntem quem tem esse propósito. Em mil, você encontra um.

M. A: Então você avalia que a universidade não prepara o professor pra atuar no contexto das escolas?

P₄: É não prepara. E também, para esses casos, não precisa de preparação. Acho que tanto a universidade quanto a escola precisam deixar bem claras suas funções. Se chegarem a conclusão que o papel da escola é o que está aí, o professor precisa de outra formação, a escola precisa de elaborar outro currículo.

M. A: Exemplificar será possível?

P₄: Ora, se a preocupação ou ocupação dos alunos é com moda, celulares, drogas, futilidades... Então, alguém é pra falar disso e não de Física, de Matemática e outras disciplinas. Tudo isso é muito chato quando não se está interessado.

M. A: Gostaria então que você continuasse a falar da sua formação

P₄: Formação?

M. A: Sim. Avaliando sua formação como professora de Física.

P₄: Quando leio alguma coisa, a medida que vou lendo percebo que não houve formação. Ou melhor, foi uma formação ultrapassada, porque aquilo que se fala agora, a gente não conhece. É novidade.

M. A: A medida que lê o que e como percebe que não ocorreu formação?

P₄: Sim. A medida que leio alguma revista, digamos assim. Olha só. Se leio sobre interdisciplinaridade ou se escuto alguém falando, descubro que apenas mencionaram a interdisciplinaridade, assim meio por alto, mas não se fundamentando em nada. Falaram mas não se aprofundaram em termos de fundamentação.

M. A: Quem mencionou?

P₄: Durante a minha formação, certo? Os professores da universidade que eu fiz o curso.

M. A: Tudo bem. Entendi. Continue.

P₄: Se leio sobre a Física do cotidiano, percebo que algum dia, em alguma aula, falaram nesse nome. Uma palavra vaga. Se leio sobre aprendizagem, pior ainda. Se colocam uma questão da física que não seja para repetir equações, são tantos porém, que chego a conclusão que não fui formada. Fui iludida durante um tempo e agora, caí na real.

M. A: Mas está mencionando que algumas abordagens foram tratadas superficialmente durante a sua formação?

P₄: Sim.

M. A: Gostaria que falasses um pouco mais do que chama superficialidades, como é tratar algo com superficialidade.

P₄: Vou falar da interdisciplinaridade, porque é algo que me interessa em estudar, certo? Não conheço, não sei se é a solução de tantos males como falam, mas, me interessa. Chega o professor, fala tudo aquilo que a gente já sabe do ensino tradicional e, em seguida, diz que a interdisciplinaridade é importante. Primeiro de tudo, o que é interdisciplinaridade? O que não é interdisciplinaridade? Em uma aula sobre qualquer conteúdo de Física, por exemplo, como seria se fosse trabalhado através da interdisciplinaridade? São essas coisas que não tive resposta e não sei como e onde ir buscar.

M. A: Entendo. Então, o que poderia sugerir acerca de uma abordagem sobre interdisciplinaridade.

P₄: Que alguém me falasse dos princípios da interdisciplinaridade, o que é, que me sugerisse leituras. Que apresentasse uma aula de qualquer conteúdo de física trabalhando com a interdisciplinaridade, entende? Falasse isso poderá ser abordado assim e assim. Desse um exemplo claro.

M. A: Não seria como ensinar um método?

P₄: Método?

M. A: Sim. Faça isso, depois isso...

P₄: Não. Apenas um exemplo, como é feito com qualquer conteúdo. Digamos assim. Você que vai ser professor de física, tal assunto poderá ser trabalhado assim, assim, fazendo conexão com, sei lá, matemática, português, por exemplo. Isso é uma maneira. O mesmo assunto poderá ser trabalhado assim, dessa outra maneira se você optar em fazer conexões com artes, geografia e por aí se vai, certo?

M. A: Certo, estou entendendo sim. Mas, na sua atuação na sala de aula, considerando que esta faz parte de um contexto escolar mais amplo, o que você considera como sendo relevante para ser trabalhado nas aulas de física.

P₄: Acho que o experimento seria bastante relevante. Acho que não resolveria todos os problemas, mas eu queria trabalhar com experimentos. Se cada conteúdo que fosse trabalhado e logo em seguida o aluno pudesse realizar uma experimentação sobre aquilo que ele estudou, era muito diferente. Acho que dá pra fazer muitas coisas. A aula torna-se mais dinâmica, o aluno fica mais envolvido e participa mais.

M. A: Mas, por que essa sua convicção sobre a relevância do uso do experimento no contexto educacional, no contexto das aulas de física?

P₄: Com o experimento o aluno fica motivado pra participar das aulas. Também fica mais fácil pra aprender porque ele vivencia aquilo que ele está aprendendo. O aluno pode colocar em dúvida aquilo que está no livro, aquilo que o professor diz. Então, o experimento é importante nas aulas de física. Em outras também, mas quero me limitar apenas às aulas de física, certo?

M. A: Tudo bem. Pela sua convicção nas potencialidades da utilização das atividades experimentais nas aulas de física, queiro acreditar que você tem trabalhado com os mesmos?

P₄: Não. Não trabalho com experimentos. A escola não oferece condição para trabalhar com experimentos. Primeiro a escola não tem experimentos. Mesmo que o professo deseje fazer experimentos, não tem um ambiente para ele fazer. Também não tem material disponível pra fazer os experimentos. Tem também a questão da utilização. As vezes um experimento, mesmo sendo simples, não dá pra fazer em um lugar qualquer. Precisa-se de água, fogo, várias outras coisas que não dá pra fazer em uma sala de aula comum. Isso dificulta. Por isso, eu não trabalho com experimentos.

M. A: Tendo em vista que você não trabalha com experimentos didáticos, porém traz essa convicção positivas em relação ao mesmo. Certamente a sua formação com essa abordagem não foi como as abordagens sobre a interdisciplinaridade, não?

P₄: Não. Como muitas coisas no curso, foi muito deficiente, deficiente mesmo. Quase que não tivemos aulas com experimentos. Mas é que experimentos simples, assim, experimentos pra usar nas aulas de física eu consigo desenvolver, fazer o experimento. Essa é uma deficiência que eu consigo superar. Tenho idéia de como fazer vários experimentos para as aulas de física, experimentos para o ensino médio, entende?

M. A: Tudo bem, entendo sim. Claro. Quantos anos você trabalha nesta escola e em que séries?

P₄: Antes ou depois do concurso?

M. A: Os dois.

P₄: Bom. Antes de concluir o curso, trabalhei durante um ano letivo. Comecei logo após a segunda semana e fui até o final do ano. Depois fui aprovada no concurso e estou com dois anos aqui. Fiz dois anos há dois meses e poucos dias atrás.

M. A: Quais são as séries que você tem trabalhado?

P₄: Trabalho com as três séries, apesar de ter mais do primeiro ano. É a série que tem mais turmas. Depois começam as desistências e o número de turmas do segundo e do terceiro é reduzido quase pela metade. Mas eu não gosto das turmas do primeiro ano não. Não gosto do assunto.

M. A: Certo. Já que você tem trabalhado com as três turmas, como você tem organizado a sua programação em seus planos de ensino ao longo das séries?

P₄: Os conteúdos?

M. A: Sim.

P₄: Tenho seguido a sequência normal dos conteúdos.

M. A: Como assim?

P₄: A sequência normal. No primeiro ano, mecânica. No segundo ano, termologia e termodinâmica. Às vezes, ótica. No terceiro ano, eletricidade e magnetismo.

M. A: Mas o que te leva a optar em seguir essa programação?

P₄: É a programação normal dos livros didáticos. Os alunos têm os livros, então, procuro seguir o que dá. Mas, assim. Não dá pra cumprir toda a programação do livro didático não. Sigo as principais coisas, os principais assuntos. Outros, deixo de lado. Não dá pra cumprir tudo. Apenas um pouco da maioria das coisas.

M. A: Qual o papel que você atribui ao ensino da Física Moderna e Contemporânea nas aulas de física da educação básica?

P₄: No ensino médio? Física Moderna no ensino médio?

M. A: Sim. Física Moderna no ensino médio?

P₄: Acho que seja importante. Importante pra o aluno saber que aquele conhecimento da Física Clássica não parou. Porque esse conhecimento faz muito tempo que foi produzido. Pra saber que esse conhecimento da Física Clássica continuou e surgiram novas descobertas. A mente precisa estar aberta para outras possibilidades, que resultaram do surgimento na evolução da Física Moderna.

M. A: Posso entender que você considera como relevante o ensino da Física Moderna e Contemporânea na educação básica, não?

P₄: Sim. Considero importante, sim.

M. A: Você tem incluído a Física Moderna e Contemporânea em seus planos de ensino?

P₄: Física Moderna e Contemporânea em minhas aulas?

M. A: Sim.

P₄: Não. Não tenho não. Não tenho experiência nenhuma com a Física Moderna e Contemporânea nas aulas de Física. Nunca trabalhei.

M. A: Mas, por que você não inclui a Física Moderna e Contemporânea na programação a ser trabalhada? Afinal, se você não a considera como sendo uma abordagem das mais relevantes, percebo que não a considera como desprezível.

P₄: Nunca me deparei com essa situação, com essa necessidade. Não tenho experiência nenhuma. Eu precisava de planejar muito pra saber o que iria trabalhar, como trabalhar. A programação da Física Clássica é muito longa e não dá pra ser cumprida. Então pensar em mais um assunto fica difícil ou impossível.

M. A: Mas, nas condições atuais, você não poderia substituir parte da programação da Física Clássica pela Física Moderna?

P₄: Não. Primeiro deve-se trabalhar todo o programa da Física Clássica e só depois a Física Moderna. Assim os alunos teriam base para entender a Física Moderna. Mas, na atual situação, não consigo fazer isso. O tempo pra trabalhar o programa da Física Clássica é insuficiente, é muito pouco, além disso as deficiências que os alunos trazem, acaba dificultando mais ainda.

M. A: Tem essa questão do tempo. Mas, quais são as dificuldades dos alunos que você se refere?

P₄: Olha. São muitas, várias. Além do desinteresse da grande maioria dos alunos, eles não têm assim, um objetivo pra aprenderem alguma coisa, não tem um propósito. Eles chegam com deficiência em matemática básica e em leitura, em leitura principalmente. Com todas essas dificuldades, ele acaba dificultando o andamento da programação de física.

M. A: Não seria então possível reduzir um pouco a programação da Física Clássica e iniciar uma introdução a Física Moderna e Contemporânea?

P₄: Não. Isso é impossível.

M. A: A programação de física, existe uma programação mínima sugerida pela Secretaria da Educação e se existe como é cumprida pelos professores da sua escola, por você?

P₄: Se existe, eu não sei. Não tenho nenhum conhecimento.

M. A: Então quem decide pelo que incluir na programação de física a ser trabalhada, por exemplo.
P₄: Olha, quem decide é o professor da disciplina. Eu faço a minha programação. O outro professor pode fazer a sua. Cada um, cada professor inclui o que acha possível trabalhar.
M. A: Quais foram as componentes curriculares relacionadas com a Física Moderna e Contemporânea que você cursou durante o seu curso de graduação?
P₄: Eu fiz Física Moderna e Estrutura da Matéria que foram exigidas pelo curso, pela licenciatura. Aí cursei Estrutura da Matéria II na Universidade Federal. Também queria cursar Mecânica Quântica, aí acabei fazendo Física Matemática antes.
M. A: Sobre a programação dessas componentes curriculares, das aulas, das avaliações, dos livros didáticos utilizados, como eram utilizados, o que você comentaria?
P₄: Das disciplinas?
M. A: Sim. Das que foram cursadas nas duas universidades, o que você comentaria?
P₄: Eram avaliações normais no final de cada unidade /.../ Avaliação normal? Avaliação normal é a prova no final de cada unidade. O professor elabora questões sobre os conteúdos trabalhados e o aluno responde no horário da aula. /.../ as questões eram muito parecidas ou iguais a do livro.
P₄: Você está pedindo prá que eu fale de uma possível maneira como eu trabalharia? Falar agora? Falar como seria a minha abordagem? É isso? Simplesmente não sei.

Anexo 5 - Entrevista Com o Professor P₅

Identificação	
Codiname	P ₅
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	2001.1
Término do Curso	2005.2
Tempo de Atuação	3 anos (1 ano ciências – 2 anos física)
Séries	1 ^a , 2 ^a e 3 ^a Ensino Médio
Mês da Entrevista	Agosto de 2007
Legenda	MA = Maria Amélia P ₅ = Professor P ₅

M.A: Para iniciarmos nossa conversa, seria possível falares um pouco acerca da tua atuação como professor de física e das tuas percepções sobre o contexto escolar em que atuas?

P₅: Atuação e contexto? (Pausa) Sim. É possível sim. Pensando bem, são se separam.

M.A: Não se separam, como?

P₅: Assim. Eu quero dizer que para falar da minha atuação, é preciso falar do local também. Quando eu trabalhava em uma escola pequena, lá não era como professor de física. Era como professor de ciências e minha atuação era diferente.

M.A: Trabalhavas com ciências?

P₅: Sim. Nas quintas e nas oitavas series. Nas sextas e sétimas series era uma professora com formação em biologia. Vou falar então da minha atuação como professor de física, certo?

M.A: Certo. Tudo bem. Mas, a quanto tempo você atua como professor de física?

P₅: Estou no segundo ano. Comecei a atuar em abril de 2006. No mês após o início das aulas.

M.A: Tudo bem. Então fale da sua atuação e como a mesma esta relacionada com o contexto escolar.

P₅: Bom. Antes de tudo (pausa). É difícil começar. É difícil encontrar palavras pra falar das minhas impressões.

M.A: A título de sugestão, você poderia começar a falar sobre esse contexto escolar de uma maneira genérica e, posteriormente, vai associando com a sua atuação. Caso eu fique com duvidas, te faço

P₅: Ah! Assim melhora. Então vou começar. Bom, começa desde o momento em que saio de casa. É um desestímulo total. Quando paro pra pensar, vem a sensação de tempo perdido. Pra não ficar deprimido, não penso. Vou a escola, faço o que é possível fazer e quando saio da mesma digo: *minha vida começa aqui*. Pronto. Esqueço o que passou.

M.A: Você falou em ficar deprimido, tempo perdido, desanimo... Poderias esclarecer?

P₅: Ah! Gosto de ver acontecer, ver que, que quando não da certo, planejar novamente. Essas coisas.

M.A: Você fala em relação ao trabalho?

P₅: Sim, em relação ao trabalho.

M. A.: Então, no contexto escolar ou nas aulas de física o que esta acontecendo?

P₅: A sensação que tenho é que o propósito da escola não é o das pessoas aprenderem.

M. A.: Você fala em relação as aulas de física?

P₅: Inicialmente, logo quando comecei, imaginei que era so em relação a física. Depois vi que era também as aulas de matemática. Cheguei a pensar em área. Depois vi que era tudo... Assim, ate fiquei ate mais aliviado.

M. A.: Voltando a sensação que tens que a escola não é para as pessoas aprenderem e que não é somente nas aulas de física.

P₅: Certo. O que sobre essas questões?

M.A: Por que a sensação de que o objetivo da escola não é o das pessoas aprenderem?

P₅: Vejo alunos sem motivação. Estão ali somente porque são obrigados. Os professores não falam do seu trabalho. Não falam em melhorar, ou quem sabe, será que se eu fizer diferente não ira melhorar?

M.A: Você já tentou conversar com os professores?

P₅: Nossa! No inicio, a sensação que tenho é que estavam me chamando de boba. E como se fosse inútil pensar em fazer melhor, ou quem sabe, fazer diferente já que aquilo que esta sendo feito, não desperta o interesse das alunos.

M.A: Mostraram-se indiferentes?

P₅: Sim. Essa é palavra.

M.A: Mas, você não me parece indiferente?

P₅: Acho que é uma questão de tempo. Ou saio ou a indiferença chega.

M.A: Não há outra alternativa?

P₅: É que o sistema é muito forte. Mudar não é simples. Não é simples nem começar...

M.A: Como o sistema é forte?

P₅: Tudo esta planejado pra não da certo.

M.A: Esse tudo planejado pra não da certo. Poderias detalhar?

P₅: Uma escoa sem biblioteca. Isso já é uma grande dificuldade. A gente não pode pedir aos alunos pra lerem, investigarem algumas coisa que eles possam ter interesse. Salas de aula pequenas e muitos alunos. Eu não consigo nem pensar em chegar perto do aluno. Duas aulas de quarenta minutos por semana. Quando chego e espero que a conversa pare, já se foi mais da metade do tempo... Material didático, somente apagador e giz. Espaço para os professores prepararem suas atividades, uma sala tumultuada, onde se conversa tudo. Menos sobre a escola. Se peço para os alunos fazerem copias, eles não fazem. Entao o que posso fazer?

M.A: Com tudo isso não é natural que o aluno se mostre desmotivado como você falou?

P₅: Sim. Não falei o contrario. Eu também já fui aluno, não faz muito tempo e conheço essa realidade. O aluno pode ate ter um propósito, mas a estrutura não permite.

M.A: Mas você não vislumbra uma provável mudança? Senão, como ir diminuindo, superando esses problemas?

P₅: Olha. É um problema complexo. Você pode ate solucionar uma pequena parte desses problemas, digamos assim. Mas essa solução não aparece no meio dos outros. E o professor esta isolado. Acaba desistindo.

M.A: Quais problemas? Como isolado?

P₅: Primeiro de tudo. Ninguém conversa na escola. Quando eu paro pra escutar as reclamações, um problema meu é também dos outros professores. Mas ninguém para pra pensar. É como se fosse aparecer alguém pra resolver aquele problema e enquanto isso, todo mundo ansioso esperando, não sei de quem, que um milagre aconteça. Tipo, se o governo valorizasse a educação, essas coisas.

M.A: Tudo bem. Você poderia apontar esses problemas? Pelo menos alguns?

P₅: Sim. Posso sim. É ... Avaliação é problemática. Temos que fazer e temos que apresentar bons resultados, mesmo que os alunos não aprendam nada. Como é o caso. Algo invisível requer. Professores inconformados reclamam isoladamente, mas fazem. Falta de motivação dos estudantes. Nossos salários, principalmente. Como falei antes, o espaço físico da escola. O sistema é muito forte, mas vê professores desinteressados, assombrados... *é a morte em vida.*

M.A: Em meio a toda essa realidade, algo que você vislumbra que seria um inicio de mudança, mesmo que isoladamente? Digamos a partir das aulas de Física?

P₅: Acho que se o professor de física ou qualquer um outro conseguisse associar o que ele ensina com o que o aluno vivencia, ele ficava mais motivado. Talvez houvesse interesse, mesmo que o professor tivesse que insistir muito com o aluno. Mas acredito que ele ia mudando, ia participando. Seria um começo.

M.A: Mas, por que essa tua convicção?

P₅: Porque é muito difícil você ficar indiferente a alguma coisa que te perguntam quando essa coisa é algo que você conhece, que você vivencia, que está na tua vivencia, no teu dia a dia.

M.A: Mas, tem tido experiências nesta perspectiva?

P₅: Não digo que tenho tido, porque ai teria que ter sempre. Ai seria uma coisa freqüente. Mas não é. É muito esporádico. Assim, quando consigo associar com as experiências deles, participam mais.

M.A: Lembrarias de um exemplo ou uma situação que tenha relacionado a Física com as experiências dos alunos?

P₅: Algumas. Veja so, outro dia eu ia abordar circuitos elétricos, ai, comecei perguntando porque quando uma lâmpada do enfeite da arvore de natal tem problemas, as demais não acendem? Foi cada resposta

interessante. Também perguntei sobre o brilho das lâmpadas, quem consumia mais. Foram varias perguntas e muitas respostas. Mesmo que as respostas fossem erradas, não fossem corretas, eles mostraram-se mais interessados em participar, em perguntar. Também conversavam entre si quando as opiniões era diferentes. São experiências desse tipo que me leva a ter essa intuição.

M.A: Então, por que você não elabora seus planos de aula na perspectiva de poder contemplar as vivências dos estudantes?

P₅: Isso requer muito planejamento por parte do professor. Precisa ler muito, planejar as atividades e na escola não há espaço pra isso. Também tem a questão da formação do professor. Eu mesmo não me sinto preparado.

M.A: Por que não se sente preparado?

P₅: Porque quando a gente trabalha assim, saem muitas respostas, muitas perguntas dos alunos e nem sempre a gente esta preparado.

M.A: Tudo bem. Mas você poderia ir se preparando. Em determinadas áreas da Física, depois e outras. Você mencionou o exemplo da eletrodinâmica. Poderá abranger e depois a termodinâmica, por exemplo. Afinal, nunca ninguém estará isento do algum aluno lançar uma pergunta e você não saber responder, não achas?

P₅: Sim. Mas tem outra questão ainda. Assim...

M.A: Qual questão?

P₅: Você trabalhando assim, não da pra seguir a seqüência do livro. No livro os conceitos estão muito arrumados. Um, outro, depois outro. E assim se vai.

M.A: Mas, o que te leva a ter que seguir a seqüência do livro didático?

P₅: Acho que será difícil deixar o mesmo de lado?

M.A: Como? Seria difícil pra você deixar de seguir a seqüência do livro didático?

P₅: Não é que seria difícil pra mim. Acredito que seria muito cobrado pelos próprios estudantes a respeitar a seqüência do livro didático. Eles ficam muito confusos quando o professor muda a ordem. Já estão muito acostumados com esse esquema. Ainda mais agora que estão tendo o livro chegando na escola. Uma novidade e todo mundo que usar.

M.A: Mas, você não ia deixar de usar o livro didático. Será que eles não perceberiam a importância disso?

P₅: Acho que não. As vezes, mudo a seqüência de alguma secção e logo chamam a atenção. Claro, quando estão acompanhando pelo livro.

M.A: Mas você não argumenta com os mesmos, quero dizer com os estudantes?

P₅: Argumentar? Argumentar com quem tem idéia fixa fica difícil. Impossível. Vejo que é mais contestar por contestar.

M.A: E a Física Moderna e Contemporânea na educação básica, qual a sua opinião?

P₅: Acho super importante que a Física Moderna seja trabalhado na escola. Olha, se quiser se compreender a realidade, muitos equipamentos que estão aí no dia-a-dia das pessoas, essas coisas envolvidas nos mais diversos equipamentos, a Física Moderna esta envolvida. Ou seja, como grande parte da atual tecnologia é decorrente da Física Moderna, é importante para o aluno ficar atualizado. Ele precisa entender essa Física.

M.A: Você diz que a Física Moderna encontra-se no dia-a-dia das pessoas. Acredito que estejas incluindo os seus alunos, esses aqui da escola.

P₅: Sim, também os alunos.

M.A: Tudo bem. Então você exemplificaria quais os equipamentos que esses seus alunos tem contato no dia-a-dia? Assim, quais são esses equipamentos e em que esta a aplicação da Física Moderna?

P₅: Assim. Em muitos lugares. Nos sensores das portas automáticas, nas TVs LCD, nos celulares, em vários sinalizadores, em muitos lugares.

M.A: Mas, seus alunos tem contato com toda essa tecnologia?

P₅: Não sei. Acho que não, mas sabem que essas tecnologias existem. É so andar por ai pelo comercio, por vários lugares elas estão presentes.

M.A: Então você tem trabalhado a Física Moderna e Contemporânea em suas com seus alunos?

P₅: Não, não tenho.

M.A: Como não? O que impede, já que você diz que é super-importante?

P₅: O tempo não é suficiente nem prá trabalhar a Física Clássica da programação. A Física Moderna nem pensar. São apenas duas aulas por semana e com as dificuldades dos alunos, a gente não consegue avançar muito, ai não da pra terminar a Física Clássica.

M.A: Tudo bem. Mas, vamos idealizar. Digamos que o problema d tempo fosse resolvido. Digamos passassem a ter quatro aulas de Física semanalmente. Como você trabalharia a Física Moderna e Contemporânea?

P₅: Como ainda não trabalhei a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, prefiro não sugerir no momento. Eu precisava de me planejar, adquirir experiência com essa parte da física no ensino médio. Eu

nunca trabalhei. Também não foi trabalhado quando eu fiz o ensino médio. Assim não tenho condições de dizer, de propor nada agora

M.A: Onde você incluiria a Física Moderna na Programação?

P₅: Física Moderna seria a parte final da programação do 3º ano, quando terminasse toda a programação. Teria que ter trabalhado toda a mecânica. Também a parte de ondulatória, eletricidade e magnetismo. Como falei, com duas aulas de física por semana, não dá. Sem falar nas outras dificuldades que existem.

Anexo 6 - Entrevista Com o Professor P₆

Identificação	
Codiname	P ₆
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	2001.1
Término do Curso	2005.2
Tempo de Atuação	
Séries	1 ^a ; 2 ^a e 3 ^a séries do Ensino Médio 8 ^a série
Mês da	Agosto de 2007

Entrevista	
Legenda	MA = Maria Amélia P ₆ = Professor P ₆

M.A: Eu gostaria que comentasse sobre como você se percebe professora de física.

P₆: Como eu me percebo professora de física? Como assim?

M.A: Assim. A partir das suas interações nesta escola, como você avalia ser professora de física?

P₆: A partir da minha experiência, da minha atuação. Entendi. Em primeiro lugar eu tenho a dizer que é uma coisa muito difícil. A primeira coisa é que é muito difícil mesmo ser professor de física. Só vivenciando é que se sabe, que se entende o quanto é difícil.

M.A: O que seria essa dificuldade? Por que é tão difícil ser professor de física?

P₆: É uma coisa difícil. Assim, não só ser professor de física, mas ser professor de qualquer disciplina é muito difícil, porque existem muitos problemas e você não sabe como resolver, também não sabe se os outros querem resolver. Aí você tem que conviver com aquilo que está errado, que te incomoda e não faz nada. Então isso às vezes me faz sentir inútil dentro da escola. Me sinto inútil mesmo muitas vezes. As vezes eu digo que não precisava ter feito um curso prá está aqui. Não serve pra quase nada. Então foi um desperdício de tempo. Claro, para atuar como professora que não precisava de um curso. Mas do curso que fiz em si, gosto muito, entende? Queria até ter me aprofundado mais em algumas coisas, mas é algo pra mim e não prá atuar.

M.A: Então você não se identifica com a atuação como professora de física?

P₆: Não. Não é isso. Gosto sim. Mas é que o curso é muito distante dessa realidade da escola, desses problemas da escola. Acaba não servindo muito. É nesse sentido que falo assim.

M.A: Tudo bem. Mas quais seriam esses problemas que você mencionou que existem, mas que não sabe como resolver e que as outras pessoas não falam do mesmo?

P₆: São muitos ao mesmo tempo. Não sei qual o pior. Falta de interesse dos alunos. É muito desinteressante generalizado. Nada que você fala, que você tenta fazer diferente consegue despertar um pouco de interesse. Isso te desmotiva também. No início eu até insistia, tentava alternativas. Mas depois acabei sendo vencida como os outros professores. Como aqueles que eu tanto criticava antes de está vivendo este contexto da escola. No começo você resiste, depois, pouco a pouco você vai sendo vencida.

M.A: Certo. E a consequência disso?

P₆: A escola perde o sentido. Assim. É como se os alunos fossem pra sala de aula apenas por obrigação, o professor também e o tempo passando. Mas da escola os alunos gostam. Gostam de conversar, de interagir com os outros. Mas e as aulas de física? A aprendizagem da física em si? O que aprendem de física em si? Posso dizer que quase nada. Muito pouco mesmo.

M.A: Você colocou esse contexto com problemático.

P₆: Sim.

M.A: Mas não sabe se os professores querem resolver esse problema?

P₆: Eu não sei se a gente pode resolver, porque é algo muito complexo. Muito complexo e não depende só dos professores. Todos os problemas da sociedade, tudo que aí está, tudo de ruim, principalmente, a gente vê aqui. Aí acaba refletindo não só nos alunos, mas em todos aqueles que estão na escola.

M.A: Esse tudo de ruim o que seria?

P₆: Falta de seriedade, falta de ética, de solidariedade. Falta de objetivo de vida mesmo. É a cultura do eu quero me dar bem. Então, quem tenta fazer diferente, fazer com um pouco de seriedade é diferente, é arcaico. Então é notado e acaba ficando com vergonha. Não é que você vai ficar fazendo errado, evita fazer ou faz escondido. É isso.

M.A: Compreendo. Mas, será que poderia contextualizar reportando-se a uma situação?

P₆: Vamos dizer assim. Pronto. Professor que não chega atrasado, que não sai da sala antes do tempo, que fica trabalhando na sala de aula é tido como rígido e chato pelos alunos. Nas escondidas, alguns professores criticam esses também. Por que? Porque é comum a maioria fazer isso. Outra situação. Aluno que mostra algum interesse, assim fazendo perguntas, dizendo professora eu li alguma coisa, em algum lugar. Fiquei com tal e tal dúvida. Ou seja, o aluno que mostra algum interesse. Esse aluno é comentado pelos outros, é tido como o do contra. Várias vezes o aluno pra perguntar alguma coisa me chama na sala em particular pra falar. Isso intimida tanto o aluno quanto o professor que quer fazer diferente, ou então um pouquinho melhor. Cumprir com a sua responsabilidade.

M.A: Mas você disse que não sabe como resolver e se os professores querem resolver, enfrentar essa situação, não foi?

P₆: Sim. Foi. Isso é um problema que afeta todo mundo, todos os professores. Mas ninguém pra prá falar. Tipo assim: os alunos não gostam do professor que cumpre horário. Não gostam do professor que não aceita o aluno ficar entrando e saindo da sala de aula, porque tumultua. Então vamos fazer o seguinte: vamos todos os professores chegar no horário, sair no horário, dizer ao aluno que ele tem obrigação pra cumprir. Não é só direitos. Então eu acho que isso ia mudando. Não ficava mais como sendo exigência de um professor chato.

M.A: Você acredita que mudaria esse quadro de atitudes?

P₆: Acredito muito, você ia dando o exemplo, falando. Olha gente, será que isso é ético? Por causa dessa falta de ética geral, é que as pessoas estão nas filas dos hospitais. Porque pessoas sem ética desviaram o dinheiro, as verbas da saúde. Isso a gente sempre vê na televisão. Todo mundo assiste televisão. Será que a escola que estamos deveria ser assim? O que podemos mudar e de quem devemos cobrar condições pra que ela mude? Acredito que com isso, se todos os professores fizessem isso, ia mudando.

M.A: O que te dá essa convicção?

P₆: Aluno da escola pública é muito sensível, é muito carente. A agressividade é só uma capa. Então se o professor fala sério, fala diretamente com ele, ou fala sério mesmo, porque tem aluno que você precisa chamar pra razão, eles sentem. Eles não olham para o professor com desdém, assim como o aluno de escola particular. Então é por isso que eu acredito que se os professores parassem prá falar dos problemas da escola, se os professores dissessem isso aqui é o meu lugar de trabalho, isso é um problema também meu, poderia ser mudar. Não mudar totalmente, mas, trazia ânimo e esperança pra gente mesmo. Isso seria muito bom nesse momento.

M.A: Tudo bem, você falou desse contexto mais geral da escola. E em relação as aulas de física? Gostaria que você comentasse acerca desse contexto, o que você acredita que seria relevante para trabalhar nesse contexto?

P₆: Como falei, é uma situação tumultuada. Mas, se o professor tivesse condições de trabalhar com experimentos, ia ajudar muito. O problema é que é bem mais amplo. Mas, com o experimento, o professor pode trabalhar questões do cotidiano, pode trabalhar com a história da física. E o experimento em si, qualquer que seja ele, o aluno sente muita, vamos dizer, mostra muito interesse. É. O aluno mostra muito interesse, curiosidade pelo experimento.

M.A: Mas, diante desta convicção, você tem trabalhado com atividades experimentais com os seus alunos, não?

P₆: Não. Algumas vezes quando ainda era aluna, ainda estava fazendo o curso, aí eu trabalhei. Trabalhei uns oito ou nove meses em uma escola estadual, como contratada. Foi em outra, não foi nessa aqui não. Aí senti isso. Os alunos ficaram bastante interessados.

M.A: Quais as atividades que vocês desenvolveram?

P₆: Poucas. Eu usei uns três ou quatro experimentos em cada turma. Somente. Foi rápido, porque eu também não tinha experimentos prontos.

M.A: Mas se eles mostraram tanto interesse, por que você não continua a trabalhar?

P₆: Ah! Muito diferentes. Eu ainda era aluna, ainda fazia a licenciatura. Então eu fazia os experimentos lá na universidade. Eram assim, experimentos simples. Mas que eu podia continuar pedindo a ajuda dos alunos daqui da escola e depois trazia para a sala de aula pra ser debatido, pra deixar o aluno mostrar suas

dúvidas, suas perguntas sobre aquilo, sobre o experimento. Mas quando os alunos começavam a perguntar, a falar daquilo, eu ficava sem saber o que fazer com aquelas dúvidas. Então se por um lado eles mostravam interesse, mas motivados, eu precisava saber é, precisava saber explorar essas dúvidas dos alunos. Como ligar essa dúvida dele com a história? Com o cotidiano? É isso que eu queria fazer, é isso que deveria ser feito.

M.A: Certo. Você mostra claramente saber o que gostaria de fazer para explorar o experimento em sala de aula. Mas quais os impedimentos?

P₆: O que me impede? Ora. Eu não sei como fazer isso. Tive um professor que sabia fazer. Aliás, ele não foi meu professor. Apenas assisti uma aula dele e ele conseguia unir o experimento com a história, com questões do cotidiano. Aí sim. Mas eu não tenho conhecimento sobre isso. /.../

M.A: Foi durante o seu curso de graduação?

P₆: Sim, foi durante o período em que eu cursava a licenciatura em física. Mas, oportunidade que nos tivemos de planejar um experimento, montar o experimento foram pouquíssimas vezes. Parecia assim que era mais do interesse de um professor que uma programação do curso em si. Aí depois a gente fazia o relatório sobre aquilo que foi feito, aquelas etapas. Assim, eu queria outras coisas. Isso é importante fazer, claro. Mas, como trabalhar com o experimento relacionando com as idéias dos alunos, com o cotidiano? Então eu sinto falta disso. Não é só fazer o experimento, mas como utiliza-lo com o aluno na aula. Isso que eu sinto falta.

M.A: Tudo bem. Você menciona como sendo importante relacionar o experimento com o cotidiano do aluno. Mas, o que você considera como cotidiano, por que trabalhar nessa perspectiva é importante?

P₆: Os professores da área de educação colocam como importante. Como uma tendência atual relacionar a ciência com o dia a dia, com o cotidiano do aluno. Então trabalhar esse cotidiano, aproximá-lo do experimento também é importante.

M.A: Além das considerações insuficientes sobre o uso do experimento, você apontaria outras abordagens com lacunas em sua formação?

P₆: Especificamente, não. Mas a mudança teria que ser mais profunda, mais geral.

M.A: Como mais geral, mais profunda?

P₆: É. Bem mais profunda. Tanto na escola, quanto na universidade. Na universidade mesmo a gente vê tantas coisas que não contribuem em nada pra formação do aluno. Mas, continuam lá. É assim. A prioridade não parece ser o aluno. É a formação profissional que está ali. Mas, isso não aparece como prioritário e sim os interesses pessoais de cada um, de cada professor. Eu vejo que a escola também não é diferente. Sem falar que o salário do professor que não é da universidade, não tem condições. A gente precisa trabalhar em mais de uma escola pra sobreviver. Aí, a escola pública acaba ficando.

M.A: Gostaria que você falasse do planejamento de ensino, do planejamento pedagógico da sua escola.

P₆: Esse é o meu segundo ano aqui. O ano passado, cheguei em abril. Aí fiz meu planejamento sozinha. Foi um planejamento para o resto do ano. Mas esse ano, logo no início do ano, a primeira semana foi dedicada aos planejamentos. Mas, acaba que não dá pra seguir.

M.A: Por que não é possível cumprir o planejamento?

P₆: É muito idealizado, muito utópico. A gente faz um planejamento para o terceiro ano, por exemplo. Quando chega lá o aluno só viu mesmo o início da programação do primeiro ano. Outro diz que não aprendeu nada. E assim vai. Acaba que não dá pra você seguir o planejamento devido às dificuldades anteriores. Acaba ficando só na pasta, guardado pra ser jogado fora no próximo ano.

M.A: Com quais séries que você trabalha?

P₆: Com as três. Primeiro, segundo e terceiro anos. Mas tenho mais turmas do terceiro ano.

M.A: Mas, nestes planejamentos de ensino que você elaborou no início do ano, contemplou a Física Moderna e Contemporânea?

P₆: A Física Moderna, como assim? Você pergunta pela Física Moderna e Contemporânea nos planejamentos de curso?

M.A: Sim. Você contemplou abordagens sobre a Física Moderna e Contemporânea?

P₆: Não. Não incluí não.

M.A: Então você não trabalhou e também tenciona em trabalhar a FMC em suas aulas de Física, ou após o planejamento, surgiu a possibilidade em fazê-lo?

P₆: Não trabalhei e também não vou trabalhar a Física Moderna.

M.A: Tudo bem. Mas o que você comentaria sobre a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio?

P₆: Física Moderna no ensino médio ou nas minhas aulas?

M.A: Tanto no ensino médio quanto nas suas aulas especificamente.

P₆: Física Moderna? Eu sinceramente não vejo possibilidade alguma, assim, possibilidade nenhuma mesmo, em minhas aulas, nesta escola. Isso pode até ser possível em uma escola que os alunos tenham um acompanhamento desde o início do ensino fundamental. Um acompanhamento assim, uma escola que cumpre toda a programação, uma escola que possibilita um bom nível de aprendizagem ao estudante, uma

escola que não tenha os problemas que temos aqui. Não só aqui, mas nas escolas públicas em geral. Acredito que isso só será possível para algumas escolas particulares. Aquelas consideradas melhores, aquelas que cumprem toda a programação, realmente. Nessas seria possível que no terceiro ano, o professor pudesse trabalhar a Física Moderna com os alunos. Isso no ritmo que temos nessa escola, só em sonho é possível.

M.A: Você falou que seria possível o professor trabalhar a Física Moderna e Contemporânea no terceiro ano?

P₆: É. Trabalhar a Física Moderna e Contemporânea no terceiro ano. A não ser que ele terminasse toda a programação antes. Antes do final do segundo ano. Como acho isso quase impossível, por melhor que seja a escola, coloco essa possibilidade para o terceiro ano, talvez a partir da metade do terceiro ano.

M.A: Após concluída a abordagem da Física Clássica?

P₆: Sim. Por isso seria no terceiro ano. Após concluírem toda a abordagem da Física Clássica.

M.A: Tudo bem. Mas e a possibilidade de trabalhar-se a FC e a FMC paralelamente?

P₆: Física Moderna e Física Clássica juntas? Não. Sem condição. Aí que ia ficar complicado mesmo, sem os pré-requisitos.

M.A: Você coloca como inviável introduzir a Física Moderna e Contemporânea nos seus planejamentos de ensino desenvolvidos para essa escola aqui, não?

P₆: É. Totalmente inviável, devido aos vários problemas que eu já coloquei e aos vários outros, também. É uma lista sem fim.

M.A: Tudo bem. Mas, independentemente das impossibilidades de você introduzir a Física Moderna e Contemporânea nos seus planejamentos de ensino para esta escola, gostaria que você opinasse sobre a importância ou não de trabalhar-se a essa Física na educação básica.

P₆: Bom, importante é. A possibilidade apenas nas condições que falei. São condições que deixam as escolas públicas e a grande maioria das escolas particulares de fora. Infelizmente, mas é. Com a falta de compromisso e ética de muitos e sem ter quem possa fazer determinadas cobranças, os alunos das escolas públicas não conseguem acompanhar uma programação muito rígida. Também não posso deixar de admitir que as condições que temos, as condições de trabalho que temos, dificulta muito. Mas, isso deveria ser transformado em cobrança. Senão o professor, os alunos acabam fazendo o jogo de alguém que não tem interesse que a escola pública funcione. E são muitos, não são poucos não.

M.A: Como muitos?

P₆: Acha que se a escola pública funcionasse um pouquinho melhor essas escolas particulares pequenas existiam? Eu digo que se for analisar a fundo, o ensino não é muito diferente. É apenas um disfarce. Apenas a questão da segurança que é diferente. A escola particular tem um controle maior no aluno lá dentro aí com essa violência que está nas escolas públicas, os pais acabam tendo medo de mandar os filhos pra escola pública, quando eles são muito pequenos.

M.A: Voltando a pergunta anterior. Você já opinou sobre a possibilidade de introdução da FMC na educação básica. Eu gostaria que você opinasse sobre a importância ou não de introdução da Física Moderna e Contemporânea na educação básica.

P₆: Que é importante, não tenho dúvida que é importante a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio. Trabalhar música, teatro, também são importantes para desenvolver o potencial dos alunos, são possibilidades de realização deles.

M.A: Então já que você considera a introdução da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio como uma abordagem importante, daria pra detalhar um pouco mais sobre essa importância atribuída a essa possibilidade?

P₆: Olha. Conhecer a Física Moderna é conhecer uma parte importante da Física. Suas aplicações tecnológicas são muito amplas e são muitos os benefícios trazidos. Por isso é muito importante ser estudada no ensino médio.

M.A: Apesar da importância que atribuí ao ensino da Física Moderna e Contemporânea na educação básica, você não tem contemplado a mesma em seus planejamentos de ensino?

P₆: É. São as condições da escola pública que não permite. A quantidade de aulas que são muito poucas. A programação não é cumprida. As deficiências dos alunos são muitas. As condições da escola, do professor. Tudo isso inviabiliza.

M.A: Idealizemos uma situação. Digamos que as dificuldades decorrentes das condições das escolas públicas não existissem. Como você mesma colocou: que tivessem cumprido toda a programação, que os estudantes não tivessem deficiências extremas. Em que perspectiva você introduziria a Física Moderna e Contemporânea nas aulas de Física? Digo, qual seria o foco da sua abordagem, seus objetivos?

P₆: Isso é uma situação nova pra mim. Nunca precisei pensar nisso no contexto dessa escola aqui. Nunca me vi diante dessa condição. Por isso, nunca pensei nessa possibilidade, nunca pensei em como iniciar com a Física Moderna, entende? É uma situação que eu preciso analisar. No momento, eu não tenho nenhuma proposta, não sei realmente como eu poderei trabalhar a Física Moderna.

M.A: Isso é em uma situação idealizada, como falei antes. Em uma escola idealizada. E nessa escola aqui, nas suas aulas?

P₆: Aqui? Nem pensar. Aqui não dá nem prá tentar imaginar como seria.

M.A: Após a conclusão da licenciatura em física, como tem sido a sua formação?

P₆: Depois que conclui a licenciatura, não fiz nenhum curso. Fico pensando em fazer o mestrado em ensino. Outra ora penso em ainda fazer engenharia civil, porque sempre foi a minha intenção. Fiz curso técnico no CEFET, então, seria uma continuidade.

M.A: Mas você tem participando de encontros da área, simpósios? Enfim, qualquer evento que seja discutido questões de ensino?

P₆: Participei de umas palestras no departamento de física da UFPE. Foi no ano internacional da Física. Outra vez fui para uma palestra promovida pelo Espaço Ciência. Mas, assim, acho que essas coisas estão muito longe da sala de aula do ensino médio. Os palestrantes têm muito conhecimento, a gente vê isso. Mas, não conhecem a escola real. Então teorizam para uma escola que não existe. Isso de certa forma é muito desgastante prá gente. Até por isso eu já resolvi que não vou mais para esses eventos, a não ser que eu conheça a pessoa antes.

M.A: Tudo bem. Voltando um pouquinho, voltando um pouco em relação a introdução da Física Moderna e Contemporânea na educação básica, especificamente. Como foi a sua formação em relação a essa possibilidade?

P₆: Você fala na graduação, na licenciatura?

M.A: Exatamente na sua graduação. Como essa possibilidade foi trabalhada, debatida com vocês?

P₆: Com foi? Não foi. Isso não foi trabalhado em momento algum.

M.A: Você está afirmando que o contexto das possibilidades e necessidades relacionadas com o ensino da Física Moderna e Contemporânea não foram trabalhadas durante a sua formação?

P₆: Sim. Nunca vi isso. Quer dizer tivemos disciplinas de Física Moderna, mas, especificamente a Física Moderna no ensino médio, isso não vimos.

M.A: Então você cursou componentes curriculares relacionadas com a Física Moderna e Contemporânea durante a licenciatura em física?

P₆: Sim. Cursei Estrutura da Matéria. Depois, Física Moderna. Fiz uma disciplina na área de físico-química no departamento de química também. A programação dela era a química quântica, que é a mesma da física quântica. Agora a física quântica mesmo é mais aprofundada, mas a programação é a mesma. Eu queria ter uma base.

M.A: Exceto essa componente curricular do departamento de química, as do departamento de física não trataram da introdução da Física Moderna na Educação básica?

P₆: Não. Não vimos isso.

M.A: E nas componentes curriculares cursadas no departamento de educação?

P₆: Também não vimos não. Tenho certeza. Não foi falado nada sobre a Física Moderna no ensino médio.

M.A: Você lembraria das componentes curriculares de prática de ensino de física e estágio? Quantas foram?

P₆: Sim.

M.A: E também, como foi o desenvolvimento destas componentes curriculares.

P₆: Bom, foi assim. Eu lembro que na prática de ensino I era na própria universidade. Na prática de ensino II que fizemos o estágio.

M.A: Apenas em uma disciplina o estágio?

P₆: Sim. Apenas em uma.

M.A: Tudo bem. Comente sobre esse estágio.

P₆: Bom. A gente já sabia que no último semestre precisava de encontrar uma escola prá estágio. No semestre anterior, logo no penúltimo semestre, procurei logo a escola. Falei com o diretor e ele aceitou. Até gostou porque não existia professor de física prá duas turmas da noite. Aí elaborei um plano prá desenvolver nessas duas turmas. Foi bom porque trabalhando com duas turmas o mesmo planejamento, a gente começa a comparar certas coisas.

M.A: Qual era a série destas turmas que você desenvolveu o seu plano?

P₆: Eram duas turmas do segundo ano do ensino médio. Como já sabia deste o penúltimo semestre que seria com essas turmas, fiz o planejamento para as leis da termodinâmica. Tive cinco encontros nessa escola. Inicialmente planejei quatro encontros, mas acabei atrasando um pouco. Aí, pronto, acabou.

M.A: Então a escolha em trabalhar com as leis da termodinâmica foi sua?

P₆: Sim. Como eles não tinham professor, então pude escolher um assunto da série deles. Se tivessem professor, aí eu teria que seguir o planejamento do professor daquela escola.

M.A: Tudo bem, você foi até a escola, fez o planejamento, desenvolveu, etc. Mas, como que a universidade acompanhou essas etapas?

P₆: A professora da disciplina?

M.A: Sim. O responsável pelo estágio.

P₆: Bom, no primeiro dia de aula a professora pediu que arrumássemos uma escola. Aí deu um tempo, acho que três semanas, pra aqueles que precisavam localizar uma escola. Eu já havia conseguido a minha. Aí, depois do período dado, voltamos pra sala de aula. Ela deu mais um tempo pra fazermos um plano de aula, fazermos em casa. Aí, nos horários da aula, ela estaria lá, caso a gente tivesse alguma dúvida no plano e também ela queria saber, precisava de anotar a escola que o estágio ia ser feito e a data. Também no primeiro dia, no primeiro encontro, marcou uma data pra levarmos um relatório do estágio. Foram dois encontros já no final do semestre pra que pudéssemos apresentar pra turma o relatório do estágio. Assim, falar do estágio, das nossas impressões dos alunos, da escola, de como fomos recebidos. Essas coisas.

M.A: Então vocês não eram acompanhados nem pela escola, nem pela universidade?

P₆: Acompanhados assim, acompanhados diretamente, não. Sabiam o que estava fazendo. Pelo menos comigo. O diretor da escola sabia que eu estava na escola, só não sabia qual era o assunto. A professora de prática de ensino sabia que eu estava na escola, sabia do meu planejamento porque ela ficou com uma cópia de todo o meu plano. Mas, não estavam lá diretamente comigo não.

M.A: Tudo bem. Essa foi a componente curricular prática de ensino II.

P₆: Isso. No último semestre do curso.

M.A: Mas, como foi a prática de ensino I?

P₆: A prática de ensino I...

M.A: Desculpa-me. Antes de você começar a falar da prática de ensino I. Você mencionou que nos últimos encontros da prática de ensino II, todos os colegas reuniram-se com o professor para apresentarem o planejamento e a execução do mesmo, não?

P₆: Sim. Foi isso sim.

M.A: Alguém dos seus colegas trabalhou com a Física Moderna e Contemporânea?

P₆: Física Moderna, não. Ninguém trabalhou não. Teve eletricidade, energia, outros assuntos. Mas Física Moderna não.

M.A: Tudo bem. Mas, voltando a comentar sobre a prática de ensino I.

P₆: Sim. Na prática de ensino I a gente ficava na universidade mesmo, tendo aulas normalmente com a professora. Foi todo o tempo assim.

M.A: Mas, você lembraria da programação, ou mesmo parte da programação?

P₆: Bom, aprendemos a fazer um plano de aula. Tanto que na prática de ensino II, pediram pra gente fazer, já sabendo que tínhamos aprendido no semestre anterior. Plano de aula, lemos uns textos sobre interdisciplinaridade, outro sobre formação de professores. Alguns outros, mas eu não lembro no momento. Faz muito tempo.

M.A: Claro, mas você já deu-me uma visão geral. Já é suficiente. Então, em nenhuma das componentes curriculares foi discutida a possibilidade de trabalhar-se com a Física Moderna e Contemporânea na educação básica?

P₆: Não. Em nenhuma delas. Apenas tivemos aulas de conteúdos da Física Moderna, como falei antes. Mas, como trabalhar a Física Moderna no ensino médio, não.

Anexo 7 - Entrevista Com o Professor P₇

Identificação	
Codinome	P ₇
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	1989
Término do Curso	2004
Tempo de Atuação	6
Séries	1 ^a , 2 ^a , 3 ^a do Ensino Médio
Mês da Entrevista	Setembro de 2009
Legenda	MA = Maria Amélia P ₇ = Professor P ₇

MA: Primeiramente agradeço pela sua colaboração e, a partir dos propósitos que coloquei no nosso primeiro encontro, pediria que você discurresse comentário livremente sobre a sua atuação profissional.

P7: Como professora de física?

MA: Sim

P7: Mas aqui na escola ou na outra?

MA: Primeiramente, nesta escola. Mas, você trabalha em outra?

P7: É. Em uma escola particular. Mas lá trabalho com matemática. Atualmente, estou no ensino médio, mas no início, comecei no ensino fundamental.

MA: Então gostaria que inicialmente falasse desta aqui, tendo em vista que atua como professora de física. Claro. Também poderá falar da outra.

P7: Posso falar o que quiser sobre minha atuação?

MA: Sim. Poderá sim.

P7: Vou falar assim. Primeiro falo da escola. Depois das aulas, certo? Da escola, quero dizer assim, como eu vejo a escola.

MA: Certo. Está ótima essa sua organização da fala.

P7: Aqui eu tenho 2 anos. Fui convocada pela secretaria da educação depois de ser aprovada em um concurso. Logo que fui optar por uma escola queria uma outra porque ficava perto da minha casa. Mas, chegando lá, as aulas já haviam começado. Era uma agitação tão grande que nem esperei pra falar com o diretor. Fui bem recebida: Nossa, você quer vir pra nossa escola! Que bom! Aí falei que tinha um compromisso e depois, à tarde ou no dia seguinte, voltaria. Aí telefonei pra alguns amigos que conhecem as escolas e eles me disseram porque ninguém queria. Me indicaram essa aqui. Até agora, acho um bom lugar pra trabalhar, comparando com as outras. Apesar de algumas coisas, pelo menos a direção nos apóia, sempre conversa com os professores. Vamos dizer, dentro do que está por aí, estou assim, satisfeita com a opção.

MA: Você falou que gosta da escola apesar de algumas coisas? Algumas coisas?

P7: Veja. É uma escola grande. Muitos alunos. Então temos na área próxima muitos problemas com drogas. A gente não vê diretamente, mas sabe que existe. Percebe a movimentação. Ai a gente se sente inseguro. Eu me sinto insegura. Muitos alunos também ficam amedrontados, principalmente no turno da noite.

MA: Mas esses envolvimento também ocorrem com os alunos daqui?

P7: Acho que sim. Escola, sabe como é. É um território sem lei.

MA: Mas esse envolvimento com drogas também ocorre com os alunos daqui?

P7: Embora a gente não tenha conhecimento direto, não conheça diretamente quem é, percebe-se no ar que existem sim. É muito aquela coisa: todos sabem, mas ninguém fala.

MA: Ainda em relação a esse contexto da escola, o qual você optou por falar primeiramente, quanto tempo você atua como professora e em específico nesta escola?

P7: Aqui nesta escola um ano. Mas antes já atuei durante um ano e meio.

MA: Então quando você iniciou aqui no ano passado, o ano letivo já havia começado?

P7: Sim. Já havia começado. Mas, as turmas nas quais eu comecei a trabalhar, eu fui a primeira do ano. Estavam sem professor até aquela data em que cheguei.

MA: Tendo em vista o ano letivo já ter iniciado quando você chegou nesta escola, como foi o seu planejamento de ensino? Em que você se baseou, tomou como referencial, quais foram os seus objetivos?

P7: Bom, eu ainda não conhecia a escola, o ritmo dos alunos. Então o planejamento que eu fiz não consegui chegar nem perto da metade. Além deles não terem tido professor de física até aquela época do ano, nos outros anos, principalmente os que eram do terceiro ano, ficaram um tempo sem professor. Veio um contratado porque ainda não tinham realizado o concurso, mas ele ficou pouco tempo. Ou seja, vários problemas que me impediram a cumprir o planejamento. Além disso, eles tem muitas dificuldades em matemática. Isso [e] o pior. Assim, eu não consigo avançar com o programa de física.

MA: No seu primeiro ano de atuação nesta escola, digo em 2006, você teve toda essa problemática para cumprir o seu planejamento.

P7: Sim. Foi.

MA: Mas, quais as séries que você trabalhou?

P7: Fiquei com turmas do primeiro, do segundo e do terceiro ano.

MA: Todas do ensino médio?

P7: É. Do ensino médio.

MA: Como você organizou o seu planejamento de ensino por série?

P7: Procurei seguir a programação dos livros. Consultei uns dois ou três livros de autores diferentes e organizei uma seqüência a partir da seqüência deles. Acho que por isso dificultou porque vejo como impossível cumprir toda a programação do livro, por mais superficial que seja a abordagem do professor.

MA: Mas, depois dessa experiência em 2006, agora no início do ano letivo de 2007, já que você não é mais recém chegada à escola, já conhece um pouco mais do contexto, como foi o seu plano de ensino? Quais os teus referenciais para a elaboração dele?

P7: Acho que fui mais realista. Fiz um planejamento mais simplificado. Assim, não entrando nos detalhes dos conteúdos. Mas, ainda não dá pra cumprir porque as dificuldades são muitas, principalmente as dos alunos, ainda continuam.

MA: Como que ocorreu esse planejamento, há uma solicitação da administração da escola?

P7: Na primeira semana de aula, tivemos uma semana pra fazer o planejamento pedagógico. Então eu fiz o planejamento das minhas turmas e depois entreguei a coordenação.

MA: Existem outros professores de física aqui nesta escola, não?

P7: Sim. Mais dois. Um que eu conheci a pouco tempo, porque ele é totalmente do turno da manhã. Outro encontro algumas vezes. Quando eu chego a noite ele está saindo. Esse da manhã é mais tem menos tempo de ensino, até pela idade dele a gente percebe. O outro, parece-me ter mais tempo e me falou que nestes três anos, está se aposentando.

MA: Mas, durante esse planejamento, nesta semana de planejamento, qual foi a sua interação com eles?

P7: Não. Cada professor elabora o seu planejamento. Cada professor de física, de química, de biologia, de todas as disciplinas. Cada um tem seu jeito, as turmas são separadas, então é melhor fazer assim.

MA: Mas, e o planejamento pedagógico da escola? Qual foi a participação de vocês, como incorporou as diretrizes do mesmo em seu plano de ensino?

P7: O planejamento pedagógico da escola?

MA: Sim, o planejamento pedagógico da escola?

P7: Olha, eu não conheço. Ninguém nunca me falou. Acho que as coordenadoras e a diretora não fizeram. Não, não sei. Nunca perguntei por ele. Então não posso dizer que ele não existe. Apenas não conheço.

MA: Você gostaria de falar algo mais sobre o contexto geral da escola, porque foi essa a primeira abordagem que você se propôs inicialmente?

P7: Não. Acho que já falei. Se lembra de mais alguma coisa, falo depois.

MA: Tudo bem. Então agora você vai falar do contexto das aulas de física, não?

P7: Sim. Essa é que é.

MA: Como assim.

P7: Que estão todos os problemas da escola. Nas aulas.

MA: Nas aulas de física?

P7: Também. Mas nas outras, em todas também.

MA: Então, fale das aulas de física.

P7: Bom. Aulas de física. Alunos totalmente desmotivados, já começa daí.

MA: Desmotivados, como?

P7: Desmotivados. Demoram a chegar na sala de aula. No horário da aula, conversam sobre tudo, menos sobre a aula, menos sobre o que estou tentando trabalhar na aula. Se faço perguntas, poucos procuram responder, ou melhor, poucos procuram sequer ouvir o que se está perguntando. Não lêem, não procuram perguntar, ampliar os horizontes, perguntar o por que das coisas. São poucos os participam, fazem perguntas na sala de aula. Outra coisa, acho que até já falei antes, eles tem muitas dificuldades em matemática. A maioria deles não sabem trabalhar com a matemática básica. Sabem ler, mas poucos sabem interpretar o que está escrito, o que lêem. Se você não tiver vivenciando ali, é pra dizer que não são alfabetizados. Também não se concentram, não procuram melhorar, não se doam o que fazem nem naquele momento da aula. Ai fica difícil pra aprender física. Ficam só no como física é difícil. Mas o que não é? Se pergunto se nas outras disciplinas são diferentes, por exemplo, se física é difícil, o que não acham difícil? Português? Matemática? Mas, será que estão interpretando corretamente? Será que estão sabendo trabalhar com as operações básica. Aí a gente vê que em tudo.

MA: Com que você gostaria de trabalhar na convicção de que os alunos poderiam participar mais das aulas?

P7: É complicado. Mas, acho que se o professor trabalhasse com informática, eles poderiam se motivar mais. Mas informática assim, não são aulas de informática, mas, aulas de física utilizando-se de recursos da informática. Acho que isso poderia motivar os estudantes, já que gostam tanto de computadores.

MA: Certo, você teria condições de trabalhar aqui nesta escola?

P7: Olha. Assim. Não sei direito. Temos uma sala que tem uns vinte ou vinte e dois computadores funcionando. Talvez até conseguisse trabalhar com os alunos algumas vezes. Claro que não poderia ser sempre, porquês outros também precisam de usar a sala. Os professores precisam elaborar as provas, essas coisas. Não sei se seria possível, mas acredito que eles se motivariam para as aulas.

MA: Tudo bem. Mas, quais o que você iria trabalhar? Quais as abordagens?

P7: Eu ia trabalhar a programação, a programação normal. Só que no computador, usando recursos do computador. Ficava mais fácil de perceberem as coisas, não ficavam só imaginando.

MA: Tudo bem. Tem essa questão da disponibilização da sala, porque outros professores necessitam de usá-la. Mas, você já tentou trabalhar nesta perspectiva pelo menos uma semana? Digamos, com apenas uma das turmas, digamos aquela que tenha menos alunos?

P7: Isso é difícil porque eu também não fui preparada para isso. Então agora, como vou fazer? Aí fica difícil a gente trabalhar assim de repente com alguma coisa que eu não tive formação, que eu não tive preparação. Quem sabe, futuramente eu poderei arriscar. Mas, antes tenho que estudar muito me preparar e como a gente sabe, nem sempre é possível a gente fazer isso sozinho, sem o apoio de ninguém. É muito difícil mesmo.

MA: Isso não fez parte da sua formação? É isso que afirma? Quando mesmo que você iniciou e concluiu o curso?

P7: Eu comecei a licenciatura em física no segundo semestre de 1989. Depois tranquei um semestre e concluí em 2004. Bom, aprendi a trabalhar com informática no ensino. Tenho alguma noção porque um colega do curso, que não era nem da minha turma, apenas cursei algumas disciplinas com ele, trabalhavam com isso. Ele sabia fazer uma página na internet, sabia como acessar e utilizar uma plataforma. Sabia procurar experimentos, sabia várias coisas que a gente podia trabalhar com os alunos. Assim, a gente também vê em algumas revistas, até mesmo em programas de televisão, o uso da informática no ensino. Então a gente fica até um pouco fascinando. Acho que os alunos também. Eles assistem televisão e é muito comum falarem da informática no ensino. Mas, quando chega nas condições reais da escola, quando chega nas condições que a gente fez o curso, nada disso existe. Principalmente durante no curso que nos fizemos. Ninguém falou da informática no ensino. Outras coisas também, tipo trabalhar com projetos, ninguém ensina. Então quando você chega na sala de aulas como professor, como fazer isso? Não dá. Ninguém aprende do nada. O que nos tivemos foi um ensino tradicional, repetindo os livros que foram escritos a muito tempo antes. Fui a um encontro que aconteceu aqui em Recife. Nossa, como falavam em interdisciplinaridade, a importância da interdisciplinaridade. Mas, eu não sei o que é isso. Interdisciplinaridade parece trabalhar com várias disciplinas, mas e quem é de física, ou de matemática que só estuda coisas específicas? É difícil entender. Não tive formação pra isso. Então a gente chega na sala de aula já se sentido superado no tempo. Mas, pra onde você vai, tem alguém pra te dizer o que deve você deve fazer, como se você não trabalhasse daquela maneira por indisposição, por conveniência. Não! É falta de formação, falta de condições do local. Tudo junto.

MA: Durante a sua formação, não estudaram sobre a interdisciplinaridade?

P7: Olha. Alguns professores do departamento de educação falaram vagamente. Mas um estudo mesmo, um estudo aprofundado, isso não aconteceu. Foi tipo comentários e não um estudo em si.

MA: Bom, vejo que nesta sua última fala você está falando de algumas dificuldades para trabalhar em sala de aula e remete a formação básica que você teve.

P7: É. É uma consequência.

MA: Então, você poderia fazer uma avaliação da sua formação como professora de física?

P7: Do meu curso?

MA: Sim, da licenciatura em física.

P7: Bom. Era um curso que eu queria muito fazer. Acho que a física em si traz uma fascinação muito grande, tem o seu encanto. Procurei fazer a licenciatura porque via que ensinar também era muito fascinante. Ainda acho, apesar de tudo. Talvez eu fui influenciada por minha mãe que é professora. Bom, o curso eu esperava que fosse mais atual. A gente percebe que é um curso muito ultrapassado. Assim, como se ele estivesse parado a quarenta, cinquenta anos atrás.

MA: Poderia detalhar, especificar essa condição de que o curso ultrapassado.

P7: Ultrapassado? É... Bom. A gente vê na televisão tantas coisas no ensino, tantas inovações tanta tecnologia pra aprofundar o conhecimento. Informática, as redes de computadores, astronomia. Tanta propaganda do governo. Merenda, livro didático, como se isso fosse avanço. Muitas novidades, coisas em revistas, em encontros. Mas, quando a gente cheguei pra fazer o curso, nada disso a gente tem acesso. É como se a gente tivesse entrando, vamos dizer, em um tempo parado. Entrando em um museu. Assim, até onde eu lembro, quando eu fazia o primeiro grau, o professor apresentava os conteúdos, a gente copiava, fazia os exercícios do livro, os questionários, fazia as provas repetindo aquelas coisas. Algumas a gente até decorava sem entender. Então o que mudou no ensino, assim, no curso que eu fiz? Não sinto muita diferença não, ou nenhuma. É muito parecido. Às vezes as pessoas dizem, nossa, você em uma universidade, com todo aquele conhecimento. Não sabem elas a realidade.

MA: No seu planejamento de ensino, naquele que você mencionou ter elaborado no início do ano, você contemplou a física moderna e contemporânea?

P7: Física Moderna?

MA: Sim.

P7: Mas, Física Moderna na escola, aqui na escola?

MA: Sim, nas suas aulas de física.

P7: Interessante, eu não tinha pensado nisso. Física moderna no ensino médio? Acho que isso é mais uma das coisas que a gente não pensa na universidade. Mas de repente, a gente se percebe que está atrasado, defasado em relação ao tempo, em relação ao que se exige aqui fora.

MA: Então o ensino da física moderna não foi contemplado durante a sua formação como professora de física?

P7: Não, não foi. Quer dizer, eu fiz as disciplinas de Física Moderna e Estrutura da Matéria. Mas, assim, pra trabalhar na escola, no ensino médio, isso não é não foi feito. Foi como as outras. A gente trabalhava os conteúdos no departamento de física e como levar para a escola, somente no departamento de educação. Mas física moderna na escola, não foi estudado.

MA: Então como trabalhar com a física clássica no ensino médio foi trabalhado em componentes curriculares do departamento de educação?

P7: Quando fomos fazer o estágio, então a gente fazia o plano de aula. Somente nesta situação que a gente abordou a física clássica na escola. Mas cada aluno fazia o seu plano de aula e se tivesse dúvidas, levava pra professora. No departamento de educação a gente falava de coisas mais gerais da aprendizagem, do que era importante pra aprendizagem. Mas, um assunto específico da física pra ser trabalhado no ensino médio, isso a gente não teve não.

MA: Tudo bem, mas qual o seu ponto de vista sobre o ensino da FMC na educação básica, no nível médio?

P7: Acho que é importante, que deve ser importante. Mas, eu preciso me situar em relação a isso, porque eu não tive quando eu fiz o ensino médio. Durante o curso, estudei física moderna, mas não como levar para o ensino médio. Mas, pra levar para o ensino médio também a gente não estuda como fazer com a física clássica. A questão é que a física clássica a gente tem a experiência de quando a gente era estudante. Com a física moderna é diferente.

MA: Como diferente?

P7: Diferente. Acho que é muito abstrata, muito diferente daquilo que a gente pensa, muito diferente da lógica.

MA: Por exemplo?

P7: Pronto, em relatividade, a contração dos objetos mesmo. Aquilo é muito complicado de se aceitar, pra um aluno do ensino médio aceitar. Era preciso uma preparação muito longa de todo o ensino. As cabeças não estão acompanhando o tempo, não estão se permitindo pensar sobre nada. Querem tudo muito imediato, tudo pronto. Eu tenho as vezes a sensação de que pensar, pensar sobre qualquer coisa, saber os porquês das coisas é ultrapassado, é como se fosse algo fora de moda, entende? Não é moda, moda. Moda de roupas, sapatos, essas coisas. Seria assim, uma coisa que não se faz mais. Seria assim, pensar é perder o tempo, porque tem quem pense, entende?

MA: Sim. Estou a entendê-la. Mas, eu gostaria de retomar uma fala sua em relação as componentes curriculares Física Moderna e Estrutura da Matéria, que você diz ter cursado durante a sua formação.

P7: Sim. Tudo bem.

MA: Você poderia comentar sobre as aulas, a sua participação, sobre esse contexto específico?

P7: Sim. Vou me situar um pouco. Vou falar primeiro do que lembro quando fiz Física Moderna. No geral é muita novidade. São idéias que a gente não está acostumada. Antes de se entender direito um contexto, um conceito, surgem outros e as dúvidas vão se acumulando. Foi muito isso que aconteceu comigo. É assim que eu avalio agora. Então naquele momento, a gente não para pra pensar naquela dúvida específica, tipo, por que essa contração do comprimento? Por que mesmo isso aqui? Como vou falar, levar isso para meu aluno do ensino médio? Nada disso eu pensei naquele momento. Não deu pra fazer essa reflexão.

MA: Você afirma que, naquele momento em que era estudante, em que estava cursando a componente curricular Física Moderna não pensou em como, futuramente, trabalhar essa física com os estudantes do ensino médio, não.

P7: Isso. Eu não tinha essa clareza, essa consciência. Era somente aquilo naquele momento. Assim, assistir as aulas e passar por média ou quem sabe, ir pra prova final, mas ser aprovada naquele semestre.

MA: Tudo bem. Mas, durante o período em que você cursava a componente curricular Física Moderna, o professor não conduziu nenhuma reflexão sobre a possibilidade de vocês trabalharem a mesma com seus futuros estudantes.

P7: Não. Nunca ocorreu. Apenas seguia o programa, os conteúdos. Essas discussões extras ele nunca abordou. Também não sei se o tempo era suficiente, porque precisava detalhar todas as etapas pra que a gente pudesse entender. Senão a gente ficava parando, perguntando os detalhes, as passagens.

MA: Então comente sobre as aulas.

P7: Eram assim. O professor começava exponto o conteúdo e a medida que ia avançando a gente ia perguntando. Aí ele explicava outra vez. Mas, assim, tudo muito rápido.

MA: Você recordaria da programação? Da sequência?

P7: Ele ia seguindo os capítulos do livro adotado. Do principal livro adotado.

MA: E as avaliações de aprendizagem?

P7: Avaliações. Bom. A gente fazia as listas de exercícios e no final de cada unidade fazia as provas. As listas valiam dois pontos nas provas de unidade. Na final, acho que quatro pontos. Não tenho certeza, se realmente quatro pontos porque não precisei fazer a prova final.

MA: Mas, como eram as listas de exercícios? Como eram as questões?

P7: A maioria das questões eram as dos capítulos do livro. O professor escolhia as questões ímpares, ou as questões pares. Agora, algumas questões das listas o professor selecionava em outros livros.

MA: E o estilo das provas, como foi?

P7: As provas. Bem parecidas com as listas. Até bem mais fáceis porque as questões eram mais rápidas. Às vezes, o difícil era a gente perceber os pequenos detalhes, aí pareciam difíceis, mas não eram. Quem fazia as listas de exercícios com bastante atenção, estudando todos os detalhes, procurando compreender todas as etapas, não encontrava dificuldade nas provas não. A dificuldade da prova estava nos detalhes, você está atendo aos detalhes.

MA: Você mencionou que durante as aulas de Física Moderna não ocorreu nenhuma reflexão acerca da possibilidade de vocês trabalharem aquela física no ensino médio. Mas, isso ocorreu em uma outra disciplina? Seja no próprio departamento de física, ou em outro departamento, em outro momento?

P7: Não. Ninguém nunca fez esse tipo de abordagem.

MA: Durante o seu estágio regência você elaborou planos de aula, não?

P7: Sim. Em dois semestres nos fizemos isso. Elaboramos os planos e íamos as escolas.

MA: Você recordaria você abordou em termos de conteúdos?

P7: Acho que fiz um plano abordado sobre reflexão e refração. Acho que foi. No outro semestre em trabalhei as leis da termodinâmica. Desse eu lembro bem porque eu usei um experimento de um colega.

MA: Então você não desenvolveu abordagens contemplando conceitos que você havia trabalhado na componente curricular Física Moderna?

P7: Não. Com certeza não.

MA: Você também cursou Estrutura da Matéria?

P7: Sim. Cursei. Era obrigatória.

MA: Gostaria que você também comentasse sobre as aulas, as avaliações.

P7: Certo. Os conteúdos eram diferentes. Mas eu diria que a forma foi bastante semelhante. As dificuldades, pelo menos as minhas, também eram muito semelhantes. Os conteúdos iam passando, passando e as dúvidas se acumulando. Parece que no final a quantidade de dúvidas era maior que a de certezas. Era assim: o professor ia expondo os conteúdos e a gente ia perguntando as dúvidas.

MA: Sim. Das avaliações também.

P7: As avaliações de Estrutura da Matéria eram como as de Física Moderna. As listas de exercícios, só que valendo até dois pontos e no final de cada unidade, uma prova escrita com os conteúdos daquela unidade.

MA: Você comentaria sobre as listas de exercícios e as avaliações em si?

P7: Bom, a maioria das questões das listas de exercícios eram retiradas dos capítulos do livro. Algumas poucas eram de outros livros. As questões das provas eram também muito parecidas com as das listas feitas na unidade.

MA: Você lembraria o que foi contemplado na componente curricular Estrutura da Matéria?

P7: Física Moderna foi a parte de Relatividade. A Estrutura da Matéria, foi referente à teoria quântica.

MA: Como você avalia a sua aprendizagem nestas disciplinas?

P7: A minha aprendizagem?

MA: Sim.

P7: Nossa. Bom, passei por média nas duas. Mas, assim, eu digo que ficou mais dúvidas do que conhecimento, entende? É... a medida que o professor ia avançando nos conteúdos, a medida que ele ia expondo os conteúdos, as dúvidas iam se somando as existentes, àquelas que ficaram pra trás. Como eu falei em Física Moderna.

MA: Por que essas dúvidas, quais dúvidas?

P7: É que é muito abstrato. Muita coisa sem sentido e não existe tempo pra se entender. A apresentação do professor, talvez deveria ser mais detalhado. Talvez. Não quero dizer que era culpa dele. Apenas quero dizer que muitas coisas ficavam sem que a gente tivesse um entendimento realmente. Era como se agente aceitasse, confiava que era aquilo, mas, não entendia. Comigo era assim e com os colegas da turma, que eram mais próximos, também.

MA: Você poderia exemplificar essa situação?

P7: Digamos assim. Você explicar a alguém que um objeto com a velocidade da luz se contrai. Tudo bem, se contrai. Aceito isso. Mas, como se contrai? O que ocorre com a parte física dele em si? Contrair na direção do movimento é diminuir de tamanho, não é? Então, isso é muito estranho pra se entender, pra se aceitar como realmente isso ocorre. Digo assim, pra aceitar como realmente ocorre e não apenas porque o professor está dizendo e a gente fazer na prova. É uma situação como essa que eu tenho dúvidas e digo que realmente não aprendi.

MA: Você daria um outro exemplo semelhante, só que em relação a teoria quântica?

P7: Em relação a teoria quântica? Estrutura da Matéria? Aí. Preciso pensar um pouco. Não lembro assim... Teria que olhar os conteúdos. É... Ah! Lembrei. Se for olhar direitinho, aquela questão, aquela proposta da energia quantizada de Planck também é muito difícil de aceitar aquilo, de entender realmente como aconteceu. Assim. Eu não quero dizer que aquilo é errado. Não. Não é isso. Eu apenas estou dizendo que é muito difícil de entender tudo aquilo, entender o passo a passo. Eu tenho a impressão que algumas coisa naquele meio está escondida, que os livros não mostram pra gente.

Anexo 8 - Entrevista Com o Professor P₈

Identificação	
Codinome	P ₈
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	1999.2
Término do Curso	2004.2
Tempo de Atuação	4 anos
Séries	5 ^a e 8 ^a séries do Ensino Fundamental 1 ^a , 2 ^a e 3 ^a séries do Ensino Médio
Mês da Entrevista	Setembro de 2009
Legenda	MA = Maria Amélia P ₈ = Professor P ₈

M.A: Tendo em vista que no nosso primeiro encontro você conheceu as minhas intenções e aceitou colaborar com as mesmas, inicialmente, gostaria que você comentasse sobre a sua formação. Digo, o início, o término do curso e o tempo de atuação como professora de física.

P8: Comecei o curso de física, a licenciatura, na segunda entrada de 99 e finalizei no segundo semestre de 2004. Não cheguei a trancar o curso, mas atrasei-me um semestre por uns problemas pessoais. No segundo semestre de 2000, acho que foi no ano de 2000, só consegui finalizar duas disciplinas. Aí, fiquei atrasada. As vezes eu tinha horário, mas a disciplina não era oferecida naquele horário. Bom. Aí atrasei.

M.A: E sobre a sua atuação como professora?

P8: Comecei a trabalhar como professora de física em uma escola particular, lá em Jaboatão. Isso foi no ano de 2003, logo no início do ano de 2003. Fiquei até o final do ano. Não sei como fique. Logo no início de 2004, comecei a substituir um professor no estado, em uma escola estadual.

M.A: Vou interrompê-la um instante. Você mencionou que não sabe como ficou até o final do ano na escola particular. Como foi isso?

P8: Eu quero dizer assim. Era um lugar de trabalho tão, assim, inóspito, que não sei como consegui chegar até o final do ano. Acho que foi mais uma determinação do tipo: Vou terminar o curso de licenciatura e não sei o que é uma escola. Então tenho que ficar, tenho que conhecer essa escola esse ano.

M.A: Como terminar o curso e não conhecer uma escola? E os estágios?

P8: Olha. Sinceramente, os estágios deixam muito a desejar, mas muito mesmo. Assim, você faz um plano de aula pra alunos que você não conhece. O professor faz comentários gerais. Você vai pra escola, faz um relatório. Tem um encontro final e você faz comentário geral pra toda a turma. Acho que não acrescenta muita coisa, é só pra cumprir a burocracia. Se o aluno não for honesto, ele cria um relatório e ninguém vai saber que aquilo não existiu.

M.A: Entendo. Mas, eu gostaria que você se reportasse ao contexto da primeira escola que você trabalhou. Você se referiu a mesma como um lugar inóspito, não foi? Você detalharia um pouco mais sobre esse contexto?

P8: É assim. É uma escola particular. Escola de bairro. Assim, uma escola sem tradição. Eu vejo que essas escolas fazem tudo para manter o aluno. Desde que a mensalidade do aluno esteja em dia. Então não existe um planejamento, um propósito. É tudo muito imediato. Tudo muito ao gosto do aluno. É aquela coisa, tipo assim: eu pago e quero ser atendido. Como quero, do jeito que eu quero. Isso é horrível, porque o mundo não é assim. Poxa, pessoas jovens já pensando dessa maneira? E o pior, a instituição, assim coordenadores, se guiando por esses pontos de vista. Priorizando isso. Tomando como referência para conduzir as atividades. Isso influencia no comportamento dos alunos, influencia o andamento de tudo. Então, são essas situações que eu chamo de lugar inóspito. Isso é horrível.

M.A: Continuando sobre a sua atuação.

P8: Bom. Isso foi durante um ano na escola de Jabotão. No ano de 2004, assumi aulas de física em uma escola estadual. Fiquei com duas turmas de ciências e as outras turmas de física no ensino médio.

(Trecho com ruídos – fala da atuação na escola acima)

P8: Depois fiz o concurso e assumi agora no início do ano, no mês de março, mais ou menos. Assumi turmas do 1º, 2º e 3º anos. A maioria das turmas é no turno da manhã. Apenas duas turmas são no turno da noite.

M.A: Como você está avaliando a experiência?

P8: Escola pública é muito bom prá se trabalhar porque você, o professor tem muita liberdade. E nesse sentido que digo que é bom.

M.A: O que você avalia como muita liberdade.

P8: Liberdade prá fazer o programa, desenvolver atividades. É liberdade para elaborar a avaliação, muitas coisas. Por outro lado, como não existe uma cobrança direta, muitos professores acabam não fazendo quase nada. Aí atropela tudo.

M.A: Quais seriam esses atropelos.

P8: Alunos atrasados, assim, atrasados no conhecimento. Sem nenhum compromisso, alunos com problemas que interferem na sala de aula.

M.A: Mas, nenhuma exigência é feita? Tudo que o professor resolver é aceito?

P8: Tudo, desde que o aluno não seja reprovado. Eu percebo a escola pública uma grande, vamos dizer. É muito agressivo mais é assim que eu percebo. A escola pública é uma grande farsa que o governo arma prá mostrar que cuida da educação. Aqui a gente sabe que não funciona, mas a questão é que se precisa mostrar lá fora. Mostrar que o país se preocupa com educação básica. Veja, todo político fala em melhorar a educação, onde eles nem sabe das reais condições da educação, não sabem das condições de uma escola, da precariedade da escola. Então, o aluno não pode ficar reprovado, senão a educação não vai bem e isso reflete nas estatísticas. Por isso digo que é uma grande farsa e o aluno não percebe que é enganado.

M.A: O aluno não percebe que está sendo enganado? Como?

P8: Sim. Não percebe. Também pela idade da maioria não dá prá perceber. Mas e a família? Por que não percebe isso.

M.A: Mas, você não acha que muitas vezes os familiares também não percebem esse jogo do sistema?

P8: Sim. As vezes acho que não percebem mesmo, senão adotavam outra postura. Mas, acho também que não percebem porque é cômodo não perceber. É melhor deixar os problemas para alguém resolver que encontrar solução. Querem tudo muito de imediato. Por isso tenho dúvidas de que não percebem o jogo do sistema. Afinal, nada melhor do que a experiência para se perceber as coisas. E isso eles tem demais.

M.A: Mas, nesse contexto, o que você considera como sendo uma abordagem fundamental para ser trabalhado pelo professor de física?

P8: Que eu estou trabalhando agora, ou que acho importante?

M.A: Que você considera como sendo importante ser abordado nas aulas de física. Posteriormente, você comenta se tem desenvolvido essa abordagem em sala de aula, ou porque não tem desenvolvido.

Primeiramente o que você elege como importante para ser trabalhado nas aulas de física.

P8: Acho que as aulas de física ficavam muito mais interessantes se o professor conseguisse trabalhar a física, todos os conteúdos da física, associados com questões do cotidiano. Acredito que os alunos iam se interessar muito, ia haver uma maior participação e quem sabe, se interessar espontaneamente em estudar aqueles conhecimentos, a física em si.

M.A: Você poderia me esclarecer o que são essas questões do cotidiano?

P8: Questões do cotidiano é assim. Associar a física com aquilo que o aluno vivencia, com aquilo que o aluno traz prá escola a partir da vivencia dele. Acredito que o aluno estudando aquilo que está próximo dele, deixava de ser indiferente nas aulas, passando a ter interesse prá estudar aquilo que vivência.

M.A: Mas, em termos de conceitos da física, quais seriam os conceitos a serem associados, trabalhados na perspectiva de associar com o cotidiano?

P8: Acho que todos. Tudo que está no programa.

M.A: Já que você considera importante associar a física com questões do cotidiano dos alunos, então você tem trabalhado nessa perspectiva?

P8: Não. Não trabalho não. Quase nunca. Agora, às vezes, muito raramente, eu tento fazer algumas coisas associando com o cotidiano dos alunos.

M.A: Mas o que te impede de trabalhar nessa perspectiva, já que a consideras como importante?

P8: Acho que muita coisa impede. Muitas coisas impedem o professor trabalhar com o cotidiano dos alunos. Primeiro o professor precisa de tempo e nesse tempo, também precisa de material para consultar. Precisa saber o que são as questões do cotidiano.

M.A: Quais seriam esses materiais necessários, dos quais você fala?

P8: Jornais, revistas, livros, livros paradidáticos. A internet também, que com calma e tranqüilidade você encontra muita coisa boa, muitas sugestões que podem ser adaptadas para a realidade da gente, prá realidade da sala de aula. Por isso, sem essas condições, não dá pra fazer muita coisa. Quase nada. É por isso que eu não trabalho.

M.A: Diante dessas impossibilidades, o que você priorizado nos seus planejamentos de cursos?

P8: O plano de curso? De maneira normal. Assim, consulto apenas os livros didáticos, porque é isso que dá prá fazer. Procuo consultar livros de diferentes autores e editoras também. Mas nem tudo a gente consegue associar com o cotidiano do aluno. Como falei antes, precisava consultar outras fontes, livros paradidáticos, muitas coisas que tem na internet, revistas, ou seja, o professor precisa de uma fonte, digamos assim, de uma fonte diversificada de consulta.

M.A: Mas, por que você destaca como importante o ensino de física em uma abordagem que contemple questões do cotidiano dos estudantes?

P8: Acho que o desinteresse geral dos alunos, essa apatia pela física, acho que se as questões do cotidiano dos alunos fossem trabalhadas, seria diferente. À medida que o aluno se sentisse mais próximo daquilo que ele estuda, à medida que ele se identificasse com o que ele estuda nas aulas, ele teria mais interesse.

M.A: Eu ainda precisaria entender o que você considera como sendo mais próximo da realidade do aluno, que exemplificasse?

P8: A física está em várias coisas no dia a dia dos alunos. Por exemplo, em um ar condicionado, existe física. Em um telefone celular, também. Na televisão, na medicina, no computador, ou seja, em várias coisas existe física. Então, isso deveria ser estudando pelos alunos porque está no cotidiano deles.

M.A: Você fala no aparelho de ar condicionado. Será que isso realmente isso faz parte do que você chama de cotidiano dos alunos? Quero dizer, dos alunos desta escola em que você trabalha? E se fizesse parte, será que os alunos realmente se interessariam em estudar o mesmo?

P8: Se o aparelho de ar condicionado faz parte do cotidiano deles? Acho que nem todos usam, ou prá ser mais realista, ninguém usa. É. Eu precisava identificar melhor o que realmente está no cotidiano dos alunos. Mas, com certeza eles sabem o que é um aparelho de ar condicionado. Então, eles iriam se interessar prá estudar o mesmo, prá conhecer melhor, com mais profundidade um aparelho que não é estranho aos mesmos.

M.A: Em seu plano de curso, a Física Moderna e Contemporânea tem sido contemplada?

P8: Física Moderna no plano de curso, como assim?

M.A: É. No seu planejamento de ensino você tem contemplado conceitos pertencentes à Física Moderna e Contemporânea? Posteriormente, nas aulas de física, você tem trabalhado conceitos pertencentes a Física Moderna e Contemporânea com os seus alunos?

P8: Não. Nunca planejei ensinar a Física Moderna no ensino médio.

M.A: Veja só. Você falou em associar a física com questões do cotidiano, associando este cotidiano com determinados equipamentos, como o aparelho de ar condicionado, o telefone celular, o aparelho de televisão, não?

P8: Sim. Falei isso sim.

M.A: Então, a Física Moderna e Contemporânea não teria muitas aplicações em muitos destes equipamentos. Apenas prá exemplificar, em diversos tipos de sensores, na medicina são várias as aplicações. Então, essa física tem estado presente nos seu planejamento de ensino?

P8: Não. Nunca pensei nessa possibilidade. Nunca pensei em ensinar Física Moderna aos alunos do ensino médio.

M.A: Mas, qual a sua opinião sobre essa possibilidade?

P8: Será que isso é realmente possível?

M.A: Você acredita que não seja? Qual a sua opinião sobre isso?

P8: Não acredito, nem desacredito que isso seja possível. Não conheço como fazer, não conheço quem faça. Não conheço nenhum, mas nenhum professor de física que trabalhe Física Moderna nas aulas. Então não tenho assim o que dizer. Se é possível, se é, digamos assim, se é viável, vantajoso, eu desconheço. Eu nunca estudei, nunca vi ninguém falando que é possível ensinar Física Moderna no ensino médio. Desconheço totalmente.

M.A: Mas você cursou componentes curriculares que tratam da Física Moderna durante a sua formação de professora de Física? Como desconhece que seja possível?

P8: Não. É assim. Fiz disciplinas de Física Moderna sim. Mas, não tratamos, não estudamos como introduzir essa física nas aulas do ensino médio. É isso que falo que nunca estudei. Mas a Física Moderna em si, estudei. Fiz disciplinas obrigatórias durante o curso. Foram obrigatórias

M.A: Quais foram às componentes curriculares cursadas durante o curso?

P8: Fiz Física Moderna e Estrutura da Matéria. Eram essas as disciplinas obrigatórias. Poderiam ser feitas outras, mas dependia de serem oferecidas. Não sei se foram. Também não procurei saber.

M.A: Como eram os programas, ou seja, qual a parte contemplada pelas componentes curriculares Física Moderna e Estrutura da Matéria?

P8: Era assim. A Física Moderna era a parte da Relatividade e Estrutura da Matéria, a parte da teoria quântica. Era isso que estava no programa. Foi isso que foi trabalhado pelos professores.

M.A: Eu vou pedir prá você falar um pouco mais dessas componentes curriculares. Mas antes disso. Você mencionou que não conhecia como introduzir no ensino médio a Física Moderna e Contemporânea. Essa possibilidade não foi trabalhada junto às componentes curriculares cursadas?

P8: Física Moderna e Estrutura da Matéria?

M.A: Sim.

P8: Você pergunta se nas disciplinas relacionadas com Física Moderna também trabalhamos a possibilidade de trabalhar aqueles conteúdos no ensino médio? É isso a sua pergunta

M.A: Exatamente isso.

P8: Não. O que foi trabalhado pelos professores foi o programa do curso, foi somente os conteúdos, os conteúdos de cada uma das disciplinas. Como introduzir no ensino médio, não foi trabalhado, não estava no programa não. Então, por isso digo que não sei se é possível e também não conheço quem faz.

M.A: E em outras componentes curriculares vocês não trabalharam, não estudaram as possibilidades ou não de trabalharem com a Física Moderna no ensino médio?

P8: Em outras disciplinas, em outras componentes, não. A Física Moderna e Contemporânea no ensino médio nunca abordado com a gente. Em nenhuma das disciplinas do curso.

M.A: Ainda antes de voltar as componentes curriculares cursadas, após a conclusão da licenciatura em física, você fez outro curso?

P8: Comecei a fazer engenharia civil da Poli. Mas, precisei para devido ao horário. Vou tentar mudar de turno na faculdade ou aqui na escola. No próximo ano eu quero retomar o curso.

M.A: Então você querendo fazer um curso de outra área da que você esta trabalhando?

P8: Sim. Pretendo fazer sim. Não sei muito bem prá que, quais são as possibilidades. Apenas acredito que qualquer curso que você faça, as possibilidades sempre são melhores que a licenciatura. Por pior que seja o curso. Na verdade, também gosto do curso. No ensino médio fiz curso técnico em edificações e gostei. Agora acho que tenho condições, maturidade prá investir no curso. Quero ir com calma.

M.A: Sobre possibilidades de ensinar a Física Moderna e Contemporânea no ensino médio, não foi uma questão abordada em outras componentes curriculares como didática, prática de ensino, em outras?

P8: Não em nenhuma delas. Isso nunca foi abordado. Tenho certeza que não. Nunca ouvi isso durante o curso, por isso digo se é possível, desconheço.

M.A: Voltando agora as componentes curriculares que contemplaram a Física Moderna e Contemporânea que foram cursadas na licenciatura em física. Refiro-me a Física Moderna e Estrutura da Matéria. Você poderia falar um pouco dos programas, das aulas, das avaliações? Ou seja, de todo o contexto envolvendo as componentes curriculares cursadas.

P8: Certo. Acho que já falei dos conteúdos. Na Física Moderna o programa era a Teoria da Relatividade. Em Estrutura da Matéria, o programa era sobre a Teoria Quântica. Foi isso. Agora... o que mais você perguntou, eu esqueci?

M.A: Que você falasse das aulas, como elas foram conduzidas. A participação dos alunos. As avaliações, como foram conduzidas as avaliações. Ou seja, gostaria que você falasse desse contexto geral.

P8: Das aulas, dos alunos das avaliações, não é?

M.A: Isso mesmo.

P8: Vou começar pelas aulas. O professor ia expondo os conteúdos e a media que iam surgindo dúvidas, a gente ia perguntando. O professor de Estrutura da Matéria incentivava mais a participação da gente. Ele fazia perguntas a gente, então era difícil você ficar sem participar.

M.A: Certo.

P8: Quanto as avaliações, parte era das listas de exercícios e a prova no final da unidade.

M.A: Listas de exercícios?

P8: Sim, tínhamos listas de exercícios que valiam como parte da avaliação. Não sei se vinte ou trinta por cento da avaliação.

M.A: Como eram as listas de exercícios?

P8: Muitas questões eram do livro usado. Outras eram de outros livros que o professor colocava.

M.A: Mas que livro?

P8: O livro texto usado. Era um livro básico, embora o incentivassem o uso de outros.

M.A: Então a abordagem do professor estava relacionada com esse livro, já que as listas eram questões dele?

P8: Sim. As aulas, a seqüência das aulas, dos conteúdos das aulas eram baseados na seqüência do livro didático. Então, as listas eram as próprias questões do livro, a maioria das questões. Algumas eram questões de outros livros que o professor achava interessante. Quer dizer, acho que achava interessante.

M.A: Mas, estes procedimentos de avaliação, você se refere a qual componente curricular?

P8: As duas, tanto Estrutura da Matéria quanto Física Moderna eram muito parecidas. Bem semelhantes mesmo.

M.A: Mas, ao final da unidade faziam avaliações.

P8: Sim. Fazíamos avaliações.

M.A: Como que era?

P8: Uma prova com questões. Uma prova normal. Digamos com questões parecidas com as da lista. Eram três unidades, valendo as duas maiores notas. Então se você não conseguisse ia pra prova final com todo o assunto do semestre. Ou seja, era o esquema normal, o esquema tradicional das outras disciplinas, de todas as outras do departamento de física e de matemática também.

M.A: Mas, você não se sente apta pra trabalhar essa programação no ensino médio, como não?

P8: Olha, precisaria de outra maneira, de outra abordagem. Não tenho como levar aquela Física Moderna para os alunos do ensino médio. Aquela não dá.

M.A: Não tem como levar aquela Física Moderna para o ensino médio. Mas, por que? Qual o maior impedimento, se você nunca tentou? Gostaria que você falasse disso.

P8: Não sei como fazer isso. Se eles já têm dificuldade na Física Clássica, então na Física Moderna, como será?

M.A: Como assim, qual a dificuldade adicional da Física Moderna em relação à Física Clássica?

P8: É tudo no micro. A Física Moderna abrange o micro, os fenômenos microscópicos. Então, fica difícil a gente dá um exemplo concreto, um exemplo pra o aluno perceber a aplicação. Também, a matemática não é acessível ao aluno do ensino médio porque depende dos números complexos. É, depende também de equações diferenciais. Não vejo como conciliar essas coisas, como adaptar essa matemática para o estudante do ensino médio compreender a Física Moderna.

M.A: Pelo macro de ser uma física que trabalha em escalas microscópicas fica difícil apresentar um exemplo concreto?

P8: Não me expressei bem, não foi? Fica difícil apresentarmos um exemplo concreto pelo fato de todos aqueles elementos serem do micro. Então se o aluno tem dificuldade com o conceito em si, terá com as aplicações também. Pelo menos acredito nisso. Isso ocorria comigo.

M.A: Tudo bem. Entendi.

(Continuação da entrevista com bastante ruídos, logo, não foi possível transcrevê-la integralmente)

Anexo 9 - Entrevista Com o Professor P₉

Identificação	
Codinome	P ₉
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	1999.1
Término do Curso	2003.2
Tempo de Atuação	6 anos (incompletos)
Séries	5 ^a e 6 ^a séries do ensino fundamental; 1 ^o , 2 ^o e 3 ^o anos do Ensino Médio.
Mês da Entrevista	Novembro de 2007
Legenda	MA = Maria Amélia P ₉ = Professor 9

M. A: Ana. Eu gostaria que você falasse livremente da sua atuação sobre a sua atuação como professora. Por que optou pelo curso, quando iniciou em sala de aula, quais as séries, até o atual momento.

P9: Vou começar falando um pouco de mim prá, assim, prá justificar a minha escolha pelo curso, certo? Bom. Sempre gostei de matemática, sempre, assim, desde que eu entrei na escola, quando eu ainda era pequena. Certo?

M. A: Tudo bem. Você lembra se escola publica ou particular?

P9: Até a 4ª série, era escola particular. Depois sempre estudei em escola pública. Nunca mais estudei em escola particular.

M. A: Tudo bem, continue. Você estava falando que sempre gostou de matemática.

P9: Sim. Voltando. Sempre gostei de matemática. Minhas notas eram as melhores da sala. Então, os colegas sempre me pediam prá ajudá-los em matemática. E eu gostava de fazer aquilo. Assim, muitas vezes eu estudava antes os assuntos, porque sabia que logo após as aulas os colegas traziam dúvidas. Então, eu precisava já livrar-me das minhas dúvidas no horário da aula.

M. A: Certo

P9: Bom. A partir da 5ª série, fui prá escola pública. Lá em casa não dava mais prá uma escola particular. Até ficaram tristes com isso, mas eu gostei de imediato da escola pública. A gente era mais livre prá tudo. Na escola pública a gente tinha a liberdade que não tinha na escola particular. Eu organizava grupos de estudo de matemática. Era assim. Os alunos que moravam perto da escola se encontravam na biblioteca, em um outro horário da aula, exatamente com as dúvidas. Eu não morava tão perto da escola, mas ia prá lá.

M. A: Isso continuou em todas as séries.

P9: Mas, assim, com algumas modificações. Na escola técnica era diferente. É que depois da 8ª série, fui fazer edificações. Então, no CEFET era diferente, outras condições. Então fiz monitoria. Mas, assim, sempre gostei de estudar em grupo. Acho que veio daí a minha opção por fazer um curso de licenciatura. Então fiz a opção da licenciatura em física.

M. A: Como assim? Gostava de estudar em grupo e por isso optou em fazer a licenciatura?

P9: Bom. Como falei. Sempre gostei de matemática desde que entrei na escola. Só que também gostei muito de física assim que comecei a estudar. Quando entrei no curso técnico, fiz edificações, como a maioria dos alunos, eu queria fazer engenharia civil, já que o meu curso técnico era edificações. Gostei do curso, só que é um curso muito técnico, onde a preocupação é somente a técnica, a norma ABNT, o custo. Nunca se pensa nas pessoas. Então, apesar de gostar do curso, eu queria parar por ali. Se eu tivesse a cabeça que tenho hoje, seria diferente, porque sabia seguir outro rumo. Mas, naquela época, ela guiada como todo estudante e as pessoas que eu seguia, não conseguiam ver além da técnica, entende?

M. A: Entendo sim.

P9: Por isso optei em fazer a licenciatura em física. Assim, gostei do curso, apesar de muito deficiente. Do curso em si, fazia novamente. Também gosto da profissão. Não gosto das condições. Acho que deveríamos ser um pouco mais respeitados em termos salariais, as escolas deveriam ser melhores, ou seja, ter condições mínimas de trabalho para os professores e alunos também. Mas, em termos de realização pessoal, acho que escolhi o curso certo. Pelo menos isso. É isso. O que mais eu devo falar?

M. A: Posteriormente eu vou te pedir prá falares da tua formação, mas antes disso, que você falasse quando iniciou a tua atuação em sala de aula como professora, se antes ou depois da conclusão da licenciatura em física.

P9: Como comecei? Bom, como falei antes, sempre gostei de estudar com os colegas. Naquela época eu não entendia, mas hoje entendo que eu já queria era ser professora. Daí a minha opção em não fazer engenharia quando terminasse o curso técnico. Aí, surgiu a oportunidade com umas aulas de matemática em uma escola particular. Eram aulas para as 5^{as} e 6^{as} séries. Fui substituir um professor que resolveu sair da escola logo no início do ano e fiquei dois anos nessa escola. Então esse foi o meu primeiro contato como professora em sala de aula. Eu não sabia de nada, de nada assim, do que era uma sala de aula. Hoje eu vejo que era como se eu estivesse aprendendo a cada dia lidar com aquilo. Acho que, o que me salvava era porque os alunos eram pequenininhos, logo era bem mais fácil prá lidar com eles. Também o meu desejo de acertar. Então, era uma interação muito boa. Mas, hoje fico me perguntando como uma direção de escola tem coragem de entregar uma turma a uma pessoa inexperiente, que nem terminou o curso, que fazia licenciatura em física e não em matemática e nem procuravam saber o que estava acontecendo?

M. A: Como não procuravam saber o que estava acontecendo?

P9: Bom, cheguei na escola indicada por outro professor. Conversaram comigo e fiquei. Como minha interação com os alunos era muito boa, como eles gostavam muito de mim, então a coordenação, a direção, nunca procurou saber o que eu estava fazendo. Vez o outra a coordenadora dizia que os alunos me achavam exigente, mas que até estavam gostando de matemática. Então, prá eles estava tudo bem.

M. A: Você se lembra em que ano foi esse seu início como professora de matemática?

P9: Acho que foi no início de 2001. Só um pouquinho. /.../ É foi no início de 2001. Ou seja, eu estava iniciando o quarto período do curso. Não havia chegado nem na metade da licenciatura em física e estava trabalhando matemática com crianças. Quer dizer, eu poderia fazer com que eles nunca mais gostassem de matemática prá o resto da vida. Felizmente, acho que foi o contrário.

M. A: Quanto tempo você ficou nesta escola?

P9: Fiquei dois anos. É que, depois de dois anos, ou seja, no início de 2003, comecei com um contrato no estado prá ensinar física.

M. A: Você quer dizer, um contrato através da Secretaria de Educação do Estado?

P9: Isso. É que ocorreu uma seleção prá alunos a partir do quinto período de licenciatura em física. Fui selecionada. Então, como não podia continuar com as duas escolas, porque eu ainda freqüentava o curso, tive que optar. Como na escola pública eu ia trabalhar com física que era realmente a finalidade do meu curso, então, não tive dúvidas em fazer essa opção.

M. A: Quantos tempo você permaneceu na escola pública?

P9: O contrato inicial era de um ano letivo. Depois podia ser renovado por mais um ano e ocorreu a renovação. Então fiquei dois anos. Dois anos letivos.

M. A: Você poderia falar dessa sua experiência como professora da escola pública, nestes dois anos em que você ainda estava concluindo o curso?

P9: Bom. Eu ainda era estudante e já conhecia a realidade da escola pública. Prá mim que sempre gostei de estudar, prá mim que estava até pouco tempo estava no CEFET, onde a grande maioria dos alunos são estudantes profissionais, eu fiquei chocada com todos aqueles estudantes sem nenhum objetivo prá nada, sem nenhum objetivo prá estudar. Aí que o local faz a diferença, os objetivos fazem a diferença. Ficava avaliando um estudante do 1º ano do ensino médio daquela escola com um aluno do 1º ano do curso de edificações. Aluno do curso de edificações queria fazer engenharia, queria fazer um bom estágio, queria ficar com notas boas no boletim. Ele tinha um objetivo. Enquanto na escola estadual, o objetivo parece que era passar o tempo. Então, isso foi chocante no início.

M. A: Mas, a que você acha que isso ocorre?

P9: Ocorre por tudo. Desde a estrutura física da escola, a exigência que é nenhuma nas escolas estaduais. Mas, acho que outra coisa pesa muito. No CEFET, por ser um curso técnico, os professores orientam muito a gente para profissão. Na escola estadual, os professores não orientam os alunos prá nada. Era isso que eu percebia. Exceto alguns poucos professores, a maioria deles não se mostrava preocupada com o aluno, com a condição dele. Ia lá, dava sua aula e pronto. Nem procurava saber se o aluno aprendeu, por que não aprendeu, quais as dificuldades prá aprender. Assim, em que aquele conhecimento poderia ser útil prá ele, ou seja, orientar o aluno prá alguma coisa, prá ler alguma coisa na biblioteca, prá ler uma revista. Nada disso eu percebia. É como se fossem dois mundos diferentes que não se misturam. Não se misturam porque não há interesse dos que habitam o mundo dos professores em se misturar com quem

habita o mundo dos alunos. Poxa vida, acho que, no geral, os alunos das escolas públicas são muito carentes de informações, informações gerais sobre a vida. Então, o professor como mais experiente, como mais vivido, como uma pessoa que já passou por uma universidade poderia orientar os alunos em muitas coisas que estão acontecendo aí fora. Digamos, se não é nada relacionado com a sua matéria, ele poderá alertar pra melhorar o trato com os colegas, a respeitar melhor o outro, as idéias. Isso eles vão melhorando como pessoa.

M. A: Você acredita que se os professores mudassem essa postura os alunos também mudariam?

P9: Sim, com certeza. Por exemplo, eu tive alunos que, segundo os próprios colegas, nunca demonstrou interesse por nada, por nenhuma disciplina. Assim que cheguei na escola, perguntava muito a ele, chegava muito junto pra saber a sua dificuldade. Foi aí que depois os colegas deles disseram: Olha só, fulano como está mudado! Olha só, fulano que não fazia nada, agora tentando fazer. Então acho que isso, essa interação professor - aluno, o professor procurar saber as dificuldades do aluno, isso ajuda muito.

M. A: E depois do período desse seu contrato com a Secretaria de Educação do Estado, como foi a sua atuação em sala de aula?

P9: Bom, depois desses dois anos na escola pública, fui terminar o curso. Fiquei um período parada, fora da sala de aula, mas fiz o concurso pra professora de física do estado e vim pra esta escola onde estou desde o início do ano passado.

M. A: Tudo bem. Então, gostaria que você fizesse uma avaliação da escola, dessa escola especificamente.

P9: Como já disse. Uma escola como as demais que tem muitas carências na estrutura física. Por outro lado, percebo que o funcionamento da escola está muito relacionado com o que o diretor.

M. A: Como assim o diretor?

P9: Sim. Na outra escola, na escola em que trabalhei como contratada, o diretor reunia os professores e pedia que comunicassem antecipadamente se quando fosse faltar ou chegar atrasado para os estudantes não ficarem sem aulas e acabavam tumultuando as demais com barulho. Isso era uma boa maneira de dizer: olhe professor, você não pode está chegando no horário que quer não. Você tem responsabilidade. Eu sei que dificilmente a gente via alunos fora da sala de aula no horário das aulas. Ele ia logo perguntar ao aluno o que estava acontecendo. Os alunos interagiam bem com ele, mas respeitavam muito. Ele procurava saber se o professor necessitava de alguma coisa. Ou seja, ele era um diretor presente, que circulava pela escola, que dentro das limitações da estrutura, procurava resolver os problemas da escola. Incentivava o professor, dava apoio ao professor. Acho que é isso.

M. A: Então aqui nesta escola o diretor é menos atuante?

P9: Sim. Cada um faz como quer e pronto. Não é que na outra o diretor impunha, mas incentivava o professor a trabalhar.

M. A: Você poderia exemplificar?

P9: Sim. Sempre lembrava. Professores, colaborem para que os alunos não se ausentem da sala de aula. Se perceberem que o aluno está com um problema, seja aqui, seja com em casa, solicitem a minha presença imediatamente que irei conversar com esse aluno. Procurem entender as dificuldades dos alunos. Então isso era muito bom. Por exemplo, no segundo ano que eu estava na escola, porque no primeiro cheguei e as aulas já haviam começado, o diretor reuniu todos os professores e pediu que os professores procurassem interagir com os demais antes de fazerem o plano de curso, porque eles poderiam ter problemas comuns, outro já poderiam ter tido aquele mesmo problema. Coisas assim, preocupado com o trabalho do professor, com o andamento da escola.

M. A: Então nesta escola faziam plano de curso? Existia um projeto pedagógico na escola?

P9: Alguns professores faziam plano de curso, alguns. A maioria não. Eu fiz, mas, assim, não deu muito certo, ainda não dá. Mas continuo fazendo, agora compreendendo que um plano de curso nunca poderá ser exato, nem mesmo o plano de aula.

M. A: Então você planeja suas aulas?

P9: Sim. Planejo todas as aulas. Agora, sempre é um plano de aula que fica em aberto. Em aberto porque eu até posso planejar o que vou perguntar aos alunos? Como vou perguntar? Mas, não posso planejar como será a atuação do aluno. Aí fica em aberto.

M. A: Quais são materiais de apoio que você utiliza para preparar suas aulas?

P9: Consulto vários livros. As vezes um tem uma abordagem interessante, um exemplo. Outro já tem uma sequência que é melhor para o aluno entender. Sempre planejo atividades para serem desenvolvidas em grupo. Quando possível, consulto alguma coisa na internet. Mais aí é mais raro.

M. A: Quais são os livros que você consulta?

P9: Os livros do ensino médio, porque às vezes eles tem alguns erros. Não é nem erros, mas uma forma meio confusa. Então consulto pra não repetir aquilo e também alertar os alunos que tal livro, traz isso e isso, dessa maneira. Que talvez precisasse ficar mais claro acrescentando assim, assim.

M. A: Vamos agora as suas aulas de física.

P9: Certo.

M. A: Bom. O que você acha que seria importante introduzir nas aulas de física? Seja em termos de abordagens e até mesmo de conteúdos?

P9: Conteúdos? Conteúdos? Em termos de conteúdos, acho que não deveria ser retirado essa parte de cinemática do programa. O resto acho que tudo é importante ser trabalhado, que o aluno adquira conhecimento.

M. A: Fale um pouco dessa sua proposição.

P9: É assim. Vou tentar explicar melhor isso. Acho que cinemática e dinâmica deveriam ser trabalhadas pelo professor ao mesmo tempo e não cinemática e depois, dinâmica. Seria mais rico, mais proveitoso para o aluno entender o contexto.

M. A: Tudo bem. Mas, o que a impede de trabalhar nesta perspectiva. Elaborar o seu plano de aula com a cinemática e a dinâmica sendo trabalhadas concomitantemente?

P9: É o seguinte. Todos os livros didáticos trabalham a cinemática e a dinâmica separadamente. Então todos já estão acostumados. Então, mudar assim, fica difícil.

M. A: Veja o seguinte. Você deve trabalhar esses conteúdos no primeiro ano do ensino médio, não?

P9: Sim. Logo no início do primeiro ano.

M. A: Então os alunos não vão achar estranho porque eles estão sendo introduzidos naquele momento. Se você não quiser se arriscar muito, trabalha só em uma turma. Se na primeira, segunda semana não for viável, aí você para e avalia de precisa modificar ou suspender, não?

P9: É. É uma boa idéia. Talvez eu esteja precisando me arriscar mesmo, tentar antes de desistir. Gostei muito da sugestão, viu.

M. A: Que bom. Espero que você se arrisque mesmo. Mas, antes de continuarmos, você trabalha com as três séries do ensino médio?

P9: Sim, com as três séries.

M. A: Mas, em relação à introdução de abordagens nas aulas de física, o que você sugeriria que fosse contemplada com os estudantes do ensino médio? Antes disso, outra pergunta. Você mencionou que em termos de conteúdos todos deveriam ser trabalhados com os estudantes, não foi? Que todo conhecimento é importante?

P9: Sim.

M. A: Então, quais seriam esses conteúdos que você se refere? Assim, sem se preocupar com a questão da cinemática e da dinâmica, se seriam associadas ou dissociadas?

P9: Todos os conteúdos, digo assim, toda a mecânica, a termodinâmica, ondas, ótica, acústica, e finalmente eletricidade e magnetismo deveriam ser trabalhados no ensino médio.

M. A: E não ocorre?

P9: Não. Temos apenas duas aulas por semana. Muito pouco tempo. Além disso, são muitas dificuldades dos alunos aí a gente não consegue avançar na programação. Sem falar que muitas vezes, eles não têm aulas de física por um longo tempo. Então, não dá pra prever o que os alunos conhecerão, conhecerão em termos de conteúdos de física. Sem falar que muitas vezes o aproveitamento é quase nenhum, não só pelas dificuldades, mas, também pelas dificuldades e interesse deles.

M. A: Então, em termos de abordagem, ou mesmo conteúdos, o que você avalia como necessário ser trabalhado nas aulas de física, no sentido de melhorar a participação dos alunos?

P9: Seria muito bom que o professor pudesse trabalhar com experimentos em todas as aulas. Que existisse material para todo experimento que o professor desejasse expor, que ele estivesse disponível. Acho que ia melhorar muito as aulas de física.

M. A: Você poderia explicar sobre essa melhoria das aulas de física se o professor pudesse trabalhar com experimentos?

P9: É assim. Acho que a física, toda a física, muito abstrata. Então, quando a gente consegue exemplificar alguma aplicação que o aluno conhece, percebo que ele fica mais motivado. Fica mais motivado, participa mais das aulas, dando opinião. Então, se o professor pudesse utilizar experimentos, assim, se não em todas as aulas, mas em cada conteúdo abordado tivesse um experimento pra ele usar com os alunos, assim, pra começar o assunto, acho que os alunos iam participar, iam se interessar. Assim, se o aluno participa, é porque ele está motivado e vai em busca. Acho que o uso do experimento seria muito bom.

M. A: Mas, você tem usado experimentos, já que considera como sendo tão importante? Se não, de que você necessitaria para trabalhar com experimentos didáticos nas aulas de física?

P9: Não. Não tenho usado. Nunca usei experimentos. Nunca usei experimentos porque aqui na escola não tem experimentos. Então, não tenho como usá-los. Apenas tenho a suposição de que com os experimentos didáticos, os alunos iam ficar motivados, porque, quando a gente exemplifica com algo conhecido deles, com algo que eles vivenciam, a participação é maior. Até fica melhor para o professor fazer perguntas ao aluno. Então isso é uma suposição minha, mas é uma suposição que tenho muita convicção nela.

M. A: Como que foi trabalhado o uso do experimento didático durante a sua formação?

P9: Acho que foi muito deficiente. Acho que deveríamos ter tido mais experimentos.

M. A: Você tem incluído a Física Moderna e Contemporânea em seu plano de ensino?

P9: Se eu trabalho Física Moderna com os alunos?

M. A: Sim.

P9: Não.

M. A: Mas você mencionou que toda a física deveria ser estudada pelo aluno, desde a mecânica ao eletromagnetismo, não foi?

P9: Sim. Mas isso são conteúdos que são possíveis de serem estudados pelos alunos. Ótica, eletricidade, mecânica, são conteúdos que podem ser estudados pelos alunos da escola pública. Física Moderna não. Física Moderna não é possível ser entendida pelo aluno da escola pública. Aliás, não é só de escola pública não. De muitas escolas particulares também, os alunos não tem condições de aprenderem a Física Moderna. Somente aquelas escolas muito famosas, aquelas escolas particulares que são muito rigorosas e que o aluno tem uma formação muito sólida, uma formação profunda.

M. A: Você poderia falar dessa formação profunda para aprender Física Moderna, a qual você se refere?

P9: Sim. A maioria dos alunos da escola pública não sabe nem fazer as operações básicas. É exceção aquele que sabe. Então trabalhar toda aquela matemática da Física Moderna, é simplesmente impossível. Impossível mesmo por essa falta de formação. Entenda, eu não estou dizendo que o aluno da escola pública é incapaz. Não. Não é isso. Apenas estou dizendo que ele não tem formação para aprender Física Moderna. Isso é a realidade.

M. A: Qual seria essa matemática necessária para aprender a Física Moderna?

P9: Ora. Aquelas equações diferenciais parciais, os números complexos. Toda aquela matemática. Eles nunca ouviram falar disso.

M. A: Você poderia falar da sua formação em termos de Física Moderna e Contemporânea?

P9: Como assim?

M. A: Que você mencionasse as componentes curriculares relacionadas com a Física Moderna e Contemporânea.

P9: Que tive no curso. Na licenciatura em física?

M. A: Sim. No curso.

P9: Fiz duas disciplinas. Física Moderna e Estrutura da Matéria.

M. A: O que contemplava essas componentes curriculares, o que elas abordavam?

P9: Física Moderna tratou da Teoria da Relatividade. Vimos com mais profundidade a Relatividade Restrita e um pouco da Relatividade Geral. Já Estrutura da Matéria, foi a Teoria Quântica.

M. A: Gostaria que você descrevesse e fizesse uma avaliação sobre as componentes curriculares que trataram da Física Moderna e Contemporânea?

P9: Como avalio, como assim?

M. A: Sim. Que você opinasse sobre a programação, sobre a perspectiva em que ela foi trabalhada, sobre as avaliações de aprendizagem realizadas e outros aspectos que você considera importantes destacar.

P9: Ah! Sim. Entendo. Mas, assim. Pergunte uma coisa de cada vez, é melhor prá mim responder.

M. A: Certo. Tudo bem. Então, iniciando, você comente sobre o programação das componentes curriculares que contemplaram a Física Moderna e Contemporânea e como em linhas gerais, como foram trabalhadas pelo professor.

P9: Nas duas disciplinas o professor seguia os capítulos do livro didático adotado. Depois de um certo período, assim, próximo a época das provas, então eles faziam uma revisão. Agora, como foram trabalhadas, era assim. Foram muito parecidas. Eles iam expondo o conteúdo e a medida que os alunos tinha dúvidas, eles iam explicado. Alguns assuntos os alunos apresentavam mais dúvidas. Outros não. Era assim.

M. A: E as avaliações de aprendizagem, a qual você mencionou, como eram?

P9: Eram em duas partes. Um delas, era as listas de exercícios que ele entregava logo após a conclusão dos capítulos. Normalmente era eram duas ou três listas por unidades. Estas listas a gente entregava respondida em uma data determinada pelo professor e valiam uma nota. Era um nota pequena em relação a prova. Normalmente dois ou três pontos. Também, ao final de cada unidade existiam as provas.

M. A: Como eram as questões das avaliações, das provas?

P9: Eram bem parecidas com as questões das listas. Se a gente fizesse as questões das listas, fizesse estudando mesmo e com calma, com certeza passava por média. Não precisava de prova final.

M. A: E você, chegou a ir para final em alguma delas?

P9: Não. Não lembro se fui. Mas, quase que fazia a final de Física Moderna. Mas foi mesmo descuido meu. No começo, fiz as listas muito apressada. Aí fiquei abaixo da média. Depois me dediquei mais e consegui superar e ser aprovada por média.

M. A: Certo. Mas, apesar de você ter sido aprovada por média, como foi a sua aprendizagem?

P9: Como assim?

M. A: Você foi aprovada por média nas disciplinas que contemplam a Física Moderna e Contemporânea. Mas, como você considera o seu entendimento, a sua compreensão sobre os conceitos dessa física.

P9: Agora entendi. Algumas coisas, alguns conceitos, eu não entendi direito. É como se aceitasse mas não tivesse sido convencida daquilo ainda.

M. A: Alguns desses conceitos que você não foi convencida, você lembraria?

P9: Nem lembro. Vou tentar lembrar. Essa questão da dualidade onda partícula, por exemplo, é muito difícil de entender. Como saber quando a entidade é onda? Como saber que ela fez opção em ser partícula. Isso eu acho difícil. Outra questão muito difícil pra mim são os números quânticos. Aquilo não é uma operação matemática? Então, como ser realidade, a realidade de um fenômeno? São essas coisas que não entendi. Que não conseguiram me convencer daquela realidade.

Anexo 10 – Entrevista Com o Professor P₁₀

Identificação	
Codiname	P ₁₀
Formação	Licenciatura em Física
Início do Curso	
Término do Curso	
Tempo de Atuação	3 anos e seis meses
Séries	
Mês da Entrevista	Novembro de 2007
Legenda	MA = Maria Amélia P ₁₀ = Professor P ₁₀

M.A: Para iniciarmos, eu gostaria que você falasse seu contexto de trabalho.

P₁₀: Sobre o contexto do meu trabalho? Você fala, aqui da escola?

M.A: Sim. Aqui da escola.

P₁₀: Mas o que você quer que eu fale?

M.A: O que você avalia como sendo relevante falar.

P₁₀: O que eu avalio? Certo? Mas, falar da escola mesmo, dessa escola? É que é uma confusão tão grande. Falar disso?

M.A: O que é tão confuso aqui.

P₁₀: Não só aqui. Acho que toda escola pública. Escolas estaduais. Acho que as outras não são diferentes daqui.

M.A: Certo. Especifique. Especifique o que você denomina de confusão.

P₁₀: É que a escola, não só essa aqui. A escola como um todo não tem um propósito. Pelo menos, não vejo. Professor faz de conta. Apenas repete por vários anos de forma e de forma muito tradicional os conteúdos. Claro. Existem algumas raras exceções. Os alunos fazem tudo, menos o que deveriam fazer. A direção da escola fica como que organizando, comandando um jogo, prá o faz de conta dá certo. É esse faz de conta que precisa ser mostrado ao governo do estado. Pronto. É isso. Mas, se perguntarem, qual mesmo o objetivo de tudo isso aqui? O que tem sido feito para se alcançar essas metas? Acho que todo mundo vai ficar calado, ou então vai aparecer aquelas respostas prontas que a gente sabe que não funciona mais.

M.A: E as aulas de física? Suas aulas especificamente? O que você comentaria sobre elas?

P₁₀: Bom. Dentro do contexto de dificuldades que nos estamos, as aulas de física, ou qualquer outra, também sofre as conseqüências.

M.A: Por exemplo, o que seria esse contexto de dificuldades?

P₁₀: Bom. A escola não tem um propósito, a não ser, como falei antes, apresentar resultados maquiados ao governo do estado. Então, muitos alunos chegam ao ensino médio e não sabem ler direito. Ler direito eu digo, interpretar. Então. É isso que chega nas aulas de física. Ora. Se ele não sabe interpretar o que a gente, o professor, qualquer professor pode fazer com ele? Não pode fazer nada. A gente ver que aquilo tá errado e tem que deixar quieto, porque se for mexer, fica complicado e prá quem sobra? Ora. Como que um aluno não sabe ler direito e chega ao ensino médio? Tem muita coisa errada e ninguém quer ser o culpado. Se ele não sabe ler, ele também não sabe ler, também não sabe matemática. Aí nas aulas de física, a gente fica também sem poder fazer nada. Mas, a direção cobra que os alunos sejam aprovados, exatamente prá apresentar resultados. Então, a gente precisa aprovar aquele aluno que não tem nenhum conhecimento, aquele aluno que não sabe nem ler. Os outros professores nos anos seguintes, certamente também irão fazer do mesmo jeito. Chega torto e não sou eu que vou desentortar, senão quem se entorta sou eu.

M.A: Você daria alguma sugestão?

P₁₀: Bom, sugestão eu tenho. Sugestão, muitas pessoas, outros professores também tem. Mas, acho que falta coragem prá resolver.

M.A: Por exemplo, qual seria a sua sugestão.

P₁₀: A minha sugestão? Olha. Acho que teríamos que parar a escola e dizermos: Que escola queremos, já que essa não satisfaz a ninguém? Queremos isso, isso e isso. Se não for possível fazer tudo, o que é possível fazer agora. Quais são as metas. Mas, isso é trabalhoso. Isso requer coragem também. Aí, não sei se as pessoas, a maioria está disposta a isso. Acho até que não, porque, se estivessem, não estariam tão indiferentes. É aquela coisa, a gente só reage diante daquilo que incomoda. Por isso que fica anos e anos como está e nada muda.

M.A: Na sua opinião, o que deveria ser colocado em debate na escola. Claro, nesta condição em que você fala de parar a escola e debater e propor novos rumos?

P₁₀: A primeira coisa, seria a própria escola, as condições físicas da escola. Será que isso aqui é uma escola? O que se entende por escola, qual a sua função? Como que pode, uma escola sem biblioteca, por exemplo? Com essas salas de aula iguais ou até de pior qualidade que aquelas que eu estudei? Então, o que o professor pode pedir ao aluno prá ele fazer? Não tem nada. O que o professor pode levar ao aluno? Nada além daquilo que é mais do que tradicional. O professor falando e escrevendo no quadro e o aluno copiando.

M.A: Sim.

P₁₀: Outra questão aí é que o professor não consegue nem falar com o aluno. Sala pequena, apertada. Muitos alunos. O tempo também. Nossa! São tantas coisas. Outra coisa também é o salário do professor. O salário teria que ser maior. A questão da avaliação, porque atualmente o aluno vai passando, vai passando de qualquer jeito. Então são essas coisas que o professor deveria parar a escola e dizer: o que podemos modificar de imediato.

M.A: Mas, mesmo diante deste contexto, em termos de aula de física, o que você considera como sendo relevante de ser trabalhado pelo professor de física?

P₁₀: Eu não sei nem dizer. Não arrisco. É que a gente tem uma formação, vamos dizer, uma formação deficiente. Não sei se deficiente, mas tão distante da escola que, quando a gente chega na escola, parece que a gente nunca ouviu falar daquela realidade. É um mundo a parte. Então, eu estou tentando identificar

o que poderia ser prioritário nas aulas de física, o que poderia prioritário em meio a toda aquela confusão. Ainda não consegui. É mais provável até que esse propósito seja a confusão que falei. Quem sabe, eu que ainda não consegui aceitar essa realidade, essa coisa caótica como sendo o normal. Assim. Não existe um propósito básico, um propósito claro a ser obtido na escola. Ou se existe eu ainda não vi, não encontrei. Então fica difícil fazer alguma sugestão. Se eu soubesse, se eu tivesse clareza, com certeza eu já teria tentado desenvolver, mesmo que não conseguisse.

M.A: Quais são as turmas do ensino médio que você tem trabalhado?

P₁₀: As séries? Eu trabalho com todas as séries. Tenho mais de uma turma de cada série. A que tenho menos é a do terceiro ano. São duas turmas do terceiro ano.

M.A: Você tem trabalhado a Física Moderna e Contemporânea em suas aulas?

P₁₀: Se eu trabalho com a Física Moderna nas minhas aulas?

M.A: Sim.

P₁₀: Não. Não trabalho.

M.A: Por que você não tem trabalhado a Física Moderna e Contemporânea com os seus estudantes?

P₁₀: Eu prefiro não emitir nenhuma opinião sobre o ensino da Física Moderna no ensino médio. Não é por nada. Apesar de ter estudado Física Moderna, de continuar estudando Física Moderna, porque gosto de Física Moderna, não sei como seria, como deveria fazer prá trabalhar com ela em minhas aulas. Você entende?

M.A: Entendo sim. Quais os cursos que você frequentou ou cursou que contemplaram a Física Moderna?

P₁₀: Fiz duas disciplinas obrigatórias. Estrutura da Matéria e Física Moderna. A primeira cursada foi Física Moderna onde foi abordado a Relatividade. No semestre seguinte, Estrutura da Matéria, onde foi trabalhado a teoria quântica. Obrigatória só essas duas. Acho pouco, porque a mecânica quântica mesmo não é trabalhada. Se bem que poderá ser oferecida como eletiva, porém, nunca é oferecida, ou melhor, durante o período em que estive na universidade e que poderia cursá-la, não foi oferecida.

M.A: Você mencionou anteriormente que gosta de Física Moderna e que continua a estudá-la. O que você tem estudado?

P₁₀: É o seguinte. Quando eu terminei a licenciatura, fui cursar Mecânica Quântica na universidade federal. Era uma turma de bacharelado. Fui até o final da disciplina, mas fui reprovado. No outro semestre, fiz outra vez e fui aprovado. No semestre passado fiz física matemática e no próximo semestre, vou tentar Mecânica Quântica no mestrado. Não tentei esse ano porque ela não foi oferecida. Lá eles só oferecem no primeiro semestre. Então, pretendo me submeter. Por isso, sempre que posso estou estudando, porque assim, fica menos difícil quando começar a fazer a disciplina.

M.A: Antes de falar desta componente curricular que você cursou na universidade federal, gostaria que você falasse sobre as que você cursou durante a o período da licenciatura. Ou seja, sobre as componentes Estrutura da Matéria e Física Moderna.

P₁₀: Especificamente, falar o que?

M.A: Gostaria que você falasse do curso de maneira geral. Das aulas, da programação, da interação professor – aluno, das interações entre os alunos, das avaliações de aprendizagem, ou seja, como os estudantes eram avaliados. De todos os detalhes que você lembrar e achar relevante.

P₁₀: Sim. Como falei antes, a disciplina Física Moderna fiz no penúltimo semestre do curso e no último semestre, fiz a Estrutura da Matéria. A programação das duas disciplinas seguia a mesma programação dos capítulos do livro. A primeira, sobre relatividade e a segunda sobre a teoria quântica

M.A: Você lembraria dos livros adotados nestas disciplinas?

P₁₀: Bom, era a programação dos livros básicos. Não significa que você não fosse incentivado a estudar por outros. Um era o livro do Tipler. Acho até que o título é Física Moderna. O outro foi do Eisberg e outro autor. Mecânica Quântica. Também muito usado, porque o programa era semelhante. O livro Estrutura da Matéria de Eisberg também.

M.A: Os autores do livro de Mecânica Quântica seria o Eisberg e Resnick?

P₁₀: É. Isso mesmo. É aquele grosso da capa azul, com as ondas amarelas.

M.A: Sei. Conheço essa edição. Como o programa era semelhante?

P₁₀: O programa da disciplina era muito semelhante ao programa do livro. Aos capítulos do livro. Então, o professor seguindo os capítulos do livro, ele estava cumprindo o programa. Era assim. Então ele seguia os capítulos e os exercícios também. Seguia tudo igual. Ou seja, quando terminava um capítulo, fazia aqueles exercícios relacionados. Depois passava para a parte teórica e ia fazendo os exercícios. Foi assim. Agora, às vezes ele complementava com exercícios de outros livros. Exercícios que ele achava interessante. Aí colocava esses exercícios na lista de exercícios.

M.A: E as aulas? Como eram as aulas?

P₁₀: Aulas? As aulas eram aulas como as outras. O professor ia expondo e a gente acompanhando. Na disciplina Física Moderna o professor interagiu mais com os alunos. Perguntava mais, então o aluno ficava mais envolvido. Mais isso é uma característica pessoal dele. Então, como ele interagiu mais, a

gente ficava mais livre prá colocar as dúvidas. Não era que o professor de Física Moderna também não perguntasse a gente. É que ele falava mais. O outro não. Bom era assim. A única diferença entre os dois é que um interagia mais com os alunos.

M.A: E as avaliações? Você poderia comentar sobre as avaliações de aprendizagem.

P₁₀: Sobre as avaliações? Como eram as notas, é isso?

M.A: Sim. É isso.

P₁₀: Uma parte das notas eram das listas de exercícios. Não lembro do percentual em relação a prova. Acho que em Estrutura da Matéria o percentual na lista era maior. Não tenho bem certeza, mas, parece que sim. Isso ocorria nas três unidades, sendo duas obrigatórias. Caso você fizesse as três, a menor nota era eliminada. Caso o aluno não fosse aprovado por média, então fazia a prova final. Aí era somente a prova, nas duas disciplinas.

M.A: As listas de exercícios eram questões do livro adotado?

P₁₀: Sim, a maioria eram questões dos capítulos. Agora, algumas eram de outros livros que os professores colocavam. Geralmente daqueles livros mais difíceis, mais raros. Mas, eles avisavam de onde foram retiradas.

M.A: Existia alguma relação entre as provas e as listas de exercícios?

P₁₀: Bom. As listas de exercícios tinham mais questões porque o tempo era bem maior que as horas para a prova. Outra coisa é que normalmente as questões das listas eram mais difíceis, justamente porque o tempo era bem maior.

M.A: Mas, a resolução das listas de exercícios ajudavam ou não a fazerem as provas?

P₁₀: Ajudava e muito. Sem as listas, não dava prá fazer a prova. Nas listas, as dúvidas iam surgindo e a gente discutia com os colegas. Normalmente a gente fazia grupos. Então, a medida que as dúvidas iam surgindo, a gente ia debatendo com os colegas e respondendo as listas. Na prova, as coisas já estavam mais claras. E normalmente as questões da prova eram mais fáceis que as da lista. Ou quem sabe, menos trabalhosas. Então eram mais fáceis de fazer, prá quem fazia as listas, prá quem estudava e debatia as listas.

M.A: Então por você junto com os colegas debaterem as questões das listas de exercícios, então, os conceitos da FMC foram bem entendidos por vocês. Ou por você?

P₁₀: Não. Não foi isso que eu disse. Eu disse assim: Com a gente estudando e debatendo as listas, as dúvidas surgiam mais. Isso é lógico. Só tem dúvidas quem estuda. É a mesma coisa de quem faz perguntas em sala de aula. Precisa ter estudado o assunto. Aluno que não pergunta, que apresenta não ter dúvidas, não estuda. As dúvidas só surgem estudando. Agora, as dúvidas iam surgindo e a gente ia debatendo as mesmas. Como resolver aquela questão mesmo com aquela dúvida. Agora, tem dúvidas que continuam, mesmo a gente tendo resolvido várias questões.

M.A: Em relação a FMC, você se lembraria de alguma dessas dúvidas que continuaram com você, mesmo tendo resolvido as questões da lista.

P₁₀: Lembrar agora, lembrar agora. Especificamente agora eu não lembro assim. Teria que consultar o material. Mas foram muitas. Até mesmo porque na Física Moderna tem umas coisas que a gente aceita mas nunca entende o que é. Nunca entende aquilo como realmente é. Mas, já que aceitam, você faz a questão e pronto. Acera. Mas, que aceite mesmo, aceite aquilo como correto, é outra história.

M.A: Tudo bem. Você lembraria de alguma destas coisas que você aceita e não entende como é?

P₁₀: São tantas. Mas uma que lembro agora. A questão da dilatação do tempo, por exemplo. Será que os alunos entendem aquilo, ou aceitam porque o professor e os livros estão dizendo? Eu mesmo não entendo aquilo não. Aceito. Mas entender mesmo, entender o passo a passo, eu não entendo. Isso é só o exemplo que lembro agora. Se parar prá analisar o livro direitinho, aí começo a lembrar dessas coisas que aceito mas nunca entendi. No momento lembro só dessa, mas tem outras.