

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE – UNESC**  
**UNIDADE ACADÊMICA DE HUMANIDADES, CIÊNCIA E EDUCAÇÃO – UNA HCE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO – PPGE**

**LUCAS DOMINGUINI**

**O CONTEÚDO FÍSICA MODERNA NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLEM**

**CRICIÚMA, FEVEREIRO DE 2010.**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**LUCAS DOMINGUINI**

**O CONTEÚDO FÍSICA MODERNA NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Universidade do Extremo Sul Catarinense (UNESC), como um dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Educação.

**Orientador: Prof. Dr. Vidalcir Ortigara**

**CRICIÚMA, FEVEREIRO DE 2010.**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

D671c Domingui, Lucas.

O conteúdo física moderna nos livros didáticos no  
PNLEN / Lucas Domingui; orientador: Vidalcir Ortigara  
– Criciúma : Ed. do Autor, 2010.  
162 f. : il.; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul  
Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Educação.  
Criciúma (SC), 2010.

1. Física (Ensino médio) – Estudo e ensino. 2. -  
Livros didáticos - Avaliação. I. Título.

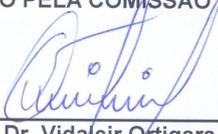
Bibliotecária Rosângela Westrupp – CRB 364/14<sup>a</sup> -  
Biblioteca Central Prof. Eurico Back – UNESC

UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO  
UNIDADE ACADÊMICA DE HUMANIDADES, CIÊNCIAS E EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO - MESTRADO

“Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLEM”

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Educação em cumprimento parcial para a obtenção do título de Mestre em Educação.

APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA EM 25/02/2010:



Prof. Dr. Vidalcir Ortigara (Presidente e Orientador)



Profa. Dra. Rejane Aurora Mion (Membro - UEPG)

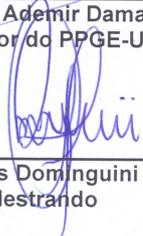


Prof. Dr. Paulo Rômulo de Oliveira Frota (Membro – UNESC)

Prof. Dr. Ademir Damazio (Suplente – UNESC)



Prof. Dr. Ademir Damazio  
Coordenador do PPGE-UNESC



Lucas Domingui  
Mestrando

Criciúma, SC, fevereiro de 2010.

**FUCRI - FUNDAÇÃO EDUCACIONAL DE CRICIÚMA (MANTENEDORA)**

Aos meus nonos e bisnonos.  
Pela coragem de atravessar um oceano,  
*Per fare la Mérica!*

## AGRADECIMENTOS

Nenhum resultado pode ser alcançado totalmente sozinho. A colaboração nos ajuda a superar nossas dificuldades, por isso, agradecer se faz necessário. Agradecer significa reconhecer a gratidão por pessoas que depositaram sua confiança no sucesso desta caminhada.

Deus me deu o dom de viver e assim poder conhecer e compreender a sua criação. A Ele, devo a construção de minha vida e qualidade dos tijolos, aqui denominado família, que utilizou.

Meus pais, Moacir Luiz Dominguini e Fátima Darós Dominguini me ensinaram os primeiros passos, me orientaram, algumas vezes choraram comigo, mas outras vibraram em minhas conquistas. Aos meus avôs, que carinhosamente chamo de nono e nonas, suas histórias, seus ensinamentos e principalmente os seus exemplos de vida me construíram como pessoa. Aos meus irmãos Marcela e Fábio que, apesar de algumas brigas, compreendem o que significa uma família.

Os Mestres são aqueles que conseguem dividir com os alunos seus conhecimentos. Em especial, agradeço aquele que mais me acompanhou nessa caminhada, professor Vidalcir Ortigara, que carinhosamente chamamos de Vidal e tornou-se um amigo. Aos professores Ilton Benoni, Gildo Volpato e Paulo Rômulo Frota, pelas aulas recebidas. Ao professor Ademir, pelos conselhos e apoio. Mas, em especial, gostaria de agradecer todos aqueles que um dia me ensinaram alguma coisa, pois é “impossível vivermos um dia inteiro sem nada aprender”.

À Vanessa, pelos inúmeros favores que sempre atendeu prontamente junto à secretaria do PPGE.

Aos meus alunos, por terem me aturado em meus momentos de estresse e aos meus amigos e amigas, especial a Renata, pelo apoio e carinho oferecido há vários anos.

Por fim, agradeço muito a Tamiris que me incentivou no começo dessa caminhada, da qual tenho um carinho imenso e que irá morar no meu coração “PRA SEMPRE”!

Lucas Dominguini

*É a aventura mais perseverante e grandiosa da história da humanidade – essa busca de compreender o universo, como opera e de onde veio.*

*É difícil imaginar que um punhado de habitantes de um pequeno planeta que gira em torno de uma estrela insignificante numa pequena galáxia possa ter por objetivo uma completa compreensão do universo em sua totalidade, um grãozinho de criação acreditando realmente ser capaz de compreender o todo.*

Murray Gell-Mann  
(1929- )

## RESUMO

A educação é uma atividade essencialmente humana e visa transmitir as novas gerações os conhecimentos historicamente produzidos pelos demais seres humanos. Ao apropriar-se desses conhecimentos, o ser humano torna-se capaz de compreender as causalidades da natureza e pode assim agir sobre ela, transformando-a e adequando-a a suas necessidades. Desta forma, quanto mais profundo for o domínio dos homens sobre as causalidades da natureza, maior será o seu poder intervenção sobre ela. Nos últimos anos, verifica-se um esvaziamento dos conteúdos de ensino. Este, por sua vez, é posicionamento contrário a um dos requisitos necessários para a superação da condição humana de exploração, em prol de uma emancipação humana: o domínio mais profundo possível dos conteúdos específicos de cada área do conhecimento. No campo da Física, os conhecimentos oriundos da Física Moderna representam os conhecimentos mais intensos acerca das racionalidades natureza. Com isso, nos últimos anos é crescente a discussão sobre a inserção desses conhecimentos no currículo do Ensino Médio. Em 2008, o Governo Federal, por meio do Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM), disponibilizou para as escolas da rede pública nacional exemplares de livros didáticos de Física para escolha e utilização nos anos subsequentes. Dessa forma, a presente pesquisa, de cunho bibliográfico, tem por objetivo analisar o conteúdo de Física Moderna nos livros didáticos de Física oferecidos pelo PNLEM. Durante o desenvolvimento da pesquisa, identificou-se analiticamente o aprofundamento dado pelo livro didático para o conhecimento de Física Moderna e a possibilidade de apropriação deste por estudantes. Explicitou-se também a forma como os conteúdos de Física Moderna são apresentados nos livros didáticos, sob o ponto de vista didático-metodológico e histórico dos conhecimentos dessa área. A pesquisa é realizada por análise do conteúdo do livro didático do professor, que contém além das informações presente no livro do aluno, as orientações metodológicas de ensino no manual do professor e do catálogo do PNLEM. No que se refere à inserção da Física Moderna no Ensino Médio, os autores divergem entre si. Isso faz com que este conteúdo seja disponibilizado com magnitudes diferentes. Enquanto em alguns livros esses conhecimentos são estruturados em unidades didáticas próprias, em outros aparecem tão somente como leituras complementares. Isso reflete diretamente na intensidade como são apresentados os conteúdos, evidenciando o esvaziamento do conteúdo de Física Moderna em alguns exemplares do PNLEM de Física. Portanto, o professor deve estar atento no momento de escolha das obras a serem utilizadas para evitar uma educação esvaziada de conteúdos e conhecimentos.

**Palavras-chave:** Física Moderna, conhecimento, livro didático, PNLEM.

## ABSTRACT

Education is an essentially human activity and aims to convey the new generations the historical knowledge produced by other human beings. By appropriating this knowledge, humans become capable of understanding the causality of nature and can thus act on it, transforming it and adapting it to their needs. Thus, the deeper the domain of men on the causalities of nature, the greater its power intervention on it. In recent years, there is an emptying of the contents of education. This, in turn, is a position contrary to the requirements for overcoming the human condition of holding, in the interest of human emancipation: the deepest possible domain specific contents of each field of knowledge. In the field of physics, the knowledge derived from modern physics represent the most intense knowledge about the nature of rationality. With that in recent years is increasing discussion about the inclusion of such knowledge in the curriculum of high school. In 2008, the Federal Government, through the National Textbook Program High School (PNLEM), released for public schools national copies of textbooks for Physics for choice and use in subsequent years. Thus, the present research, of a bibliography, is to analyze the contents of Modern Physics in the Physics textbooks offered by PNLEM. During the development of research, we identified analytically given by deepening the textbook for the knowledge of modern physics and the possibility of appropriation of students. It also explained how the contents of Modern Physics are presented in textbooks from the point of view didactic-methodological and historical knowledge of this area. The search is performed by analyzing the content of the textbook the teacher, which contains besides the information in this book the student, the methodological guidelines for teaching in the teacher guide and catalog of PNLEM. Regarding the insertion of Modern Physics in high school, the authors differ. That makes this content is made available with different magnitudes. While in some books such knowledge is structured in didactic units themselves, in others appear only as supplementary readings. This directly reflects the intensity of presentation of content, highlighting the emptying of the contents of modern physics in some copies of PNLEM Physics. Therefore, the teacher must be aware at the time of choice of works to be used to prevent an education devoid of content and knowledge.

**Keywords:** Modern Physics, knowledge, textbook, PNLEM.

## **LISTA DE TABELAS**

**Tabela 01** – Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLEM.

**Tabela 02** – A História da Ciência nos livros didáticos de Física do PNLEM.

**Tabela 03** – O Conhecimento de Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLEM

**Tabela 04** – Aspectos didático-metodológicos dos livros

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

CEB – Coordenadoria de Educação Básica  
CNE – Conselho Nacional de Educação  
ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio  
ENFIS – Banco de Referências de Ensino em Física  
FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação  
GERED – Gerência Regional de Educação  
LDBEN – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional  
MEC – Ministério da Educação  
PCN – Parâmetros Curriculares Nacionais  
PNLA – Plano Nacional do Livro de Alfabetização  
PNLD – Plano Nacional do Livro Didático  
PNLEM – Plano Nacional do Livro Didático do Ensino Médio  
PPP – Projeto Político-Pedagógico  
PROFIS – Espaço de Apoio, Pesquisa e Cooperação de Professores de Física  
SEB – Secretaria de Educação Básica  
USP – Universidade de São Paulo

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1 A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Justificativa .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2 Delimitação do Tema.....</b>	<b>27</b>
<b>1.3 O Problema.....</b>	<b>29</b>
<b>1.4 Objetivos .....</b>	<b>31</b>
1.4.1 <i>Objetivo Geral .....</i>	<i>31</i>
1.4.2 <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>31</i>
<b>1.5 Metodologia e Caracterização da Pesquisa .....</b>	<b>31</b>
1.5.1 <i>O Universo da Pesquisa.....</i>	<i>32</i>
1.5.2 <i>Classificação da Pesquisa .....</i>	<i>34</i>
1.5.3 <i>As etapas de Análise de Conteúdo .....</i>	<i>35</i>
<b>2 POSSIBILIDADE DE UMA ATIVIDADE EDUCATIVA EMANCIPADORA.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1 Educação e Formação Humana.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2 Educação e Sociedade .....</b>	<b>47</b>
<b>2.3 Natureza da Educação.....</b>	<b>52</b>
<b>2.4 Domínio dos Conteúdos Específicos.....</b>	<b>56</b>
<b>2.5 Articulação das Atividades Educativas com as Lutas de Classes.....</b>	<b>63</b>
<b>3 PRODUÇÃO E APROPRIAÇÃO DO CONHECIMENTO DA FÍSICA.....</b>	<b>67</b>
<b>3.1 O Conhecimento Científico como Produto Prático, Histórico e Social.....</b>	<b>69</b>
<b>3.2 Do Conhecimento Científico ao Conhecimento Escolar .....</b>	<b>77</b>
<b>3.3 O Livro como Local de Expressão da Organização e Sistematização do Conhecimento Escolar .....</b>	<b>82</b>
<b>3.4 O Ensino de Física Moderna: uma nova maneira de pensar .....</b>	<b>91</b>
<b>4 A FÍSICA MODERNA NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLEM.....</b>	<b>99</b>
<b>4.1 Física Moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores .....</b>	<b>100</b>
4.1.1 <i>“Desafio motivador” .....</i>	<i>100</i>
4.1.2 <i>“Dar condições aos alunos de compreenderem as notícias veiculadas” .....</i>	<i>101</i>
4.1.3 <i>“Sem sacrifício à Física Clássica ou o interesse do estudante” .....</i>	<i>103</i>
4.1.4 <i>“Destaque a Física Moderna” .....</i>	<i>104</i>
4.1.5 <i>“Física Moderna de forma simplificada” .....</i>	<i>105</i>
4.1.6 <i>Amarrando o Pensamento dos Autores .....</i>	<i>106</i>
<b>4.2 Questões Históricas da Evolução das Teorias da Física Moderna .....</b>	<b>108</b>
4.2.1 <i>“História do desenvolvimento e evolução dos conceitos” .....</i>	<i>109</i>
4.2.2 <i>“Ciência como construção humana” .....</i>	<i>111</i>
4.2.3 <i>“Aspecto pouco explorado com tratamento algumas vezes superficial” .....</i>	<i>113</i>
4.2.4 <i>“Valorizar a história das Ciências na evolução humana” .....</i>	<i>114</i>
4.2.5 <i>“Apresentados em textos sintéticos” .....</i>	<i>116</i>

4.2.6 <i>Amarrando as Idéias Históricas</i> .....	118
<b>4.3 O Conhecimento Específico de Física Moderna</b> .....	<b>120</b>
4.3.1 <i>“Resumido em poucas páginas”</i> .....	120
4.3.2 <i>“Possibilidade de contato com a Física Moderna”</i> .....	121
4.3.3 <i>“Selecionar alguns tópicos especiais”</i> .....	122
4.3.4 <i>“Condição de compreender suas relações com o avanço tecnológico”</i> ..	123
4.3.5 <i>“Permita a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais”</i> ...	125
4.3.6 <i>Sinopse dos Conhecimentos Abordados</i> .....	127
<b>4.4 Aspectos Didático-Metodológicos dos Conteúdos de Física Moderna</b> ..	<b>129</b>
4.4.1 <i>“Permitir uma leitura independente pelo aluno”</i> .....	129
4.4.2 <i>“Abordagem por meio de trabalhos em grupo”</i> .....	131
4.4.3 <i>“Dividido em pequenos blocos”</i> .....	131
4.4.4 <i>“Despertar a curiosidade científica, o prazer de aprender,”</i> .....	133
4.4.5 <i>“Caráter compacto”</i> .....	136
4.4.6 <i>Comparando os aspectos didático-metodológicos</i> .....	137
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>140</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>145</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>157</b>
I. Fluxograma Operacional das Atividades do PNLEM .....	158
II. Valores Negociados com as Editoras para o PNLEM 2009 .....	160
III. Participantes da Conferência de Solvay, Bruxelas, 1927 .....	161

## APRESENTAÇÃO

*A natureza é um enorme jogo de xadrez,  
disputado por Deus e que temos o privilégio de observar.  
As regras do jogo são o que chamamos de física fundamental  
e compreender essas regras é a nossa meta*

Richard Feynman  
(1918-1988)

Desde a década de 1980, quando se acentuaram as pesquisas a respeito do livro didático, vários foram os artigos, as publicações e obras que enfocavam o papel do mesmo ao longo da história e na atual forma de sociabilidade. Destacamos os trabalhos sobre a história do livro didático de Pfromm Netto, Dib e Rosamilha (1974); os estudos a respeito da política pública do livro didático de Oliveira, Guimarães e Bomény (1985) e Freitag, Motta e Costa (1987, 1989); as pesquisas acerca da ideologia presente nessas obras, produzidas por Faria (1986) e Molina (1987); e os estudos sobre a ciência no livro didático, efetuados por Pretto (1985) e Fracalanza e Megid Neto (2006), que se tornaram suporte para pesquisas posteriores.

Nos últimos anos, o livro didático vem se tornando uma ferramenta indispensável no processo de ensino-aprendizagem, tanto que o Governo Federal lançou projetos com o objetivo de difundir-lo para todos os alunos de escolas públicas do país<sup>1</sup>. Trata-se do maior programa mundial, segundo Bittencourt (2003), em termos de investimentos e de distribuição de livros, de forma gratuita, para uma rede de educação pública de um país.

Esses novos programas, que investem cifras milionárias na educação, têm despertado novamente interesses em estudos a respeito do livro didático, na qual evidenciamos o trabalho realizado por Santos (2006) e Coimbra (2007) sobre os livros didáticos de Química e Física, respectivamente.

---

<sup>1</sup> Atualmente, o Governo Federal, através do MEC, está distribuindo livros para toda a educação básica pública nacional através do Programa Nacional do Livro de Alfabetização (PNLA) destinado as séries iniciais do Ensino Fundamental, Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), destinado as séries finais do Ensino Fundamental, e o Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio (PNLEM), destinado ao Ensino Médio.

O presente trabalho visa analisar o conhecimento científico presente nos livros didáticos. Trata-se de uma análise de conteúdo dos conhecimentos ali didaticamente organizados. As referências são as obras de Física do Programa Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM) do Governo Federal, a partir do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), distribuídos de forma gratuita para todos os alunos do Ensino Médio da rede pública do país.

O conhecimento científico consiste em um saber sistematizado que busca explicar a ordem dos fenômenos naturais ou sociais de forma racional, produto de uma atividade metódica de investigação. Para Kneller (1980, p. 21), “Uma teoria científica é um conjunto de enunciados que descrevem a natureza de uma entidade inobservada e (ou) o processo postulado como causa de certos fatos observados”.

Os conteúdos de ensino são os conhecimentos científicos, acrescidos das habilidades, valores, hábitos, idéias, convicções, atitudes, organizados didaticamente para serem transmitidos pelo professor e assimilados pelos alunos. Segundo Libâneo (1990, p. 448),

Podemos dizer que os conteúdos retratam a experiência social da humanidade no que se refere a conhecimentos e modos de ação, transformando-os em instrumentos pelos quais os alunos assimilam, compreendem e enfrentam exigências teóricas e práticas da vida social. Constituem o objeto de mediação escolar no processo de ensino, no sentido em que a assimilação e compreensão dos conhecimentos e modos de ação se convertem em idéias sobre as propriedades e relações fundamentais da natureza e da sociedade, formando convicções e critérios de orientação das opções dos alunos frente às atividades teóricas e práticas postas pela prática social.

Na escola, o conhecimento científico se converte em conhecimento escolar, sofrendo adequações didáticas e também ideológicas. Este processo é denominado *transposição didática* (CHEVALLARD, 1991; CHEVALLARD, JOHSUA, 1982).

O livro didático apresenta grande influência no processo de ensino-aprendizagem, pois é uma das principais ferramentas utilizadas pelos professores para ministrar e planejar suas aulas. Nele se explicita a transposição didática. O “saber sábio” produzido pela ciência é convertido em “saber à ensinar”. Compreender a forma como se estrutura o conhecimento a ser ensinado no livro didático nos auxilia a perceber os caminhos que a educação atual trilha.

Utilizamos o PNLEM como ponto de partida. Esse programa do Governo Federal, através do Ministério da Educação (MEC), iniciou em 2004 distribuindo livros de Língua Portuguesa e Matemática para todas as escolas públicas nacionais. Em 2008, foi inserido o livro didático de Física que, pela primeira vez, está sendo disponibilizado pelo programa para todos os alunos em nível nacional.

Um dos pontos fortes apontados pelo PNLEM trata-se do processo de escolha dos livros. O universo de livros didáticos disponibilizados por diversas editoras no país é vasto. Saber escolher um bom livro ajuda na busca do sucesso da prática docente. Uma primeira análise é feita por uma equipe do próprio MEC, que considera tópicos como: correção e adequação conceituais, coerência e pertinência metodológicas, preceitos éticos, tratamento conceitual adequado, construção do conhecimento científico, construção da cidadania, aspectos pedagógicos e metodológicos, projeto gráfico e editorial e o acordo com os aspectos legais e jurídicos (Constituição Federal, Estatuto da Criança e do Adolescente, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei nº 10.639/2003, Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio, Resoluções e Pareceres do Conselho Nacional de Educação, o Parecer CEB nº15/2000, de 04/07/2000, o Parecer CNE/CP nº003/2004, de 10/03/2004 e Resolução nº 1, de 17 de junho de 2004) (BRASIL, 2008a).

A partir dos resultados dessa análise, os livros didáticos aprovados são encaminhados para a escola para que o professor faça sua escolha, orientado pelo *Catálogo do Programa Nacional do Livro do Ensino Médio* (BRASIL, 2008a).

Para o componente curricular de Física, o PNLEM disponibilizou seis livros didáticos: Gaspar (2005a), Gonçalves Filho; Toscano (2007a), Luz; Álvares (2005a, 2005b, 2005c), Penteado; Torres (2005a, 2005b, 2005c), Sampaio; Calçada (2005a) volume único, e Sampaio; Calçada (2005b, 2005c, 2005d) em três volumes. Nossos esforços neste trabalho estão centrados em uma apreciação sobre a forma de exposição do conhecimento científico de Física, transposto para conhecimento escolar, presente nessas obras. Teremos como objeto de estudo a unidade referente à Física Moderna que em algum desses livros apresentam-se ao longo dessas obras.

Como resultado, buscamos caracterizar a forma de abordagem dos conhecimentos científicos nos livros didáticos de Física do PNLEM. Primeiramente no que se refere à historicidade da ciência e da produção científica do

conhecimento, a forma como atua a transposição didática, no sentido de permitir ao aluno a apropriação desses conhecimentos, as formas de abordagem e os aspectos didáticos e metodológicos de transmissão dos mesmos.

O presente trabalho estabelece como objetivo final fornecer fundamentação para outras pesquisas, bem como para produção de materiais referentes à metodologias para análises e posterior escolha de livros didáticos, uma vez que essa atividade é permanente na atual forma de organização escolar. Organizamos esse trabalho em quatro capítulos.

O primeiro capítulo, intitulado “**Física Moderna no Ensino Médio**” apresenta a problemática, justificativa, e delimitação do tema. Além disso, definimos os objetivos do trabalho, a metodologia e a caracterização da pesquisa, juntamente com os passos metodológicos que seguiremos durante nossa análise.

O segundo capítulo, “**Possibilidade de uma Atividade Educativa Emancipadora**”, se subdivide em cinco partes, com foco na fundamentação teórica da pesquisa com base nos requisitos apontados por Tonet (2005) para uma atividade educativa que visa possibilitar a emancipação humana. Portanto, apresentamos inicialmente a concepção de ser humano, demonstrando que é pelo processo de produção e reprodução da vida que o homem produz e se reproduz. Com isso, buscamos demonstrar a gênese da ciência<sup>2</sup> e a justificativa para a necessidade de transmissão dos conhecimentos produzidos pelas gerações anteriores às novas gerações. Na seqüência, mostramos que esse processo é histórico e orientado pelas formas de organização social da propriedade dos meios de produção. A natureza da educação é apresentada a partir dos pressupostos da formação humana e da organização social do trabalho. Compreendemos a educação como sendo o processo de apropriação dos conhecimentos, habilidades e valores e comportamentos historicamente desenvolvidos pelo ser humano. Para que isso se processe, é necessário o domínio dos conteúdos específicos de cada área do saber pelos professores que, para visar como finalidade maior à emancipação humana das condições de exploração do homem pelo homem, necessita estar articulada aos movimentos sociais, uma vez que a classe revolucionária por natureza é a classe trabalhadora.

---

<sup>2</sup> Compreendemos ciência como sendo a investigação metódica e racional da natureza, que busca extrair, pela interação sujeito objeto, aquilo que, em sua singularidade, é representativo da totalidade. Utilizamos a palavra ciência para referências específicas em relação à área da Física.

O terceiro capítulo, “**Produção e Apropriação do Conhecimento Específico da Física**”, tem por objetivo especificar o tipo de conhecimento, na área de Física, a ser apropriado pelos alunos para buscar a emancipação humana. Para tal, apresentaremos a ciência, sob a ótica da física, como sendo histórica e resultado da atividade humana, que visa explicar racionalmente os fenômenos naturais. Compreender a articulação da ciência com o desenvolvimento da humanidade facilita o entendimento do processo de elaboração do conhecimento científico. Na seqüência, este capítulo demonstra que dentre as várias fontes possíveis de busca de tal conhecimento no ensino formal está o livro didático. Neste, o conhecimento científico é transformado em conhecimento escolar em um processo denominado transposição didática. Defendemos, na seqüência, a inserção da Física Moderna ainda no Ensino Médio. Compreendemos que os alunos devem se apropriar do mais alto nível de conhecimento desenvolvido, no nosso caso, os da Física Moderna. Trata-se, também, de um capítulo de fundamentação teórica com o intuito de gerar base científica para a análise propriamente dita a respeito dos conteúdos presentes nos livros didáticos de Física do PNLEM.

O quarto capítulo, “**A Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLEM**”, é estruturado em quatro tópicos de análise efetiva do livro didático. No primeiro tópico, localizamos a opinião dos autores dos livros didáticos do PNLEM sobre a inserção da Física Moderna no Ensino Médio. Consideramos esse tópico fundamental em nossa análise, uma vez que é a partir disso que os autores dão maior ou menos ênfase na abordagem do conteúdo. O segundo tópico situa o debate histórico realizado pelos autores no que se refere às rupturas e revoluções científicas produzidas pelos novos conhecimentos oriundos da Física no século XX. O terceiro item verifica o que há de conhecimento efetivo nos textos, capítulos ou unidades didáticas destinadas a Física Moderna. O quarto e último item avalia os aspectos didático-metodológicos das obras. Em cada item é exposto um quadro com a síntese dos dados obtidos, expostos em categorias de análise.

Nas “**Considerações Finais**” são apresentadas as respostas aos questionamentos que nos fizemos realizar essa pesquisa, além de aspectos que consideramos relevantes no transcorrer de todo o trabalho e comentários a respeito dos resultados obtidos.

# 1 A FÍSICA MODERNA NO ENSINO MÉDIO

*Nunca caminhe tão somente por linhas tracejadas,  
pois elas só conduzem até onde outros já foram!*

Alexander Graham Bell  
(1847 – 1922)

## 1.1 Justificativa

O presente estudo tem suas origens quando, em 2007, o Programa Nacional do Livro do Ensino Médio (PNLEM) lança, pela primeira vez, o edital de seleção do livro didático de Física, que será disponibilizado para todos os alunos da rede pública nacional.

Como professor efetivo da rede estadual de educação do Estado de Santa Catarina, da disciplina Física, participei do processo seletivo do livro didático, durante o ano letivo de 2008, que seria adotado pelas escolas, nos anos letivos de 2009, 2010 e 2011. O processo de escolha dos livros didáticos a serem adotados pelas escolas públicas do Estado Santa Catarina ocorre em cada Gerência Regional de Educação (GERED).

A cada novo programa, uma reunião é realizada com o conjunto de professores efetivos e contratados temporariamente da área específica, de todas as escolas que compõem cada uma das GERED's. A escolha por GERED e não por unidade escolar se justifica principalmente por dois motivos. Primeiro, facilita a adaptação de alunos que se transferem de uma unidade escolar para outra no ano letivo vigente ou subsequente. Segundo, permite que uma escola recorra à outra na falta de livros.

Em 2008, chegaram aos professores de Física seis propostas de livros didáticos de Física de editoras diversas, juntamente com o catálogo do PNLEM com orientações para escolha. Nossa experiência profissional docente em Física era recente e, portanto, não possuíamos conhecimento aprofundado sobre tais obras, bem como de critérios para escolha de uma opção. Posteriormente, por observação e conversa com demais colegas participantes desse processo seletivo, percebi que estas dúvidas a respeito de qual seria a melhor opção para o trabalho docente e para apropriação dos conhecimentos específicos da Física pelos alunos durante o

processo de ensino-aprendizagem se estendiam, também, entre os demais professores da área.

Essas dúvidas que cercavam o conjunto de professores provocaram algumas inquietações. Isso levou-nos ao questionamento: será que a escolha feita é a que melhor atende ao Projeto Político Pedagógico (PPP) e numa perspectiva de educação que vise transmitir para o aluno o mais elevado conhecimento desenvolvido pela humanidade?

Se julgarmos como um requisito para um bom processo educativo a transmissão do mais elevado conhecimento produzido, neste caso o da Física, analisaremos como o livro didático apresenta aquilo que consideramos como conhecimento mais avançado desta área, ou seja, os estudos desenvolvidos durante o século XX, historicamente denominado de Física Moderna e Contemporânea.

Historicamente, a evolução da Física é dividida em três grandes etapas: Física Clássica, a Física Moderna e Física Contemporânea. A Física Clássica compreende os trabalhos desenvolvidos a partir da tríade Copérnico, Galileu e Newton até a teoria clássica sobre o eletromagnetismo, no final do século XIX<sup>3</sup>. A Física Moderna é o conjunto de teorias surgidas a partir do início do Século XX, a partir dos trabalhos de Planck a respeito da Mecânica Quântica, que passa a estudar os fenômenos físicos da matéria em escala atômica e os de Einstein sobre a Relatividade, que busca explicar os fenômenos em escalas astronômicas, envolvendo grandes quantidades de energia e massa. A partir dessas duas teorias, a ciência passou a ter novas compreensões a respeito de energia, massa, espaço e tempo, por exemplo. A Física Contemporânea tem suas origens a partir do final da Segunda Guerra Mundial, que tem como principal campo de estudo as partículas subatômicas. Para efeito de melhor compreensão, nesta pesquisa utilizaremos apenas o termo Física Moderna para expressar os trabalhos realizados no campo da Física a partir do século XX.

Desde minha graduação em Licenciatura em Química e Física, observava que os cursos de formação de professores para o ensino dessas disciplinas ou os cursos de Engenharia da instituição de ensino que freqüentava, destinavam grandes cargas horárias para estudos da Física Clássica, enquanto a Física Moderna estava restrita a estudos em cargas horárias bem menores. Talvez isso se explique, em

---

<sup>3</sup>As teorias advindas da Física Clássica continuam sendo válidas, porém se aplicam apenas a fenômenos que ocorrem em escalas humanas.

nossa percepção, pela atual questão pragmática que cerca a educação. Os conhecimentos de Física Moderna, mesmo sendo os mais avançados nessa área, apresentam uma utilidade restrita as áreas de pesquisa e desenvolvimento em grandes agências, laboratórios ou empresas de tecnologia de ponta; enquanto os conhecimentos de Física Clássica são mais aplicáveis a questões cotidianas, que envolvem fenômenos do nosso dia-a-dia e, portanto, utilitariamente mais importantes para os acontecimentos no âmbito humano.

Alveti (1999) destaca que, as discussões a respeito da inserção da Física Moderna no Ensino Médio vêm se acentuando com a justificativa de que a maioria dos alunos não ingressam no Ensino Superior após conclusão do Ensino Médio. Isso demonstra que este estágio pode ser o único encontro sistematizado entre eles e o conhecimento advindo da Física Moderna.

Destacamos alguns trabalhos como os de Terrazzan (1992, 1994), Camargo (1996), Alveti (1999), Ostermann (2000), Rezende Jr. (2001), Karam (2005), Borges (2005), Chiarelli (2006), Webber (2006), Oliveira (2006), D'agostin (2008), em pesquisas acadêmicas, além dos esforços realizados por pesquisadores de renome nacional na área de Ensino de Física, como João Zanetic e Maurício Pietrocola, que vem reforçando a necessidade da inserção imediata da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio.

Ao analisar os livros didáticos de Física das décadas de 1980 e 1990, Wuo (2000) destaca a existência de um núcleo comum nas obras deste período, que compreende os estudos da Física Clássica (mecânica, termologia, ondulatória, óptica e eletromagnetismo), enquanto os estudos referentes à Física Moderna são raramente abordados. Quando o são, estão presentes em capítulos específicos ou apenas citados de maneira dispersa entre os temas da Física Clássica.

As inquietações advindas da secundarização da Física Modernanos fez refletir se os livros didáticos de Física, colocados a disposição dos professores através do PNLEM, oferecem aos alunos do Ensino Médio e ao docente suporte para o processo de transmissão-apropriação dos conhecimentos advindos da Física Moderna. Isso só pode ser respondido se melhor conhecermos os livros didáticos de Física oferecidos pelo PNLEM. Assim, originou-se o presente estudo.

Para tal, precisamos, primeiramente, conhecer o que é o PNLEM, sua justificativa e seus objetivos. No ano de 2004, o Governo Federal, por meio do Ministério da Educação (MEC), mais especificamente pela Secretaria de Educação

Básica (SEB) e em parceria com o Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) implantou o Programa Nacional do Livro para o Ensino Médio (PNLEM). Aprovado pela Resolução nº 38 do FNDE de 15 de outubro de 2003, o programa prevê a universalização de livros didáticos, para os alunos do ensino médio público de todo o país. A referida resolução apresenta: o fluxograma com as metas do programa, etapas de seleção e triagem das obras, avaliação pedagógica, a escolha pelos professores da unidade escolar e a aquisição e conseqüente distribuição dos mesmos em todas as unidades escolares públicas de ensino médio do país (vide anexo I). O livro didático é apresentado como um recurso para o aluno durante o processo de ensino-aprendizagem. De acordo com o MEC (BRASIL, 2008a, p. 5),

No mundo atual, caracterizado pela diversidade de recursos direcionados ao aperfeiçoamento da prática pedagógica, o livro didático ainda se apresenta como eficaz instrumento de trabalho para a atividade docente e para a aprendizagem dos alunos. O acesso a esse instrumento contribui para a qualidade da educação básica, além de promover a inclusão social.

Destacando a importância do livro didático no contexto educacional do país, o programa iniciou distribuindo livros de Língua Portuguesa e Matemática nos anos de 2004 e 2005. Em 2007, os livros didáticos de Física foram incluídos no programa para serem selecionados durante 2008 e utilizados em 2009, 2010 e 2011.

O processo seletivo do livro didático constitui de duas fases: a primeira analisa os aspectos técnicos, ou seja, critérios de qualidade e são realizados pelos técnicos do MEC; a segunda etapa avalia os aspectos conceituais, metodológicos e éticos, com vistas às condições satisfatórias para a prática pedagógica. Esta avaliação é feita por equipe de especialistas na área, de universidades públicas de todo o país. Dentre as várias obras submetidas pelas editoras de todo o país, o MEC selecionou seis exemplares para escolha pelos professores das escolas públicas, sendo três em volume único e três em volumes separados para cada ano do Ensino Médio<sup>4</sup> (BRASIL, 2008a).

---

<sup>4</sup> De acordo com o edital de convocação para a inscrição das obras a serem selecionadas para o PNLEM de Física, compreende-se como livro didático em volume único livros que apresentam conteúdos e atividades, num único exemplar, com o objetivo de atender todas as séries que compõem o Ensino Médio e livros seriados em volumes ao conjunto de três livros, cada qual destinado a um dos anos no Ensino Médio (1ª a 3ª série), organizados de acordo com uma proposta

Com o objetivo de respeitar as particularidades de cada região do país e de cada escola, de acordo com seus Projetos Políticos Pedagógicos (PPP), além de proporcionar um caráter mais democrático ao programa, a etapa final do processo de escolha do livro didático se dá na própria unidade escolar.

A importância da participação do docente no processo de seleção e escolha do livro didático, segundo Oliveira, Guimarães e Bomény (1984), pode ser destacada como uma ação governamental que visa garantir a utilização efetiva desses livros no processo de ensino de sala de aula, bem como propiciar uma melhor aprendizagem dos alunos decorrentes da motivação do professor em estar utilizando material didático por ele escolhido.

Ao apresentarmos alguns pontos do PNLEM, necessitamos focar os estudos a respeito do Livro Didático, em especial, no ensino de Física. Inicialmente, voltamos nossos olhares para o universo de pesquisas efetuadas sobre ensino em Física. Segundo Salem e Kawamura (2008), as pesquisas voltadas para o ensino de Física no país estão em expansão. No período entre 1972 e 2005 foram produzidas no país 621 obras acadêmicas relacionadas ao Ensino de Física, sendo 80% dissertações de mestrado, 19% teses de doutorado, além de sete trabalhos de livre-docência que corresponde a aproximadamente 1% das obras. Ao analisarmos o número de trabalhos produzidos por década, percebemos uma crescente preocupação com temas relacionados ao ensino da Física. Nos dados referentes aos anos de 1970, foram apenas 50 obras, nos anos de 1980 esse número aumentou para 130, nos anos de 1990 chegamos a um total de 231 trabalhos sendo que na primeira metade da primeira década do século XXI (2001-2005), são 250 trabalhos produzidos. Isso evidencia a importância que está sendo dada aos estudos nesta área, que ajuda a justificar nosso trabalho nessa temática.

As autoras, os subdividiram em dez grupos temáticos. As pesquisas que abordam o livro didático classificam-se em duas temáticas: “Materiais, Métodos e Estratégias de Ensino” e “Tecnologia da Informação e Comunicação”, num total de 47 trabalhos produzidos no período delimitado pelas pesquisadoras. Nesse período que corresponde a mais de 30 anos, houve um pequeno número de estudos relacionados ao tema (em média geral, três a cada dois anos).

Salem e Kawamura (2008, p. 10) realizaram, posteriormente, em seu estudo uma classificação das pesquisas em três grandes eixos temáticos: Ensino-Aprendizagem, Educação e Conhecimento. No eixo Ensino-Aprendizagem “é predominantemente relacionado aos objetivos ou concepções educacionais (por quê/para quê ensinar)”, que corresponde a 34% dos trabalhos elaborados. O eixo Educação aborda os “processos cognitivos e às estratégias ou metodologias de ensino-aprendizagem (como ensinar)” e corresponde a 46% dos trabalhos. O eixo Conhecimento relaciona os “objetos, conteúdos e organização do conhecimento (o quê ensinar)”, que corresponde a 20% das produções.

Nosso estudo estará concentrado justamente no eixo que apresenta menor número de obras: Conhecimento. O eixo Conhecimento agrega trabalhos referentes a áreas como Diretrizes, Seleção e Organização do Conhecimento.

A expansão das pesquisas em Ensino de Física e o menor interesse aos estudos relacionados ao conhecimento, mais especificamente sobre livros didáticos, são as primeiras justificativas para nosso estudo. Essas informações apresentadas demonstram quão grande e vasto é esse campo de pesquisa.

De início, realizamos um levantamento das pesquisas e trabalhos citados anteriormente que envolvam especificamente a temática livro didático e Ensino de Física para localizarmos nosso trabalho no debate atual. Para isso, utilizamos o Banco de Referências de Ensino de Física (ENFIS) da USP<sup>5</sup>, disponível no site do PROFIS – Espaço de Apoio, Pesquisa e Cooperação de Professores de Física, e nos catálogos analíticos sobre produções em Ensino de Física da USP (1992, 1996, 2005). Com a ajuda da professora Sônia Salem<sup>6</sup> foram encontrados vinte e dois trabalhos, entre dissertações e teses, que abordam o tema livro didático no período de 1972 a 2005. Essa busca foi importante para verificarmos o universo de pesquisa desenvolvidas até o presente momento que possam ser utilizadas como referencial para o estudo. Também nos auxiliaram os catálogos analíticos sobre Ensino de Física da PUC (PUC, 1992, 1995, 2005).

---

<sup>5</sup> Trata-se de um banco de dados informatizado, com referências de publicações da área de Ensino em Física, produzidas em nível nacional que disponibiliza aos seus usuários as referências bibliográficas de trabalhos, projetos, publicações, artigos e principalmente dissertações e teses em Ensino em Física (SALEM; KAWAMURA, 1993). Disponível para download em: [www.if.usp/profis](http://www.if.usp/profis) (Acessado em 05 de novembro de 2008).

<sup>6</sup> Coordenadora Técnica do Instituto de Física da USP e idealizadora do ENFIS juntamente com Maria Regina Kawamura.

Portanto, o assunto livro didático é motivo de debate nos meios de pesquisa. Mesmo assim, nos preocupamos em fazer essa análise dos livros didáticos do PNLEM por estarem voltados aos alunos da rede pública nacional. Nas nossas buscas encontramos um trabalho realizado por Coimbra (2007) que faz uma análise sobre a formação de uma cultura científica no Ensino Médio que focaliza os livros do PNLEM. A mesma faz uma discussão sobre a relação entre formação de uma cultura científica e o ensino de ciências. Ressalta a importância do livro didático e prioriza sua análise no potencial formativo de uma cultura científica na escola propiciada pelos livros didáticos<sup>7</sup>.

Outra razão para analisar esses livros, e não tantos outros disponíveis nas muitas editoras, situa-se justamente na preocupação que temos com o ensino público do país em que, a grande maioria de seus alunos, só tem acesso ao livro didático se fornecido gratuitamente pela escola. Concordamos com Saviani (2008, p. 75) que “a escola tem o papel de possibilitar o acesso das novas gerações ao mundo do saber sistematizado, do saber metódico, científico” e, por isso, necessitamos verificar se este se articula ao projeto escolar a fim de cumprir esse papel.

Em uma sociedade dividida em classes, caracterizada pela exploração do capital pela classe burguesa dominante sobre a classe trabalhadora dominada, divide também a educação. Podemos ver como tendência na educação básica nacional, um direcionamento dos alunos de classe média e alta para as escolas particulares, enquanto as classes economicamente menos favorecidas deslocam seus alunos para as escolas públicas.

Essa divisão de classes no sistema educacional favorece a impregnação da ideologia capitalista nas classes exploradas. A escola pública pode tornar-se um instrumento que vise à superação das condições de classes ao afirmar a existência dessa condição e apresenta subsídios capazes de dar suporte para tal. Um dos mecanismos desse processo é a disponibilização para a classe menos favorecida o conhecimento historicamente desenvolvido. Isso permitirá utilizá-lo para compreender a atual realidade econômico-social e, desta forma, posicionar-se conscientemente perante ela.

---

<sup>7</sup> Lembramos que em 2007 o MEC já havia aprovado os livros didáticos de Física a serem ofertados para as escolas públicas, porém os mesmos foram disponibilizados para escolha em 2008 e só foram distribuídos para uso em 2009.

Uma educação que tenha por objetivo auxiliar no processo de emancipação humana deverá ter como finalidade a “socialização do conhecimento acumulado historicamente pela humanidade, visando a que esse conhecimento seja utilizado pelos educandos no processo de transformação da realidade que eles vivem” (DUARTE, 1987a, p. 11).

Essa é a nossa interpretação para uma educação que vise ser crítica e possibilitadora da emancipação humana. Por isso voltamos nossos olhares para os problemas decorrentes da educação pública, neste caso em especial, aos livros didáticos de Física disponibilizados pelo PNLEM.

Entendemos que os educadores necessitam de mecanismos para operacionalizar as atividades educativas para que os alunos apropriem-se deste conteúdo e desenvolvam a possibilidade de compreensão da realidade posta. Com o domínio dos conhecimentos, habilidades e valores possa contribuir para o processo de superação das condições de exploração de classes.

Consideramos o livro didático como sendo “parte do arsenal de instrumentos que compõe a instituição escolar, parte esta, por sua vez, da política educacional, que se insere num contexto histórico e social” (OLIVEIRA; GUIMARÃES; BOMÉNY, 1984, p. 111). O livro didático está presente em todo conjunto escolar, assim como nas ideologias que englobam a totalidade social. Em conjunto com os conhecimentos obtidos pelo professor durante sua formação escolar ou durante sua atuação profissional, compõem grande parte do material de ensino que o educador utiliza em sala de aula. Os professores utilizam os livros didáticos como instrumento na orientação de suas atividades em sala de aula<sup>8</sup>, no que se refere à seleção e adaptação dos conteúdos e, por conseqüência, as demais atividades pedagógicas.

No entanto, o livro didático não se restringe apenas a uma ferramenta metodológica e pedagógica do processo de ensino aprendizagem. Destacamos que a função pedagógica, de transmissão do conhecimento e a socialização do saber desenvolvido é sua principal função. Concordamos com Santos (2006) que denota ainda outros dois aspectos importantes: político-ideológica e a econômica.

---

<sup>8</sup> Nossa observação do cotidiano da escola, como professor do Ensino Médio de escola pública, é que o livro didático se configura como o principal e algumas vezes único instrumento para seleção e organização dos conteúdos. Outras vezes, o livro didático é quem pensa o programa e dita os conteúdos a serem ministrados, bem como a forma como serão ensinados.

Além disso, existe ainda o aspecto político e cultural de abordagem da ciência e da história da ciência, que interferem na compreensão dos acontecimentos científicos e no próprio processo de transmissão do conhecimento (OLIVEIRA; GUIMARÃES; BOMÉNY, 1984, p. 11). Para Faria (1986) os aspectos ideológicos da sociedade capitalista estão impregnados no processo de ensino e aprendizagem voltado para a classe dominada. A autora questionava sobre a possibilidade de se desenvolver um livro didático que expressasse a verdade sobre a sociedade dividida em classes.

Dentro da sociedade capitalista, o livro didático é também uma mercadoria, em que custos, benefícios e acesso estão restritos a ordem de cunho econômico. Segundo a Fundação João Pinheiro, em 1998, aproximadamente 64% da produção de livros no Brasil é do setor didático, seguido por 17% de obras em geral e 14% de livros religiosos. Mesmo assim, são poucas as produções teóricas que abordam a questão econômica que envolvem os livros didáticos (CARVALHO, 2008).

O PNLEM visa distribuir de forma gratuita livros didáticos a todos os alunos da rede pública de ensino do país. Isso tem um custo, pois estamos mencionando a aquisição de mais de 43 milhões de livros, divididos em 250 diferentes obras de 12 editoras somente para o PNLEM. Segundo dados do FNDE<sup>9</sup>, o valor negociado com as editoras para o PNLEM de 2009 é superior a R\$ 415 milhões. Acrescido com o Programa Nacional do Livro de Alfabetização (PNLA)<sup>10</sup> e do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD)<sup>11</sup> do ano de 2009, esse valor ultrapassa a cifra de R\$ 700 milhões (Vide Anexo II). Como todos esses valores são oriundos do pagamento de impostos, nossa pesquisa também se justifica pela necessidade de verificarmos a forma de aplicabilidade desses recursos.

Como contribuição teórico-prática, esse trabalho visa construir elementos que possam contribuir no processo de escolha do livro didático pelos professores. O presente estudo enfatiza a importância da apropriação dos conhecimentos historicamente desenvolvidos pela humanidade na autoconstrução do sujeito, tornando-o autor da sua história.

---

<sup>9</sup> Disponível em: [www.fnde.gov.br/home/index.jsp?arquivo=livro\\_didatico.html#dados](http://www.fnde.gov.br/home/index.jsp?arquivo=livro_didatico.html#dados). Acessado em 09 de novembro de 2008.

<sup>10</sup> Programa destinado à aquisição dos livros de alfabetização nas séries iniciais do Ensino Fundamental.

<sup>11</sup> Programa destinado à aquisição de livros didáticos da 5ª a 9ª série do Ensino Fundamental.

## 1.2 Delimitação do Tema

Com a superação da sociabilidade feudalista em advento da sociabilidade capitalista, também a ciência passou por uma revolução. Com as novas visões apresentadas pela tríade Copérnico, Galileu e Newton, inicia-se um processo de mudança na forma de olhar a natureza, que resultou em um conhecimento científico de grande importância para o desenvolvimento da sociedade capitalista emergente. O conhecimento passou a significar poder. A sociedade burguesa, então, passou a exigir o controle sobre a produção e transmissão desse saber.

Atualmente, percebe-se que o capitalismo está produzindo um crescente movimento de controle no que diz respeito às questões teóricas da pesquisa, principalmente no campo educacional. Segundo Moraes (2001, 2003, 2007), as atuais políticas educacionais, por um lado, orientam a formação de um docente com um saber tácito, mínimo e superficial; por outro lado, criam em torno desse conhecimento um relativismo, baseados nos fatores sociais, históricos, contextuais e conjecturais, etc. para justificar o não caráter objetivo do mesmo. A autora, em referência a Medeiros (2004), ressalta que

O conhecimento textual e a realidade em si são nominalmente afastadas e entre elas se interpõe um abismo. Nessas circunstâncias, as teorias são vistas como meros discursos a respeito do mundo, formas de expressão desprovidas de qualquer estatuto ontológico privilegiado ou, mais diretamente, como construtos, jogos de linguagem incomensuráveis e sem sujeitos. Toda crença, científica ou não, seria apenas uma descrição particular, culturalmente determinada, de um modo efetivamente insondável. (MORAES, 2007, p. 4)

Esse movimento é caracterizado pelo que autora denomina “recuo da teoria”, ou seja, um esvaziamento dos conhecimentos que se dá pela redefinição das políticas públicas, pela convicção da falência da razão moderna, a ressignificação de conceitos e o estabelecimento da cultura como palco de atuação dos atores sociais<sup>12</sup>. Essas concepções educacionais deslocam o conhecimento da centralidade da educação. A educação formal, a escola tradicional, as antigas referências educacionais tornaram-se obsoletas e uma nova pedagogia baseada no desenvolvimento de competências surge como proposta pedagógica.

---

<sup>12</sup> Isso será melhor apresentado no Capítulo III.

As ciências da natureza, que possuem seus conhecimentos validados empiricamente, com auxílio de tecnologias e experimentos, sofreram de maneira menos acentuada o recuo da teoria explicitado acima, em relação às ciências sociais, em especial, à educação. A delimitação de nosso tema se dá justamente no ponto de intersecção entre ciências da natureza, em especial a Física, e a educação, com foco no conhecimento presente no livro didático.

O livro didático é uma das políticas de governo que atinge quase a totalidade da educação média pública nacional e, como tal, pode vir a sofrer o processo de esvaziamento do conhecimento. No caso da Física Moderna, para Zohar (1990) esse esvaziamento pode obstruir a nova visão filosófica apresentada por esses conhecimentos, que contrariam e derrubam paradigmas considerados corretos e imutáveis. Reelaborar conceitos desperta questionamentos e imprime novas visões a respeito do mundo natural.

Para Chevallard (1991), o conhecimento produzido pela ciência Física é complexo para ser ensinado em sala de aula. Para tal, ocorre um processo de transformações adaptativas que irão torná-lo objetos de ensino, ou seja, em um conhecimento escolar. Esse processo é denominado *transposição didática*. Wu (2000, p. 35), ao comentar o conceito de transposição didática de Chevallard, explicita:

No processo de transformação do conhecimento científico em matéria escolar, pode ocorrer, em atendimento aos diversos interesses e finalidades que orientam a busca por esse conhecimento, um maior ou menor distanciamento entre o saber organizado para o ensino e o saber de referência.

Nesse momento, o conhecimento científico pode sofrer um processo de esvaziamento ao ser transformado em conhecimento escolar, de acordo com os objetivos que orientam o processo de ensino-aprendizagem em determinado momento histórico. Esse será o nosso foco de observação.

Nossas categorias de análises estarão focadas em: a) aspectos históricos, pois compreendemos a ciência como produto da atividade humana; b) abrangência dos conteúdos, visto que a apropriação do conhecimento é fundamental para a formação de um indivíduo consciente; e c) aspectos didáticos e metodológicos, ou seja, na forma de estruturação desse conhecimento no livro didático.

### 1.3 O Problema

Nossa análise parte do seguinte pressuposto: o homem é um ser que organiza a sua vida em sociedade sendo esta determinada pelo modo de produção que se apresenta em cada momento histórico. Ele se funda no trabalho, ou seja, pela capacidade de transformar a natureza para garantir a sua existência. Para tal, necessita produzir e apropriar-se de um vasto campo de conhecimentos. Desta forma a educação apresenta papel imprescindível neste contexto.

A educação é, portanto, uma necessidade social humana. Nela, os conhecimentos são disponibilizados as novas gerações, fornecendo subsídios para a compreensão das determinações naturais e sociais. Com isso, o ser humano poderá assumir posturas e tomar atitudes frente aos novos ou imprevistos acontecimentos que sua vida o submete. Para que tenhamos uma educação com esta perspectiva, alguns requisitos mínimos devem ser cumpridos. Dentre eles, o de possibilitar o domínio do conjunto de conhecimentos desenvolvido pela humanidade, no nosso caso específico, os da Física.

O processo de apropriação do conhecimento pode ocorrer de maneira formal pela educação escolar que se desenvolve predominantemente nas instituições de ensino. Ou ainda, pelos processos formativos que ocorrem ao longo da experiência de vida, na convivência familiar, no relacionamento entre os seres humanos, no ambiente de trabalho, na organização dos movimentos sociais e manifestações culturais.

Nossa preocupação está centrada no processo formal de apropriação dos conhecimentos, ou seja, na educação escolar que, no caso brasileiro, possui suas orientações legais gerais preconizadas na LDBEN. Esta estabelece como finalidade da educação o desenvolvimento pleno do educando, com preparo para exercer sua cidadania e qualificação para o trabalho (apud BRASIL, 2008a). Entre os princípios norteadores da educação formal do país, de acordo com o Art. 3º da referida Lei, estão:

igualdade de aprender, ensinar, pesquisar e divulgar a cultura, o pensamento, a arte e o saber, (...) pluralismo de idéias e concepções pedagógicas, (...) respeito à liberdade e apreço à tolerância, (...) valorização da experiência extra-escolar, (...) vinculação entre a educação escolar, o trabalho e as práticas sociais (apud BRASIL, 2008a, p. 12).

Por estes princípios o PNLEM oferece aos professores liberdade de escolha dos livros didáticos.

Para atingir os objetivos apresentados anteriormente, para uma educação que vise ao aluno a apropriação do conhecimento, ou mesmo os objetivos presentes na LDBEN, a organização escolar se dá na forma de currículos que, em nível nacional, são orientados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's) (BRASIL, 2000). O currículo – pelas normativas do CNE – é estabelecido em componentes que devem dar conta dos conhecimentos das áreas científicas específicas. No cotidiano do Ensino Médio, são representados pelas disciplinas curriculares, por exemplo, Química, Física, Matemática etc.

Ao abordar a relação entre componente curricular (disciplina escolar) e o currículo, Wuo (2000, p. 29) destaca que

A disciplina escolar, entendida como classificação da matéria escolar, recebe ou está submetida às mesmas considerações e contingências presentes no processo de elaboração do currículo. Contudo, em suas particularidades, a disciplina (e o programa a ela associado) *traduz* a seleção dos elementos culturais que integrarão o saber escolar. Desse modo, liga-se ela à área do saber de referência, trabalhando a lógica dos conteúdos a serem ensinados, organizando-os e dimensionando-os conforme as prioridades gerais estabelecidas para o procedimento educativo. (grifo no original)

Um dos locais onde encontramos de forma estruturada esses conhecimentos que integram os conteúdos a serem ensinados em uma determinada disciplina curricular é o livro didático. O conhecimento presente no livro didático de Física produzidos nas décadas de 1980 e 1990 foi objeto de estudo de Wuo (1999) em seu trabalho de dissertação de mestrado em educação, intitulado *A Física e os Livros: uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados pelo Ensino Médio*<sup>13</sup>. A primeira vista pode parecer que estamos repetindo o estudo. Entretanto, gostaríamos de ressaltar que tomamos Wuo (1999) como referência uma vez que ele não analisou as obras propostas pelo PNLEM, elaboradas tendo em vista o preconizado pelos PCN's (BRASIL, 2000) e pelas Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2008b). Nossos questionamentos se voltam para a forma de disponibilização dos conhecimentos pelos livros didáticos:

---

<sup>13</sup> Essa dissertação foi publicada posteriormente, em forma de livro, pela Editora Educ, com apoio da FAPESP, no ano de 2000, com o mesmo título. Neste trabalho utilizaremos esta obra como referência.

- Com que intensidade o livro didático disponibiliza o conhecimento de Física Moderna aos alunos?
- O livro permite a apropriação do conhecimento produzido pela ciência Física, durante o processo de ensino-aprendizagem?
- Existe, nos livros didáticos, um núcleo comum de conteúdos da Física Moderna a serem ensinados?
- Os livros didáticos enviados pelo MEC são opções de escolha ou apenas impressões gráficas diferentes de uma mesma forma de abordagem do conhecimento em Física?

Como nosso trabalho provém de um questionamento oriundo do processo de escolha do livro didático, busca fazer análise destes livros e, ao mesmo tempo, um comparativo entre as obras a partir das categorias oriundas do seu próprio conteúdo.

## **1.4 Objetivos**

### *1.4.1 Objetivo Geral*

- Analisar o conteúdo de Física Moderna nos livros didáticos de Física do PNLEM.

### *1.4.2 Objetivos Específicos*

- Identificar, analiticamente, o aprofundamento dado pelo livro didático para o conhecimento de Física Moderna e a possibilidade de apropriação por parte dos estudantes.
- Explicitar a forma de apresentação pelos livros didáticos dos aspectos teóricos, didático-metodológicos e históricos do conhecimento da Física Moderna.

## **1.5 Metodologia e Caracterização da Pesquisa**

Nosso trabalho visa gerar conhecimentos capazes de responder a questionamentos específicos da nossa problemática. Como indica a epígrafe desse

capítulo, não desejamos aqui reproduzir tão somente os trabalhos e as pesquisas realizados. Queremos alcançar nossos próprios resultados e, para tal, seguiremos os procedimentos metodológicos científicos de pesquisa conforme segue. Inicialmente caracterizaremos o universo da pesquisa, ou seja, qual o campo de abrangência de nossas análises. Em seguida, apresentamos a classificação da pesquisa e os procedimentos de análises.

### *1.5.1 O Universo da Pesquisa*

Na presente pesquisa realizamos uma análise dos conteúdos abordados nos livros didáticos de Física oferecidos às escolas públicas de Ensino Médio pelo MEC, pelo PNLEM, em 2008. As obras são:

- LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física**. 1. ed. vol. 01, 02 e 03. São Paulo: Editora Scipine, 2005.
- GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **Física**. 1. ed. vol. único. São Paulo: Editora Scipione, 2007.
- GASPARI, Alberto. **Física**. 1. ed. vol. único. São Paulo: Editora Ática, 2005.
- PENTEADO, Paulo Cesar; TORRES, Carlos Magno. **Física – ciência e tecnologia**. 1. ed. vol. 01, 02 e 03. São Paulo: Moderna, 2005.
- SAMPAIO, José Luiz Pereira; CALÇADA, Sérgio Vasques. **Universo da física**. 2. ed. vol. 01, 02 e 03. São Paulo: Saraiva, 2005.
- SAMPAIO, José Luiz Pereira; CALÇADA, Sérgio Vasques. **Física**. 2. ed. vol. único. São Paulo: Editora Saraiva, 2005.

Os autores Sampaio e Calçada (2005a, 2005b, 2005c, 2005d) apresentam dois livros: um deles em volume único e outro distribuído em três volumes destinados um para cada ano do Ensino Médio. Em uma pré-análise identificamos que se trata da mesma obra, com a mesma forma de abordagem do conhecimento e mesmo enfoque pedagógico, mesmos exemplos e contextualizações. Não há necessidade de se fazer os estudos em ambos os livros, pois os resultados seriam os mesmos. Assim, optamos por descartar o livro em três volumes (SAMPAIO; CALÇADA, 2005b, 2005c, 2005d). A opção pelo volume único foi realizada tendo em vista que os professores, geralmente, optam por obras em

volume único, com a justificativa de que: facilita a continuidade do conteúdo, principalmente da passagem de um ano para o outro e a facilidade de redistribuir os livros, independente do número de alunos por turma<sup>14</sup>, facilidades de manuseio, entre outras.

Dadas as condições do desenvolvimento dessa pesquisa, principalmente no que se refere à restrição de tempo para conclusão, neste estudo nos deteremos a uma das áreas de conhecimento da Física. Dentre as seis grandes áreas em que historicamente se organiza os conhecimentos da Física – Mecânica, Termologia, Ondulatória, Óptica, Eletromagnetismo e Física Moderna – propomo-nos aqui estudar a organização dos conhecimentos nos livros didáticos no que se refere ao conteúdo de Física Moderna. Como apontado na justificativa, o mesmo comumente recebe pequena abordagem, aparecendo por último no livro didático de Física e, portanto, o professor o aborda se houver tempo. Entretanto, nosso pressuposto é de que na Física Moderna se encontram os mais elevados conhecimentos desenvolvidos por este campo das ciências naturais. Por isso, nosso objeto de estudo não poderia ser outro, a partir do momento que expressamos a necessidade de uma educação que transmita ao aluno o mais alto conhecimento desenvolvido pelo gênero humano.

Um exemplo da abrangência complexa dos conhecimentos advindos da Física Moderna, em contraponto com a Física Clássica, é a dualidade matéria-energia. Até o final do século XIX, quando predominava a Física Clássica, energia e matéria eram duas propriedades diferentes de um corpo sem conexão alguma. Somente com o advento da Física Moderna é que nos aproximamos da idéia central desse princípio acima citado, onde massa e energia passam a ser duas formas de manifestações da matéria<sup>15</sup>. Portanto, é na Física Moderna que encontramos a melhor expressão do que compreendemos como finalidade da ciência física: descrever de maneira mais sucinta a ordem da natureza, com teorias que comprovem a causa dos fatos observados. Com isso, reforçamos nossa escolha pela análise de conteúdo da referida temática.

---

<sup>14</sup> As quantidades de livros que são disponibilizadas para escola seguem o senso escolar do ano na qual é efetuada a escolha do livro didático. Caso for escolhido um volume para cada ano do Ensino Médio, não haveria como realocar um livro do segundo ano, por exemplo, para o primeiro ano, quando há mudanças no número de alunos por série. Com a opção pelo volume único, os livros podem ser livremente distribuídos por todas as turmas.

<sup>15</sup> A equivalência massa-energia foi expressa matematicamente, pela primeira vez, em 1905, por Albert Einstein, na célebre equação  $E=mc^2$  (A energia de repouso de um corpo é igual ao produto da sua massa pelo quadrado da constante da velocidade da luz, no vácuo) (TIPLER, 2000).

### 1.5.2 Classificação da Pesquisa

O uso da metodologia científica em trabalhos acadêmicos visa orientar o pesquisador no desenvolvimento do seu trabalho por meio de procedimentos metodológicos. Estes têm por base ajudar o pesquisador a realizar as tarefas concernentes à pesquisa, entre elas: formular questões ou propor problemas, efetuar as observações, levantar os dados, elaborar explicações com base nos dados levantados, generalizar quando possível para outros problemas similares.

O presente trabalho é uma pesquisa bibliográfica que busca verificar a intensidade com que o conteúdo de Física Moderna é abordado no livro didático de Física do PNLEM. Para tal, utilizaremos o procedimento metodológico de *Análise de Conteúdo*, proposto por Bardin (1995, p. 31). Trata-se um “conjunto de técnicas de análise das comunicações” (grifo no original). Tem por objetivo a descrição dos conteúdos presentes em mensagens através de procedimentos sistemáticos. Ela pode fornecer indicadores que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção e recepção dessas mensagens. “A análise de conteúdo visa o conhecimento de variáveis de ordem psicológica, sociológica, histórica etc., por meio de um mecanismo de dedução com base em indicadores reconstruídos a partir de uma amostra de mensagens particulares” (BARDIN, 1995, p. 44).

A análise de conteúdo trabalha as diversas formas de comunicação entre os homens, para encontrar as mensagens subjacentes a um texto. Seu uso é indicado para materiais impressos, pois podem ser feitas quantas vezes forem necessárias. Trata-se da “manipulação de mensagens (conteúdo e expressão desse conteúdo), para evidenciar os indicadores que permitam inferir sobre outra realidade que não a da mensagem” (BARDIN, 1995, p. 46).

Triviños (1987) destaca um conceito importante dentro da análise de conteúdo: a inferência. Trata-se da dedução de conhecimentos a partir de premissas levantadas a partir das mensagens. O investigador, segundo Franco (2005, p. 21) pode produzir inferências sobre “as características do texto; as causas e/ou antecedentes das mensagens; e os efeitos da comunicação”.

Nosso foco de análise serão os livros didáticos do professor que contém, além do conteúdo do livro didático do aluno, as orientações de organização de atividades, as respostas dos exercícios, entre outras orientações para os

professores que nos auxiliarão a compreender a proposição teórico-metodológica do livro. A escolha do livro do professor está baseada no pensamento de Mori (2003), na qual o livro texto do professor representa um manual elaborado com vistas a obter-se o máximo de rendimento dos alunos dentro do método proposto pelo autor. Além do livro do professor, será analisado as informações contidas no *Catálogo* do PNLEM. No desenvolvimento do trabalho, seguiremos as etapas da análise de conteúdo propostas por Bardin (1995).

### 1.5.3 As etapas de Análise de Conteúdo

As etapas de uma análise de conteúdo são: a *pré-análise*, etapa pela qual o pesquisador enumera as características do texto; a *inferência*, etapa de dedução lógica onde buscamos destacar as causas e as conseqüências relativas às primeiras descrições das mensagens feitas; e a *interpretação*, ou seja, o verdadeiro significados das mensagens descritas.

A *pré-análise* é a fase de organização, na qual se busca escolher os textos, formular as hipóteses e os objetivos e elaborar os indicadores ou categorias para a interpretação final. Trata-se de atividades não estruturadas que não seguem ordem cronológica. Nesta primeira etapa, Bardin (1995) sugere uma leitura “flutuante” que visa um primeiro contato com o texto, na qual se retiram as primeiras impressões e orientações.

Em nossa pesquisa, a pré-análise se constitui na busca pelos livros didáticos de Física oferecidos pelo PNLEM, obtidos junto às editoras. As solicitações foram realizadas via e-mail ou contato telefônico nas quais nos apresentamos como professor de Física da Rede Estadual de Ensino de Santa Catarina, sendo que justificávamos a necessidade de termos os exemplares para podermos efetuar sua escolha. Em seguida, tomamos a decisão de realizar somente o estudo na área de Física Moderna, devido à crescente discussão a respeito da inserção desse tópico ainda no Ensino Médio. Como próxima etapa, realizamos a localização dos conteúdos de Física Moderna. Verificamos que a sua localização, na maioria das obras, situa-se como última unidade e, em outras, encontra-se diluída ao longo do livro.

Ainda como parte da pré-análise, a autora indica o *processo de categorização*. Trata-se de fazer os recortes de unidades representativas, enumerá-

las e classificá-las em categorias. Para Bardin (1995, p. 117), “*categorização* é uma operação de classificação dos elementos constitutivos de um conjunto, por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogias), com os critérios previamente definidos”.

Neste trabalho, a categorização consiste na descrição das informações contidas nos livros didáticos, nos apêndices fornecidos pelos autores como suplemento orientador da atividade docente e no *Catálogo* do PNLEM. Quatro temas são analisados: o posicionamento dos autores perante a temática Física Moderna no Ensino Médio, a forma de abordagem da história e da historicidade da ciência, os conhecimentos presentes na obra e o formato de apresentação didático-metodológica do conteúdo. Nessa etapa da análise do conteúdo, citamos as opiniões dos autores e o que os mesmos trazem nos livros didáticos.

A segunda etapa da análise de conteúdo é a *inferência*. “Se a *descrição* é a primeira etapa necessária e se a *interpretação* é a última fase, a *inferência* é o processo intermediário, que vem permitir a passagem, explícita e controlada, de uma à outra” (BARDIN, 1995, p. 39). Na inferência, busca-se fazer uma análise das categorias pré-estabelecidas na primeira fase da pesquisa visando encontrar, por lógica ou dedução fatores de agrupamento, comparação ou até mesmo diferenciação entre os conteúdos apresentados nos textos. Neste ponto da pesquisa, comparamos as opiniões dos autores, em quadros de análise, com base nas informações localizadas nos documentos analisados. Os quadros de análise contêm nossas interpretações sobre o tratamento dado pelos autores ao conteúdo de Física Moderna nos livros didáticos, a forma de apresentação da história e da historicidade da ciência, os conteúdos e conhecimentos apresentados pelos autores e os métodos didático-pedagógicos utilizados para transmissão desse conhecimento.

A última etapa da análise de conteúdo é a *interpretação*, em que se busca analisar as categorias surgidas no processo da inferência, com a finalidade de encontrar informações que nos ajudem a responder nossos questionamentos iniciais. Para tal, Ferreira (2000, p. 18) alerta para a relação entre a pesquisa e a teoria durante toda etapa de interpretação. Por isso, “é preciso voltar atentamente aos marcos teóricos, pertinentes à investigação, pois eles dão o embasamento e as perspectivas significativas para o estudo. A relação entre os dados obtidos e a fundamentação teórica, é que dará sentido à interpretação.”

Essa etapa é caracterizada em nosso trabalho pelas análises das categorias resultantes da inferência. Com a interpretação dos dados encontramos os subsídios para responder as perguntas iniciais e concluir a pesquisa. Ao final, amarramos os dados obtidos e relacionamos com a temática principal para responder a pergunta foco: com que intensidade os livros didáticos de Física do PNLEM 2009 apresentam o conteúdo de Física Moderna? Essas informações são apresentadas nas considerações finais dessa pesquisa, concluindo dessa forma a análise do conteúdo de Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM.

## 2 POSSIBILIDADE DE UMA ATIVIDADE EDUCATIVA EMANCIPADORA

*A mente que se abre a uma nova idéia  
jamais volta ao seu estado de origem.*

Albert Einstein  
(1879 – 1955)

Neste capítulo, destacamos a possibilidade de uma atividade educativa que contribua para a superação da alienação gerada pela atual sociabilidade. Para tal, necessitamos compreender a educação no aspecto constitutivo no plano filosófico-ontológico. Apresentaremos a compreensão de formação humana e educação para, em seguida, indicarmos como a educação, no processo histórico concreto, pode contribuir para a construção do seu processo de emancipação.

O ser humano é um ser social e tem sua vida condicionada pela forma de organização do modo de produção que garante sua reprodução. Esta, por sua vez, é preponderantemente dependente da relação social estabelecida com os meios de produção, isto é, pelos modos de propriedade. A organização social se desenvolve em um processo dinâmico e desigual, como produto das ações humanas. Bhaskar (1979, p. 46), ao analisar a condição da existência da sociedade, afirma que a “sociedade é tanto a *condição* (causa material) sempre presente como o *resultado* continuamente reproduzido da ação humana” (grifo no original).

A gênese desse processo encontra-se no ato de transformar a natureza para adequá-la às necessidades de sobrevivência – portanto, da própria existência do ser humano –, ou seja, o ato do trabalho. É pelo trabalho e no trabalho que o ser humano transforma a natureza e a si mesmo. Nesse processo também se encontra a gênese das atividades humanas que, para sua execução, é necessário a apropriação das determinações reais concretas presentes em determinado momento histórico, bem como do conhecimento historicamente desenvolvido pelas gerações anteriores (LUKÁCS, 1981). Nisso está imbricado o processo de educação.

A educação, engendrada nessa totalidade, é sempre realizada em um contexto histórico concreto. Duarte (1993, p. 13) destaca que a “ação educativa se dirige sempre a um ser humano singular (o educando), é dirigida por outro ser humano singular (o educador) e se realiza sempre em condições (materiais e não-materiais) singulares”. Porém, essa singularidade nunca se dá fora de um contexto

histórico-social, produzido pela própria atividade humana. A autoconstrução do indivíduo, desta forma, estará sempre condicionada por essa totalidade. Como destaca Tonet (2005, p. 215),

O processo de autoconstrução do indivíduo como indivíduo humano, bem como as suas reações diante de novos problemas e acontecimentos, novas e imprevisíveis situações, não terá como pólo norteador o próprio indivíduo nem aqueles que atuam diretamente na dimensão educativa, mas a concreta totalidade social, cuja matriz é a economia.

Vivemos em uma sociedade capitalista, ou seja, em um momento histórico-concreto, dividida essencialmente em duas classes: a classe burguesa e a classe trabalhadora. Conforme Tonet (2005b), a classe burguesa tem sua origem e reprodução na propriedade privada dos meios de produção que lhe permite a exploração da força de trabalho da classe trabalhadora na busca de produzir o máximo possível de mercadorias com um único intuito, o aumento de seu capital, ou seja, o seu enriquecimento. Essa classe apresenta interesse comum, explorar a força de trabalho a todo custo e reproduzir a forma de sociabilidade vigente: o capitalismo. À classe operária, não possuidora dos meios de produção, resta apenas a comercialização de sua mão-de-obra, sua força de trabalho aos capitalistas.

Disso decorrem implicações no processo de apropriação de conhecimentos, ou seja, na educação. Neste mesmo aspecto, a educação é utilizada pela classe dominante como uma ferramenta de controle sobre as massas, ao destinar de maneira diferenciada os conhecimentos da ciência de acordo com seus interesses em desfavor da classe dominada. Conforme explicita Tonet (2005, p. 220-221),

A crescente complexificação do ser social e a divisão da sociedade em classes deram origem à necessidade de um setor separado do conjunto da sociedade. Este se ocuparia da organização e da direção desse processo de apropriação do patrimônio comum por parte dos indivíduos de modo a não permitir que o controle escapasse das mãos das classes dominantes. Isso implica na realização de uma triagem, que já tem suas bases na organização da produção. É esta organização da produção – de formas diferentes em modos de produção diferentes – que determina quem tem acesso à educação, em que condições (materiais e espirituais), quais os conteúdos, métodos, etc. Assim foi constituindo o campo particular da educação.

Porém, a educação não está obrigada a submissão desses ditames. Pelo contrário, ela pode sim ser uma ferramenta de luta contra a sociedade de classes a partir do momento que evidencia essa condição e apresenta subsídios que possam ajudar na superação dessa forma de sociabilidade, pois como mencionamos, ela é produto das ações humanas (DUARTE, 1993; ROSSLER, 2004).

Dentro do atual modelo de sociabilidade, a capitalista, é impossível a educação produzir emancipação humana. Ela depende da superação do modelo posto. Dessa forma, podemos apenas pensar em uma educação que contribua para o estabelecimento das possibilidades desta superação. Para tanto, Tonet (2005) indica cinco requisitos, entre eles, o de permitir aos seus alunos a apropriação do mais avançado conhecimento desenvolvido por cada área, no nosso caso, os da Física. O que faremos aqui é a apresentação de cada um dos requisitos e as inter-relações envolvidas em cada um deles com a formação humana, utilizando de outros autores que realizam essa discussão na mesma perspectiva.

## **2.1 Educação e Formação Humana**

Partimos do pressuposto que o ser humano se distingue dos demais seres pela existência social, que tem no trabalho o médium de sua gênese no processo de superação de suas determinações meramente biológicas. Vygotsky<sup>16</sup> e Luria (1996) destacam que o desenvolvimento do comportamento humano é primordialmente regido pelas leis do desenvolvimento histórico da sociedade e não pelas leis da evolução biológica, como ocorre nos animais. Para Engels (1979), enquanto o animal utiliza a Natureza e produz modificações por sua simples presença, o ser humano a coloca a seu serviço, modificando-a, sendo no trabalho o momento determinante dessa diferença. Portanto, ontologicamente, a gênese do ser humano está no trabalho, ato de transformar o mundo para assegurar a produção e a reprodução da sua vida (LUKÁCS, 2004). Neste processo, o ser humano necessita não só se apropriar do que já foi produzido socialmente, bem como reproduzi-lo. Segundo Marx e Engels (2007a, p. 87),

---

<sup>16</sup> Devido as diferentes grafias atualmente utilizadas para o nome do psicólogo russo Liev Seminióvitch Vigotsky, torna-se impossível uma padronização no texto. Portanto, preservaremos as grafias conforme as referências bibliográficas.

Esse modo de produção não deve ser considerado meramente sob o aspecto de ser a reprodução da existência física dos indivíduos. Ele é, muito mais, uma forma determinada de sua atividade, uma forma determinada de exteriorizar sua vida, um determinado *modo de vida* desses indivíduos. (grifo no original).

É no trabalho que o ser humano' se cria a si mesmo.

Lessa (2002), ao interpretar os textos do teórico húngaro Lukács, descreve que os seres humanos, ao se relacionarem com a natureza, acabam sendo obrigados a se relacionar com os próprios homens. Desta forma, o trabalho é, na verdade, uma autocriação do ser, elevando-o a um maior nível de sociabilidade.

O sujeito tem a capacidade de analisar o objeto, suas propriedades, produzir no seu pensamento as suas ações, isto é, suas finalidades, antes de concretizar no objeto. Dessa maneira, o ser humano consegue dominar a natureza colando-a a sua disposição para garantir sua existência social (KONDER, 1998).

Lukács (2004, p. 62) compreende o trabalho como forma originária fundamental de todas as práticas sociais, atribui a ele um lugar de destaque no salto que originou o ser social. Essa conclusão é obtida ao fazer a análise do processo de inter-relação do ser humano com a natureza. Ele assim explicita a esse processo:

A través del trabajo, se realiza una posición teleológica dentro del ser material en cuanto surgimiento de una nueva objetividad. Así es que el trabajo se convierte, por un lado, en modelo de toda praxis social en la medida en que en esta – aun cuando a través de mediaciones muy diversificadas – se realizan siempre posiciones teleológicas, en última instancia, de orden material.

O ser social não se resume a trabalho. Ele é também sociabilidade, linguagem, consciência, educação, etc., mas no trabalho estão presentes as determinações que geram tudo o que é novo, característica fundante do ser social. Entende-se aqui como sendo o novo, todo e qualquer produto idealizado e criado para suprir uma necessidade – “do estômago ao espírito” – oriunda das atividades e relacionamentos entre os homens garantindo assim sua existência, uma vez que os meios para tal não estão prontos e dispostos na natureza para tal finalidade. Desta forma, “o trabalho é protoforma (a forma originária, primária) do agir humano” (LESSA, 2007, p. 36).

No processo do trabalho, onde o ser humano transforma a natureza ao mesmo tempo em que se transforma para garantir a produção e reprodução da vida,

Marx (1996, p. 202) aponta como fator decisivo o caráter consciente e objetivo dessa atividade. O autor afirma que

o trabalho é um processo de que participam o homem e a natureza, processo em que o ser humano com sua própria ação, impulsiona, regula e controla seu intercâmbio material com a natureza. Defronta-se com a natureza como uma de suas forças. Põe em movimento as forças naturais de seu corpo, braços e pernas, cabeças e mãos, a fim de apropriar-se dos recursos da natureza, imprimindo-lhes forma útil à vida humana. Atuando assim sobre a natureza externa e modificando-a, ao mesmo tempo modifica sua própria natureza. Desenvolve potencialidades nela adormecidas e submete ao seu domínio o jogo das forças naturais.

O ser humano se constitui como tal pelo processo de domínio sobre as propriedades da natureza, fator que o leva a intervir sobre o processo natural para saciar suas necessidades provindas das relações sociais e garantir assim a sua sobrevivência.

A essência do trabalho consiste em criar na mente um projeto – a prévia-ideação – que se realize materialmente, que seja novo a ponto de que, na natureza, não se apresente nada pronto e dado para a finalidade pré-estabelecida, que transforme uma realidade material existente e coloque algo essencial e radicalmente novo no sentido de apresentar características e qualidades até antes não presentes na natureza (LUKÁCS, 2004). Em consonância, Saviani (1983, p. 82) destaca que “esta capacidade de antecipar mentalmente os resultados da ação é a nota distintiva da atividade especificamente humana. Não sendo preenchida essa exigência cai-se no espontaneísmo. E a especificidade da ação educativa se esboroa”.

Dessa forma, o trabalho torna-se ontologicamente fundante do ser social. Ainda sobre essa concepção de ser, reconhecemos que se trata de um ser histórico e dinâmico, que ao longo dos tempos foi constituindo-se como tal, pela superação dos problemas de cada época – pelo trabalho – constituindo-se assim como um ser que faz a sua própria história.

Dentro deste contexto de transformação da natureza, se faz necessário a busca dos meios para determinados fins e só os corretos meios podem garantir que a prévia-ideação seja realmente objetivada. Desta forma,

La investigación de los medios para la realización del fin puesto debe contener un conocimiento objetivo acerca de la creación de aquellas objetividades y procesos cuya puesta en marcha está en condiciones de

realizar el fin puesto. Posición del fin e investigación de los medios no pueden producir nada nuevo en la medida en que la realidad natural, en cuanto tal, debe seguir siendo aquello que es en sí, un sistema de complejos cuya legalidad se perpetúa en plena indiferencia hacia todos los esfuerzos y pensamientos humanos (LUKACS, 2004, p. 70).

Essa citação nos demonstra que de nada adianta termos uma prévia-ideação se ela não for materializada. A prévia-ideação só se afirma como tal mediante a ideação objetivada. Sem uma prévia-ideação não ocorre a objetivação, ou seja, o produto final é a ideação objetivada. Para tal, é preciso encontrar os meios para se atingir tal finalidade e implica em conhecer minimamente as causalidades que estão posta no real, ou seja, compreender o sistema de complexos que operam no real. Mas onde buscar esses conhecimentos? Teremos nós que desenvolver individualmente tais habilidades? Para isso, não se faz necessário desenvolver um conjunto de conhecimentos, comportamentos e habilidades que foram produzidas no processo histórico da humanidade, mas sim se apropriar deles na atividade humana que chamamos de *educação*.

Partindo do pressuposto que o ser humano se funda no trabalho e que, para tal, é necessário ter conhecimento a respeito das múltiplas determinações que regem tanto o ser natural como o ser social. Buscamos agora explicitar o que é o educar-se no processo de formação humana.

O ser humano faz suas opções entre as alternativas possíveis postas pelo real, mediadas pela consciência. Essa escolha deve ser feita de maneira que garanta a objetivação do resultado final. Nesta objetivação se dá a produção do próprio indivíduo. Por mais que efeitos transformadores do ser humano sobre a natureza tenham evoluído nos últimos séculos, isso se dá de maneira indissociável com as causalidades do real, naturais ou sociais. A busca dos meios corretos para determinada finalidade exige o conhecimento destas causalidades. Tonet (1998, p. 7), com base na discussão da compreensão marxista de tornar-se homem do homem, tendo o trabalho como matriz explícita que

o homem não satisfaz as suas necessidades de maneira direta e imediata, regida por leis genéticas, mas pela mediação de *uma atividade que conhece e escolhe os materiais adequados*, configura previamente um objetivo e transforma intencionalmente a natureza. (grifo nosso)

Só é possível fazer escolhas do que se conhece e, principalmente, só se pode escolher aquilo que é possível de ser realizado, dentro das condições materiais, se possuímos conhecimento sobre tal. Só se pode pensar na construção de uma autonomia humana perante uma apropriação do conjunto de conhecimentos desenvolvidos pelo ser humano ao longo de sua história. A partir desse pensamento, Tonet (2005, p. 212-213) nos apresenta a decorrência para a educação:

Sendo o trabalho, por sua própria natureza, uma atividade social, ainda que em determinados momentos possa ser realizado isoladamente, sua efetivação implica, por parte do indivíduo, na *apropriação de conhecimentos, habilidades, valores, comportamentos, objetivos, etc.*, comuns ao grupo. Somente assim o ato do trabalho poderá se realizar. (grifo nosso)

Desta forma, torna-se imprescindível ao ser social apropriar-se do mais vasto campo de conhecimento, valores, hábitos, comportamentos e instrumentos desenvolvido pela humanidade. Ao contrário dos animais, em que a gama de hábitos e habilidades lhes é dada por herança genética, o ser humano necessita incorporar essas objetivações por um processo histórico-social. Para Vygotsky (1994, p. 115), *“o aprendizado humano pressupõe uma natureza social específica e um processo através do qual as crianças penetram na vida intelectual daqueles que o cercam”* (grifo no original).

Nessa mesma linha de pensamento, Lukács (1981, p. 152) ressalta que na educação dos homens “o essencial consiste em torná-los aptos a reagir adequadamente aos acontecimentos e situações imprevisíveis, novos, que aparecerão mais tarde em sua vida”. Pelas afirmações do autor podemos verificar que o ato de educação tem um objetivo: tornar o ser humano capaz de agir sobre a realidade, adequando às situações que possa vir a encontrar em sua vida, garantindo assim sua reprodução e, ao mesmo tempo, tornar-se um membro do gênero humano.

Neste mesmo aspecto, Saviani (2008) compreende que a educação é um fenômeno próprio do ser humano, processo pelo qual o ser humano busca compreender os fenômenos naturais para poder agir sobre a natureza de maneira intencional. Enquanto os animais irracionais se adaptam às condições naturais, o ser humano adapta a natureza as suas necessidades. Neste processo de transformação

o ser humano busca extrair os meios para sua sobrevivência. Sendo assim, a educação é uma exigência do próprio ato do trabalho.

Libâneo (1990, p. 426), por sua vez, destaca que

O caráter essencial do ensino é a transmissão e assimilação ativa de conhecimentos e modos de atividades acumulados pela humanidade como produtos, isto é, como resultado do saber sistematizado no processo de conhecimento do mundo objetivo. Como tal, é um processo que se manifesta no movimento da atividade cognoscitiva dos alunos para o domínio de conhecimentos, habilidades e hábitos, no decurso do qual se desenvolvem as capacidades mentais e práticas, pela mediação do professor.

A educação é uma exigência fundamental para que o ser humano possa realizar o trabalho e garantir sua sobrevivência. Saviani (2008, p.13) define a atividade educativa como “o ato de produzir, direta e intencionalmente, em cada indivíduo singular, a humanidade que é produzida histórica e coletivamente pelo conjunto dos homens”.

Ainda sobre a atividade educativa, Tonet (2005, p.222) afirma que esta possui como finalidade

Proporcionar ao indivíduo a apropriação de conhecimentos, habilidades, valores, comportamentos, etc., que se constituem em patrimônio acumulado e decantado ao longo da História da humanidade. Neste sentido, contribui para que o indivíduo se construa como membro do gênero humano e se torne apto a reagir diante do novo de um modo que seja favorável à reprodução do ser social na forma em que ele se apresenta num determinado momento histórico.

A cada momento os indivíduos ou a sociedade se deparam perante um novo acontecimento, talvez impossível em situações anteriores ou até mesmo irrelevantes. Cabe ao ser social em cada momento histórico superar essas “barreiras” a fim de chegar ao mais elevado nível de desenvolvimento social.

Tonet (2005) ressalta que as categorias trabalho e educação não se confundem, visto que o trabalho é sempre uma mediação entre ser humano e a natureza, com finalidade de transformá-la para satisfação de necessidades sociais; enquanto a educação é sempre uma mediação entre o indivíduo e a sociedade, ou seja, é apropriação do conteúdo desenvolvido pela atividade do trabalho.

Pelas leituras acima, podemos extrair a natureza essencial da atividade educativa: produzir de maneira direta e de forma intencional, a apropriação do conhecimento desenvolvido historicamente pelo ser humano, em cada indivíduo, com a finalidade de torná-lo apto a reagir perante a natureza para adequá-la as suas necessidades.

Agora, procuraremos evidenciar como se manifesta esse processo de apropriação do conhecimento pelo indivíduo, ou seja: quais os motivos que levam a isso, qual o motor desse processo. Segundo Leontiev (2004, p. 275),

O processo de apropriação efetua-se no decurso do desenvolvimento de relações reais do *sujeito* com o mundo. Relações que não dependem nem do sujeito nem da sua consciência, mas são determinadas pelas condições históricas concretas, sociais, nas quais ele vive, e pela maneira como a sua vida se forma nessas condições (grifo no original).

O autor mostra que o processo educativo apresenta condições históricas e sociais como norteadoras do processo de ensino-aprendizagem. Em qualquer sociedade, na história da humanidade, as questões de luta de classe sempre estiveram presentes e tanto direcionam como condicionam esse processo.

Segundo Duarte (1993, p. 16-17), vivemos em um momento em que ocorre a produção de objetivações que possibilitam uma existência humana cada vez mais livre e universal, mas num contexto contraditório, pois essa produção tem se dado as custas da miséria, da fome, da ignorância, da dominação da grande maioria dos seres humanos.

O caráter contraditoriamente humanizador e alienador com que a objetivação do ser do homem se realiza no interior das relações sociais de dominação, tem implicações importantes no que diz respeito à formação da individualidade. Por um lado, a formação do indivíduo enquanto um ser humano não pode se realizar sem a apropriação das objetivações produzidas ao longo da história social mas, por outro lado, essa apropriação também é a forma pela qual se reproduz a alienação decorrentes das relações sociais de dominação.

Nesse aspecto, uma educação no sentido da formação plena do ser humano, ou seja, de emancipação humana, só é possível com a superação do atual modelo de sociabilidade. Nesse aspecto é que Tonet (2005) nos aponta os requisitos para uma atividade educativa que contribua para a possibilidade dessa superação.

O primeiro requisito anunciado por Tonet (2005, p. 226) trata-se do próprio fim maior da atividade educativa que, segundo o autor, “é o conhecimento, o mais profundo e sólido possível da natureza do fim que se pretende atingir, no caso, a emancipação humana”. Para o autor, só podemos optar por caminhos quando sabemos onde queremos chegar. Trata-se de conhecer a realidade social, de compreendê-la para que se possa agir e transformar para uma forma de sociabilidade para além do capital, pois é impossível “contribuir para a formação de indivíduos efetivamente livres e sujeitos da história se temos idéias errôneas, confusas ou inconsistentes sobre o que é liberdade ou se não podemos demonstrar que os homens são, de fato, sujeitos da história” (TONET, 2005, p. 227).

O professor só terá condições de estruturar seus programas, seus conteúdos e métodos de ensino se conhecer o objetivo final a ser alcançado. O educador pode enriquecer sua atividade pedagógica com considerações a respeito do conhecimento da realidade concreta e ordenar suas atividades para o objetivo final, a emancipação humana<sup>17</sup>.

A importância da discussão do aspecto filosófico-ontológico da formação humana realizada neste tópico serve para compreendermos como a educação, no contexto histórico-concreto, pode contribuir efetivamente nessa formação. Desta foram, o segundo requisito ressalta o domínio do processo histórico-real, o que passamos a discutir a seguir.

## **2.2 Educação e Sociedade**

O desenvolvimento do pensamento filosófico com a defesa de teses como a da incapacidade do sujeito de compreender e transformar a realidade da sociedade no seu aspecto de totalidade dificulta ou torna árdua opção pela educação na perspectiva da emancipação humana. Evidenciamos a partir desse momento que a sociedade é produto da atividade humana e, por isso, é passível de modificações e transformações radicais. Isso pode ser observado no próprio desenvolvimento histórico da atual forma de sociabilidade.

---

<sup>17</sup> O conceito de emancipação humana explicitado por Tonet (2005) trata-se de algo total e radicalmente diferente do conceito de emancipação utilizado em nosso cotidiano. Não se trata de liberdade, autonomia e outros conceitos de cidadania. Ela insere-se na realidade social e contém uma oposição radical à atual ordem social.

A educação ocorre no campo da sociedade, portanto precisamos compreender como se dá as mútuas determinações desta para então nos centrarmos no fim maior, a emancipação humana. Por isso, Tonet (2005, p. 232) ressalta que o segundo requisito para uma atividade educativa na perspectiva da emancipação humana “é a apropriação do conhecimento a respeito do processo histórico real, em suas dimensões universais e particulares, uma vez que o mundo se desenvolve historicamente determinado e em situações concretas”.

O modo de produção de uma determinada forma de organização social é dado pelas forças produtivas e pelas relações de produção existentes. São os modos de produção que diferenciam os vários tipos de sociedade que tivemos. A produção é a junção dos meios de produção (equipamentos, técnicas, matéria-prima) com a força de trabalho, condições mínimas necessárias para que se realize qualquer atividade produtiva. O ser humano vive em sociedade e organiza sua atividade de forma que possa garantir a produção dos materiais necessários a sua reprodução. As relações de produção são resultados das interações sociais dos homens (OLIVEIRA, 1999).

As diferentes formas de desenvolvimento da divisão social do trabalho e dos modos de produção podem ser observadas pelas diversas formas de propriedade onde “cada nova forma da divisão do trabalho determina igualmente as relações entre os indivíduos no que diz respeito ao material, ao instrumento e ao produto do trabalho” (MARX; ENGELS, 2007b, p. 46). Neste contexto, a produção constitui-se como “momento predominante”, sem o qual não poderíamos compreender a dinâmica da evolução social. Pois, como explicita Lukács (1981, p. 229), se o conjunto das ações humanas, mesmo que contraditórias, não estivessem numa relação em que, a cada momento, uma delas não assumisse a condição predominante, estabeleceria a inviabilidade de toda evolução, conduzindo a um equilíbrio dinâmico.

A simples interação conduz a um arranjo estacionário, definitivamente estático; se queremos dar expressão conceitual à dinâmica viva do ser, ao seu desenvolvimento, devemos elucidar qual seria, na interação da qual se trata, o momento predominante. É este, com efeito – não simplesmente a sua ação, mas também as resistências contra as quais se choca, por ele próprio desencadeadas, etc. – que dá uma direção, uma linha de desenvolvimento, à interação que seria, não obstante todo o seu movimento parcial, de outro modo estática. (grifo nosso)

Neste mesmo contexto, Marx e Engels (2007b, p. 55-56) manifestavam que “o conjunto das forças produtivas acessíveis aos homens condiciona o estado social e que, assim, a ‘história dos homens’ deve ser estudada e elaborada sempre em conexão com a história da indústria e do intercâmbio”. Ressaltamos que os autores ao mencionarem “história dos homens” incluem todas as ações humanas. Nas palavras de Lukács (1981), todos os complexos do ser social, entre eles a educação. Por isso, Tonet (2005, p. 232) afirma que

Uma ação educativa eficaz – em direção ao fim posto – tem que nutrir-se de um conhecimento efetivo do processo real. É necessária uma compreensão, o mais ampla e profunda possível, da situação do mundo atual; da lógica que preside fundamentalmente a sociabilidade regida pelo capital; das características da crise por que passa esta forma de sociabilidade; das conseqüências que daí advêm para o processo de autoconstrução humana; da maneira como esta crise se manifesta nos diversos campos da atividade humana: na economia, na política, na ideologia, na cultura, na educação; e também da forma como esta crise se apresenta na realidade nacional e local.

Compreender como o ser humano organiza sua vida em sociedade condicionada pela forma de organização social dos modos de produção – como “momento predominante” – nos auxilia a compreender os caminhos que a educação percorreu ao longo dos tempos e quais suas perspectivas no atual modelo social.

Assim como afirma Bhaskar (1979), a sociedade é causa e resultado da ação humana. Compreender o ser humano é compreender a sociedade a partir de uma base ontológica “regido pelo princípio da totalidade e inseparável da afirmação de que o processo de produção material é a matriz ontológica do ser social” (TONET, 2005, p. 233).

Ao longo da história da evolução da humanidade, percebemos que o ser humano organizou os meios de produção de maneiras diferentes. Podemos mencionar como exemplos o modo de produção comunista primitivo, escravista, feudalista, asiático e o atual modelo de sociabilidade regida pelo capital. Não nos cabe aqui descrever cada um dos modos de produção nem a evolução de um modo para outro. Mas, ao mencionarmos a sua existência, caracterizamos que a organização social é produto da atividade humana e, portanto, é passível de transformação.

Cabe-nos aqui tentar explicitar, em linhas gerais, como se constitui o atual modelo de sociabilidade, o capitalismo. Segundo Wood (2001, p. 77), somente uma

brusca transformação nas relações padrão de transformação da natureza pelo ser humano, no que diz respeito à produção dos elementos vitais aos seres humanos, pode explicar a origem do capitalismo. Desta forma, segundo a autora, o capitalismo não teria origem nas cidades recém formadas pelo simples aumento da troca de mercadorias, mas por uma mudança nos processos de produção destes materiais, ou seja, na agricultura. Para a autora, a grande diferença entre as sociedades pré-capitalistas e as capitalistas “não tem nada a ver com o fato de a produção ser urbana ou rural e tem tudo a ver com as relações particulares de propriedade entre produtores e apropriadores, seja na agricultura, seja na indústria”.

Podemos apresentar o capitalismo, segundo Wood (2001, p. 109), com base na maximização do valor de troca por meio da redução de custos e pelo aumento da produtividade, por meio da especialização, acumulação e inovação. Essas características se encontravam presentes na atividade agrícola inglesa, por isso, afirma as origens do capitalismo estão na agricultura.

Sem um setor agrícola produtivo, capaz de sustentar uma grande força de trabalho não-agrícola, seria improvável que o primeiro capitalismo industrial do mundo viesse a emergir. Sem o capitalismo agrário da Inglaterra, não haveria massas de despossuídos, obrigados a vender sua força de trabalho por um salário. Sem essa força de trabalho não-agrícola de despossuídos, não haveria um mercado de consumo de massa para os bens cotidianos baratos – como alimentos e produtos têxteis – que impulsionaram o processo de industrialização da Inglaterra.

Hobsbawn (1979, 2003) afirma que apenas uma crise geral poderia levar a uma mudança do sistema feudal para o capitalismo. Essa crise teria ocorrido durante o século XVII. A ascensão do capitalismo implica necessariamente uma mudança na estrutura agrária, base econômica da época. Desta forma, a mudança na divisão social do trabalho com a finalidade de aumento da produtividade deveria ocorrer, não somente na indústria nascente, mas também na agricultura, afirmando novamente o caráter originário do capitalismo neste ramo da economia.

No capitalismo, a sociedade constitui-se em duas classes: burgueses e trabalhadores. A classe burguesa tem sua origem e reprodução baseada na exploração da classe trabalhadora busca produzir o máximo possível de mercadorias e produtos com um único intuito: o aumento de seu capital, ou seja, o enriquecimento. Essa classe tem como interesse explorar a força de trabalho a todo custo e reproduzir a forma de sociabilidade vigente. À classe operária, não

possuidora dos meios de produção, resta apenas à comercialização de sua mão-de-obra, sua força de trabalho aos capitalistas (TONET, 2005b).

Ao trocar sua força de trabalho por um salário, o operário perde seu direito sobre a mercadoria antes mesmo de produzi-la, ou seja, estabelece-se uma cisão da relação produtor e produto. A consequência dessa perda é a fragmentação de sua consciência, que também deixa de lhe pertencer, passando a ser “comandada” de fora, a se sentir ameaçado por suas próprias criações em vez de realizar-se com elas. Esse estranhamento entre produtor e produto é o conceito de Marx (1975) para o processo de alienação, resultante dos fatores materiais dominantes da sociedade em que o trabalho do ser humano se processa de modo que produza coisas que imediatamente são separadas dos interesses e do alcance de quem as produziu, para se transformarem em mercadorias. Este fetichismo da mercadoria é que passa a dominar o ser humano. Assim, no capitalismo, ao contrário das demais formas de organização social, o ser humano não tem mais poder sobre o produto do seu trabalho. Trata-se, então, de um processo de opressão dos homens pelos homens, com um objetivo bem específico: o acúmulo de bens (capital) nas mãos dos proprietários dos meios de produção por meio da exploração da força de trabalho de uma massa de trabalhadores.

Apresentamos anteriormente, como a educação está condicionada pela totalidade social, no contexto “histórico-real”, regido pelo capital. Por isso Tonet (2005) indica que o conhecimento sobre essa ordem do sistema, como ela se efetiva em nossa realidade e como se atualiza perante os obstáculos é o segundo passo para podermos ter uma atividade educativa que vise auxiliar no processo de superação da sociedade de classes. Isto requer uma exigente atualização dos profissionais da educação, afinal a dinâmica social atual exige que busquemos conhecimento para termos condições de nos posicionarmos de forma crítica perante as diferentes concepções de formação humana e educação. Não podemos criticar nem ter um posicionamento positivo ou negativo perante algo que não conhecemos.

A educação engendrada na totalidade social possui um papel específico da mesma. Assim, Tonet (2005) ressalta que o terceiro requisito para uma atividade educativa que vise à emancipação humana é justamente conhecer esse papel singular da educação, seu campo de atuação e suas possibilidades. Sobre isso transcorreremos a partir desse momento.

### 2.3 Natureza da Educação

O conhecimento da natureza essencial do campo específico da educação é necessário para permitir o cumprimento da função característica da educação na construção desta nova forma de sociabilidade, não para garantir um pretensão território próprio dos educadores. A educação é apenas uma parte da totalidade e, como afirmamos aqui, não é ela a responsável por fazer a modificação social, mas pode e deve estar engajada nesta luta. Como tal não pode perder de vista seu objeto mais imediato: permitir as novas gerações, a apropriação dos conhecimentos historicamente produzidos. O conhecimento do campo específico da educação permite nos contrapor às concepções que possuem um posicionamento negativo sobre o ato de ensinar, decorrendo como única possibilidade a reprodução da atual forma de sociabilidade. Como acentua Tonet (2005, p. 233) “Esse conhecimento é necessário, também, para evitar que esta função seja desvirtuada ou diluída em outras atividades, ou que sejam submetidas ou superestimadas as possibilidades deste campo específico da atividade humana”.

Como destacamos anteriormente, na educação dos homens objetiva-se a transmissão dos conhecimentos, habilidades, valores produzidos pelos próprios homens (TONET, 2005; SAVIANI, 2008; LUKÁCS, 1981; LEONTIEV, 2004; LIBÂNEO, 1990) e se apresenta de forma estruturada no ensino formal, ou seja, na escola<sup>18</sup>. Libâneo (2001, p. 75) sustenta que “a escola é o lugar de ensino e difusão do conhecimento, é instrumento para o acesso das camadas populares ao saber elaborado; é, simultaneamente, meio educativo de socialização do aluno no mundo social adulto”, ou seja, é na escola que o conhecimento sistematizado é transmitido as novas gerações.

Essa sistematização é produto da necessidade de organização dos conhecimentos que, nos últimos séculos, devido ao avanço científico-tecnológico, sofreram evoluções e tornaram-se complexos demais para serem transmitidos apenas em ambientes informais, como exemplo em um sistema mestre-aprendiz, como na Idade Média. Essa seleção e organização dos conteúdos, adicionado as

---

<sup>18</sup> A palavra escola, aqui referida, nos remete a pensarmos a estrutura educacional como um todo, desde sua estrutura física, concepções educacionais, doutrinas e ideologias que fundamentam o processo de ensino-aprendizagem.

metodologias didáticas e as atividades de ensino-aprendizagem é que compõem a atividade educativa como um todo. Libâneo (2004, p. 30) ressalta que

*A educação é o conjunto das ações, processos, influências, estruturas, que intervêm no desenvolvimento humano de indivíduos e grupos na sua relação ativa com o meio natural e social, num determinado contexto de relações entre grupos e classes sociais. (grifo no original)*

Estando a escola imersa em uma sociedade caracterizada pela geração de capital pela exploração da mão-de-obra trabalhadora, sua contribuição será mais efetiva para a possibilidade da superação da sociedade de classes, em busca de uma emancipação humana, quanto mais ela souber cumprir o seu papel específico, a transmissão-assimilação do conhecimento elaborado. O autor ainda destaca que devemos

Conceber o processo didático como a ação recíproca dos seguintes elementos: conteúdos, ensino, estudo. Os conteúdos constituem os conhecimentos, habilidades, hábitos, atitudes, convicções, organizados “didaticamente” para que possam ser assimilados pelos alunos. O ensino compreende o trabalho do professor de organizar e expor a matéria, organizar as atividades dos alunos e comprovar e qualificar os conhecimentos assimilados. O estudo, que é a atividade do aluno de toda ordem que viabiliza as aprendizagens escolares. (LIBÂNEO, 1990, p. 416)

Desta forma, o processo educativo está condicionado a três elementos indissociáveis: professor, aluno e conteúdo. Buscar localizar outro elemento fora deste triângulo, como ensino-aprendizagem-conteúdo, o mantém com a mesma fundamentação. O modelo consolidado atualmente no processo de ensino-aprendizagem pode ser descrito como “o professor prepara e ordena logicamente a matéria para transmiti-la ao aluno a quem cabe ‘aprendê-la’” (LIBÂNEO, 1990, p. 416).

Ainda segundo o mesmo autor, dois outros elementos estão diretamente ligados as atividades didáticas: as condições e os objetivos. As condições são caracterizadas pela forma como o professor na sua singularidade e o conjunto de professores tomam posições perante elementos como o projeto político-pedagógico da escola, as condições sócio-culturais, o desenvolvimento da vontade de aprender nos alunos, entre outras. Os objetivos têm importância por direcionar a qualidade do processo. Rössler (2004, p. 78) destaca que “a educação é direcionada, ou melhor, toma rumos de acordo com a vontade dos homens”.

Ao encontro desse pensamento, Tonet (2005), ao mesmo tempo em que evidencia que a matriz determinante do capital é a economia, exalta que seu grau de determinação é relativo, o que permite possibilidades de escolha na forma de atuação. É neste grau de autonomia que deve se construir uma educação que vise à emancipação humana. Qualquer perspectiva educativa só pode trabalhar efetivamente para a transformação neste grau de liberdade. Todo o restante é mero idealismo. Libâneo (1990, p. 417) destaca que “as relações objetivo-conteúdo-método não atuam incondicionalmente, mas mediante um conjunto de condições que são dadas pelas formas de organização do ensino nas situações didáticas específicas”.

Para Rossler (2004, p. 81), uma educação que vise à emancipação humana deve pretender como finalidade a formação de uma consciência revolucionária nos seres humanos, de uma consciência ciente de sua capacidade de transformação, que leve em conta o conhecimento da real forma de organização social e que se apresente de forma crítica perante esta. Assim, para o autor,

Só é possível acreditar em uma educação que vise formar homens capazes de querer saber transformar a realidade social capitalista vigente, e de construir uma outra sociedade radicalmente oposta a esta em que vivemos, capaz de instituir relações sociais humanizadoras e de garantir aos homens a possibilidade de conduzirem a sua vida de forma livre e consciente, de acordo com o máximo de desenvolvimento alcançado pela humanidade até os dias de hoje.

Duarte (1998) mostra que o maior desafio de uma educação que queira ser crítica à atual forma de sociabilidade, é manter-se crítica, ao mesmo tempo em que busca demonstrar uma proposta afirmativa para a formação educacional humana.

Segundo Gadotti (2005, p. 93), em Adam Smith (1723-1790) a educação apresenta-se com o objetivo de fazer com que as camadas populares, não proprietária dos meios de produção, aceitassem sua condição de explorados: “à classe burguesa a instrução para governar e à classe trabalhadora a educação para o trabalho”. Para o autor, essa perspectiva acentua-se com a ascensão do pensamento positivista comtiano, por preconizar como válida unicamente a admissão de conhecimentos baseados em fatos e dados da experiência empírica. “...o pensamento positivista caminhou, na pedagogia, para o pragmatismo que só considerava válida a formação utilizada praticamente na vida presente, imediata”

(GADOTTI, 2005, p. 110). Assim, essa concepção pedagógica burguesa visa apenas à transmissão dos conhecimentos necessários para a realização das atividades imediatas e não para a intervenção e busca da superação do atual modelo de organização social.

A educação constituiu-se desde o princípio da sociedade capitalista como uma entidade que visa construir uma classe trabalhadora que contenha um mínimo de conhecimento para poder operar os meios de produção, mas que não transmita conhecimentos de forma aprofundada que permita enxergar sua condição de exploração e lutar por uma sociedade liberta das condições de dominação de classe. A sociedade burguesa tem plena consciência do poder que o conhecimento pode fornecer à classe trabalhadora.

Por isso, Tonet (2005b, p. 29) evidencia que o processo educativo da classe operária deve levar em conta sua condição de alienação ao trabalho e de sua possibilidade de superação. Assim, a classe operária “tem necessidades de um outro tipo de conhecimento, um conhecimento que vá até a raiz das desigualdades sociais, um conhecimento que permita intervir na realidade social de modo a alcançar aqueles objetivos universais”. Nesta mesma linha de pensamento, Mészáros (2007, p. 217) destaca que

O papel da educação é soberano, tanto para a elaboração de estratégias apropriadas e adequadas para mudar as condições objetivas de reprodução, como para a *automudança consciente* dos indivíduos chamados a concretizar a criação de uma ordem social metabólica radicalmente diferente. (grifo no original)

Isso faz com que a educação, desde o início, seja controlada pelo Estado com o objetivo de manter tal ordem social. Para Rossler (2004, p. 85), “o que de fato acontece é que a educação acaba reforçando e contribuindo para a manutenção da realidade social atual, em vez de contribuir para a sua negação e superação”. Concordamos com Mészáros (2007, p. 201) quando afirma a necessidade de uma *Educação para Além do Capital*, em que devemos “perseguir de modo planejado e consistente uma estratégia de rompimento do controle exercido do capital, com todos os meios possíveis, [incluindo a educação,] bem como todos os meios ainda a ser inventados e que tenham o mesmo espírito”.

Como educadores, devemos demonstrar para os alunos a capacidade emancipatória do conhecimento científico quando é abordado de forma histórico-crítica. Para chegarmos a uma possibilidade de emancipação é necessário a compreensão do caráter revolucionário do conhecimento, elevando a importância de sua produção pelas várias gerações e transmissão aos novos seres humanos.

A prática educativa necessita ser compreendida a partir do desenvolvimento material dos seres humanos e das condições materiais de sua existência. Compreender a educação como parte dessa formação material e histórica do ser humano, é

Compreender a educação no seu desenvolvimento histórico-objetivo e, por conseqüência, a possibilidade de se articular uma proposta pedagógica cujo ponto de referência, cujo compromisso, seja a transformação da sociedade e não a sua manutenção, a sua perpetuação. (SAVIANI, 2008, p. 93)

Portanto, a educação não é uma atividade neutra ou reprodutora, mas uma atividade com vínculo a uma proposta de transformação, ou seja, uma atividade educativa emancipadora. A articulação conteúdo-método é fundamental para o êxito da atividade educativa. A educação contribuirá para a superação da sociedade de classes quanto mais desempenhar seu papel singular, ou seja, permitir a apropriação do conjunto de conhecimentos, habilidades, valores pelas novas gerações. Para tal, cada professor deve possuir um domínio aprofundado de sua área de conhecimento, de seu conteúdo específico, para que possa transmiti-los as novas gerações. Nesse pensamento, Tonet (2005) apresenta a quarto requisito para uma atividade educativa que vise à emancipação humana das condições de classe: o domínio dos conteúdos específicos de cada área de saber pelo professor, que passamos a destacar a partir de agora.

#### **2.4 Domínio dos Conteúdos Específicos**

O quarto requisito está exatamente “no domínio dos conteúdos específicos, próprios de cada área do saber, sejam elas integrantes das ciências da natureza ou das Ciências Sociais e da Filosofia” (TONET, 2005, p. 234). Para superar a condição de alienação, faz-se necessário que nós, educadores, tenhamos o maior grau de conhecimento possível a cerca das leis, dos processos e das

técnicas de transformação da natureza, específicas de cada uma das áreas de conhecimento. De nada adianta, como alerta o autor, termos um educador com posicionamento crítico em favor da superação desta condição em busca de uma emancipação humana, se o conhecimento específico de sua área de formação for insignificante.

Desde o momento de sua ascensão ao poder, a classe burguesa, baseada nos pensamentos de Bacon (1561-1626) que afirma que *saber é poder*, sobretudo sobre as ciências naturais e, consciente desse poder, passou a exigir o domínio sobre a formação da massa de trabalhadores a serem utilizados em suas fábricas, com o controle dos conhecimentos a serem apropriados pela mesma na educação pública. Neste momento, a educação deixa de ser controlada pela Igreja e passa a ser administrada pelo Estado. A nova ordem econômica passa a controlar o processo de educação.

O iluminismo educacional representou o fundamento da pedagogia burguesa, que até hoje insiste predominantemente na transmissão de conteúdos e na formação social individualista. A burguesia percebeu a necessidade de oferecer instrução, mínima, para a massa trabalhadora. Por isso, a educação se dirigiu para a formação do cidadão disciplinado. (GADOTTI, 2005, p. 90).

Esse conhecimento mínimo, individualista e formador de um cidadão disciplinado facilita a atividade de penetração da ideologia<sup>19</sup> dominante na classe trabalhadora e, portanto, manter seu controle hegemônico e reproduzir a atual forma de sociabilidade.

A ideologia não apresenta uma falsa consciência sobre os indivíduos, mas cumpre uma função social: “a cada momento as sociedades necessitam ordenar a práxis coletiva dentro de parâmetros compatíveis com a sua reprodução” (LESSA, 2007, p. 72) com o objetivo de garantir a reprodução da atual forma de sociabilidade. Marx e Engels (2007, p. 78) afirmam que “a classe dominante que dispõe dos meios de produção material dispõe também dos meios de produção espiritual, o que faz com que sejam a ela submetidas, ao mesmo tempo, as idéias daqueles que não possuem os meios de produção espiritual”. Desta forma, inclusive

---

<sup>19</sup> Lessa (2007, p. 64) descreve a ideologia como um conjunto de idéias que desempenham “um papel chave na escolha das alternativas em cada momento histórico. Tais idéias compõem, sempre, uma visão de mundo, e auxiliam os homens na tomada de posição diante dos grandes problemas de cada época, bem como ante os pequenos e passageiros dilemas da vida cotidiana”.

o Estado é organizado de tal forma a garantir que os desejos da classe dominante se efetivem e, por conseqüência, todas as instâncias que estão sob seu controle, dentre elas, a educação pública.

A demanda atual por forças de trabalho qualificadas, dada a concentração da exploração da força de trabalho levou a constituição de uma pedagogia que ao mesmo tempo que amplia sua abrangência, diminui a qualidade e quantidade dos conhecimentos disponibilizados para apropriação por parte dos alunos. O Estado efetiva políticas públicas educacionais que expressam essa dualidade, que termina em um esvaziamento do conhecimento, do papel do professor e da escola, pois para a grande maioria da classe trabalhadora, basta apropriar-se do conhecimento tácito. Isso leva a deterioração do nosso quarto requisito apresentado, ou seja, o domínio dos conteúdos específicos, pois essas políticas educacionais também encontram-se no próprio processo de formação dos professores. Moraes (1996, 2003, 2004, 2007) e Wood (1999) denominam tais correntes pedagógicas como “agenda pós-moderna”.<sup>20</sup>

Segundo Rössler (2004, p. 85), essas concepções educacionais<sup>21</sup> visam um esvaziamento dos conteúdos por meio da adaptação à realidade dos alunos. Como essa realidade atual é uma realidade alienada, as condições de classes imposta por essa forma de organização do modo de produção, tais políticas educacionais não fazem mais do que repetir a realidade cultural alienada. Outra ação forte destas correntes é o esvaziamento do papel do professor, em favor de uma centralidade nos alunos. O autor condena esse modelo por rejeitar a objetividade do conhecimento, isto é, sua possibilidade de ser transmitido. Com isso, “o que de fato acontece é que a educação acaba reforçando e contribuindo para a manutenção da realidade social atual, em vez de contribuir para a sua negação e superação”. Duarte, (2003, p. 619) demonstra que essas concepções modificam toda a prática educativa uma vez que defendem que seria necessário mudar:

---

<sup>20</sup> Duarte (2004) cita como exemplo de correntes pós-modernas podemos citar o pós-estruturalismo, o neopragmatismo, o multiculturalismo, o pós-colonialismo, entre outras similares que possuem atitudes céticas contra à razão, a ciência, ao marxismo e à possibilidade de superação da sociedade capitalista. Para Saviani (2007), esse movimento caracteriza-se como de neoprodutivismo e se expressa em suas variantes neo-escolanovismo, neoconstrutivismo e neotecnicismo.

<sup>21</sup> Concepções educativas relativas ao lema “aprender a aprender”, cujo foco está na desvalorização da transmissão do saber objetivo, na diluição do papel da escola de transmitir esse saber, na descaracterização da atividade docente como alguém que detém um conhecimento a ser transmitido a seus alunos, enfim, na própria negação do ato de ensinar. Essas concepções são atualmente utilizadas como ferramentas de dominação ideológicas pela classe dominante com o intuito de esvaziar a educação destinada à maioria da população (DUARTE, 2006).

1) a concepção de conhecimento, passando da valorização do conhecimento escolar à valorização do conhecimento tácito, cotidiano, não-científico; 2) a pedagogia, passando de uma pedagogia centrada na transmissão do saber escolar para uma pedagogia centrada na atenção do aos processos pelos quais os alunos constroem seu conhecimento; 3) a formação de professores, passando de uma formação centrada no saber teórico, científico, acadêmico para uma formação centrada na prática reflexiva, centrada na reflexão-na-ação.

Essas concepções acabam por deslocar o processo de transmissão do conhecimento ou até mesmo por negar que o trabalho educativo tenha concepção crítica a fim de apresentar propostas capazes de construir uma nova forma de sociabilização (EAGLETON, 1998). Shiroma, Moraes e Evangelista (2000, p. 111) afirmam que essas concepções possuem apenas como objetivo

sua função ideológica cujo intento é responsabilizar a população pela situação do país na economia globalizada lastreada na voluntarista idéia de que o país superará sua posição periférica na divisão internacional do trabalho se cada cidadão investir adequadamente em suas próprias escolarização e requalificação.

Essas concepções pedagógicas pregam competências para os alunos, cujo objetivo é “dotar os indivíduos de comportamentos flexíveis que lhes permitam ajustar-se às condições de uma sociedade em que as próprias necessidades de sobrevivência não estão garantidas” (SAVIANI, 2007, p. 435). O sujeito passa a ser o responsável por sua educação buscando, de acordo com a necessidade imediata para sua inserção no mercado, os conhecimentos que lhe são úteis naquele momento. Desta forma, enquanto alguns terão níveis mais altos de aprendizagem com domínio teórico-metodológico para organização e desenvolvimento do sistema produtivo, para a maioria basta às competências gerais, um saber tácito mínimo para inserção e sobrevivência em um mercado de trabalho fragmentado e com altos níveis de exclusão.

A concepção de conhecimento científico da agenda pós-moderna, segundo Wood (1999, p. 11-12) é

fundada sobre a convicção de que a natureza é regida por certas leis matemáticas, universais e imutáveis – é nada menos que uma manifestação dos princípios imperialistas e opressivos sobre os quais se fundamenta a sociedade ocidental. (...) é como se dissessem não apenas que, por exemplo, a ciência física é um construto histórico, que variou no tempo e em

contextos sociais diferentes, mas que as próprias leis da natureza são “socialmente construídas” e historicamente variáveis.

A pós-modernidade, portanto, prega a falência da verdade Iluminista, ao afirmar que esta ignora a diversidade de culturas, hábitos e valores que identificam os grupos sociais. Isso leva a abandonar a idéia de emancipação universal humana em favor da pluralidade das lutas contra a opressão, ou seja, o que aqui interessa é a luta singular dos grupos étnicos, como ressalta Wood (1999, p. 12):

O pós-modernismo implica numa rejeição categórica do conhecimento “totalizante” e de valores “universais” – incluindo as concepções ocidentais de “racionalidade”, idéias gerais de igualdade (sejam elas liberais ou socialistas) e a concepção marxista de emancipação humana geral. Ao invés disso, os pós-modernistas enfatizam a “diferença”: identidades particulares, tais como sexo, raça, etnia, sexualidade; suas opressões e lutas distintas, particulares e variadas; e “conhecimentos” particulares, incluindo mesmo ciências específicas de alguns grupos étnicos.

Nesse processo, os critérios de verdade são removidos da natureza, das causalidades do real, sendo deslocadas para as questões de identidade étnico-racial. Na pós-modernidade, trabalha-se em favor das lutas individuais de cada corrente, em detrimento de uma luta pela emancipação humana geral.

A negação da objetividade aparece aqui associada à idéia de desintegração do espaço público, do fetichismo da diversidade, da compreensão de que o poder e a opressão estão pulverizados em todo e qualquer lugar. Daí resulta a impossibilidade de estabelecer uma base de resistência e de enfrentamento da realidade que, queiram ou não, apresenta-se aos sujeitos como totalidade da economia e das relações de poder. (MORAES, 2003, p. 155)

Para tal, houve a necessidade de uma ressignificação de conceitos e de significados. Organizaram-se jogos de linguagem sem sujeito (MORAES, 1996; 2004) e, com isso, estabelece-se a cultura como palco de atuação dos atores sociais, onde o ser humano deixa de ser autor da vida social e passa a ser um mero representante de sua cultura étnica e não mais membro da humanidade. De acordo com Nanda (1999, p. 100),

Uma coisa é aceitar um “relativismo cultural” que respeita a variedade da cultura humana; outra, inteiramente diferente, é adotar um relativismo que transforma esses valores culturais variados no único ou principal padrão de verdade, de modo que a verdade passa a ser simplesmente o que se ajusta

a um dado sistema de crenças, ao invés de aquilo que descreve fielmente o mundo que existe independentemente de nossas crenças. (...) Compreendida inteiramente a partir de um dado ponto de vista, e sem nenhum padrão exógeno de verdade, é difícil entender como *qualquer* opinião possa ser errada ou *qualquer* prática, injusta. (grifo no original)

Chauí (2001) demonstra que a falência da razão moderna em favor de uma subjetividade, leva a uma negação da historicidade humana, em favor de um tempo descontínuo, desprovida de sentido e necessidade. Wood (1999, p. 15) afirma que “uma vez que não há sistemas ou histórias suscetíveis à análise causal, não podemos chegar à origem dos muitos poderes que nos oprimem. Nem tampouco, certamente, aspirar a algum tipo de oposição unificada, de emancipação humana geral (...)”.

Foster (1999) afirma que essas teorias são facilmente absorvidas pela classe hegemônica, no momento em que esta apresenta ironicamente uma transcendência da idade moderna para a pós-modernidade. Não apresenta qualquer perspectiva da passagem do capitalismo para uma sociedade pós-capitalista. Para Della Fonte (2003, p. 13), a pós-modernidade “desreponsabiliza, assim, o ser humano do que lhe é mais precioso: o fazer história e o fazer-se a história, responder pelas escolhas assumidas coletivamente, descontentar-se, criar novos rumos...”.

Duarte (1998) afirma que devemos nos opor ao máximo possível às concepções educacionais que impeçam o indivíduo de apropriar-se desse conhecimento indefectível para a superação da condição de classes, que ele denominou “concepções negativas sobre o ato de ensinar”. Ele argumenta que precisamos trabalhar em favor de concepções pedagógicas que apresentem um posicionamento positivo perante o ato de ensinar, concepção essa que contribua para demonstrar que a sociedade é factível a transformações. Em contrapartida, devemos nos posicionar contra teorias cujo objetivo é demonstrar que “não há possibilidade de se realizar um trabalho no interior da escola que não tenha como resultado objetivo, independentemente das intenções dos educadores, a reprodução da divisão social do trabalho, isto é, das relações sociais de dominação” (DUARTE, 1998, p. 89).

Uma posição afirmativa perante o ato de ensinar requer um domínio dos conteúdos específicos pelo professor. É considerar o conhecimento como universal e historicamente construído pelas gerações humanas anteriores, sendo necessária a

sua apropriação pelas novas gerações. O conhecimento se torna, dessa forma, um importante aliado na busca da emancipação humana. Moraes (2001, p. 18-19) afirma que toda teoria traz conseqüências tanto negativas quanto positivas.

Em seu lado positivo, a teoria pode nos oferecer as bases – racionais e críticas – para rejeitar muito do que hoje nos chega como consenso ou como sabedoria política realista (...). Por outro lado, (...), a teoria pode promover o ceticismo generalizado sobre as questões do conhecimento, da verdade e da justiça, uma visão que nos torna, ao fim e ao cabo, sem sentido e absurdos, trazendo como conseqüência a paralisia e uma boa dose de irracionalismo.

Desta forma, devemos estar atento para utilizar o conhecimento para a compreensão da origem ontológica do ser humano, as formas de construção e superação da organização social e, portanto, verificar que esta é passível de transformação. É definir o ser humano como autor de sua história, como membro ativo na construção social. Sendo este produto da atividade humana, é passível de adaptações, modificações ou de transformações radicais, em busca de sua superação e favor da emancipação humana.

Nessa mesma perspectiva, Libâneo (2001, p. 78) afirma que “o professor precisa ter domínio dos conteúdos que ensina e dos meios de transmiti-los, sob o risco de comprometer seus objetivos sociopolíticos”. Tonet (2005, p. 234) exemplifica isso ao mencionar que “o momento predominante – mas não único – que faz um físico um educador emancipador não está no seu compromisso político, mas no seu domínio do saber e da difusão do conteúdo específico e de um modo que sempre estejam articulados com a prática social.”

O ideal seria a comunhão em um educador, no exemplo o físico, do compromisso político com o compromisso profissional de transmissão de conteúdos, uma vez que

os professores que não tomam partido de forma consciente e crítica frente às contradições sociais, acabam repassando para a prática profissional valores, ideais, concepções sobre sociedade a criança, contrários aos interesses da população majoritária da sociedade. (LIBÂNEO, 1990, p. 441)

Tonet (2005) ressalta que o quinto requisito para uma atividade educativa que vise à emancipação humana é a articulação da própria atividade educativa com as lutas de classes, que passaremos a discorrer a partir de agora.

## 2.5 Articulação das Atividades Educativas com as Lutas de Classes

O quinto requisito é justamente essa articulação entre educação e movimentos sociais. Uma atividade educativa emancipadora deve sempre articular-se “com as lutas desenvolvidas pelas classes subalternas, especialmente com as lutas daqueles que ocupam posições decisivas na estrutura produtiva” (TONET, 2005, p. 235). A classe trabalhadora é a classe revolucionária por natureza e cabe a ela fazer essa mudança. Então, faz-se necessário articular a atividade educativa com as lutas desenvolvidas, mostrando como a apropriação do conhecimento pode auxiliar nesta luta.

Esse pensamento fora destacado por Oliveira (1987a, p. 64), ao analisar as implicações a respeito do uso de propostas pedagógicas articuladas a prática social que,

se a prática educativa é parte integrante da prática social global e aí se dá a luta pela transformação das estruturas, alguns aspectos dessas transformações, que também fazem parte do processo de transmissão-assimilação do saber elaborado, já se efetivam nesse processo, considerando-se os limites de sua especificidade, isto é, já se dão na própria prática educativa.

Saviani (1997, p. 89) destaca que a contribuição do professor para uma atividade educativa que vise à superação das condições de classe “será tanto mais eficaz quanto mais o professor for capaz de compreender os vínculos da sua prática com a prática social global”. Quanto maior for à articulação deste conhecimento específico de cada área em conexão com sua efetivação na sociedade em um determinado momento histórico, melhor o professor poderá contribuir para a emancipação humana e maior será a participação da educação como auxiliadora neste processo. Duarte (1987b, p. 87), ao debater sobre o compromisso político de um professor de matemática, afirma que

através da relação entre o conteúdo e a forma da transmissão-assimilação do saber matemático, possibilita-se aos educandos o desenvolvimento de um modo de conhecer a realidade e agir sobre ela, coerente com o objetivo de criação de uma nova organização social.

Cabe aqui ressaltar novamente que uma proposta de transformação social e a conseqüente emancipação humana só podem ser explicitadas em seus

elementos gerais, mas não pode ser levada à prática com um conjunto sistematizado, pois não podemos esquecer que a determinação maior sempre é da totalidade social. Mas como a contradição permeia a atividade educativa, uma vez que os atos humanos são marcados por algum grau de liberdade, não possui seus resultados previamente determinados, a disputa de projetos deve ser efetuada nos mais diversos campos: das idéias, dos conteúdos, dos programas, dos métodos, dos recursos, dos espaços, das tecnologias, das políticas educacionais etc.

É aqui que se faz sentir a contradição que também permeia a atividade educativa. Seu caráter, ao mesmo tempo alienante e superador da alienação. (...) A própria reprodução cada vez mais ampla e complexa do ser social exige que os indivíduos se tornem também cada vez mais ricos e complexos, o que só é possível por intermédio da apropriação da riqueza produzida pelo conjunto da humanidade. Temos aqui, portanto, um processo unitário, mas contraditório: ao mesmo tempo de construção e desconstrução do homem. (TONET, 2005, p. 223)

Desta forma, buscamos afirmar o papel essencial da educação, a transmissão de conhecimento, rearranjando este com as lutas de classes. Isso explicitará sua contradição de, ao mesmo tempo, reprodutora a atual forma de sociabilidade e auxiliadora na produção das objetividades que possibilitem modificar sua condição, na perspectiva de superação da condição de opressão da classe trabalhadora.

No ensino das ciências naturais, no qual trabalhamos existem duas maneiras de se abordar a ciência e o conhecimento científico: de forma acrítica, como uma verdade inquestionável; ou demonstrando a sua superação dialética por meio dos conflitos e superações que produziram tal conhecimento. Segundo Wuo (2000, p. 24), isso produz resultados diferentes:

Promover uma visão acrítica da ciência é impedir que se apreenda o seu processo criativo e transformador, a forma particular pela qual as suas teorias evoluem, segundo uma dialética de superação das verdades científicas, e oferecendo em seu lugar um conhecimento científico como afirmação peremptória de uma verdade inquestionável. Um estudo mais crítico em torno da ciência, que revelasse suas lutas e conflitos, que associasse as especulações e o domínio sobre a natureza com aspectos da vida humana, certamente contribuiria para desenvolver um olhar mais interrogativo sobre o mundo.

Cabe aos educadores posicionarem-se afirmativamente perante um a transmissão de conhecimentos e o embate de caráter ideológico no campo educacional, que tem como fundo

A luta entre uma educação que contribua para a transformação da realidade social vigente, para a superação das condições sociais desumanas em que vive a maioria dos indivíduos e que, assim, contribua para a humanização e universalização destes homens, contra uma educação voltada para a reprodução e manutenção das relações sociais de dominação que impõem condições sociais de alienação e, conseqüentemente, o esvaziamento, isto é, o empobrecimento da individualidade humana. Essa escolha consiste na primeira opção que todos nós, educadores, temos que um dia realizar (ROSSLER, 2004, p. 78).

Por isso, devemos empenhar nossos esforços por uma educação radical, isto é, que consiga ir até as raízes das determinações sociais, que aqui adotamos: de socializar o saber objetivo, que alcançaram validade universal, que permitam ações coletivas, conscientemente dirigidas para a superação da sociedade capitalista (DUARTE, 2006).

O processo educativo também interfere na formação da totalidade social que tem por matriz, neste modelo de sociabilidade, a economia. Lembramos aqui que os processos de relacionamento social existentes no capitalismo, como trabalho, divisão social do trabalho, valor de troca, Estado, política etc., são formadores da totalidade, assim como todos os demais processos, entre eles a educação e como tal podem influenciar no resultado final. “A modificação do todo só se realiza, de fato, após um acúmulo de mudanças nas partes que os compõem” (KONDER, 1998, p. 39). Por isso, Tonet (2005, p. 236) demonstra a importância dessa articulação uma vez que esta

é, sem dúvida, necessária, mais ainda importante porque o avanço no cumprimento da tarefa mais essencial da educação que, como vimos, é a apropriação daquelas objetivações que constituem o patrimônio comum da humanidade, não depende só e nem principalmente da atividade educativa, mas do progresso da luta, realizada pelo conjunto das classes subalternas, para contrapor-se à hegemonia do capital.

O trabalho docente está inserido no contexto social vigente e, portanto, inseparável da prática social, o que leva a necessidade de um conhecimento por parte do professor a respeito das condições socioculturais de seus alunos e o meio

social em que vive, ou seja, o conhecimento a respeito do processo histórico-real, em suas dimensões singulares ou universais.

O papel de um professor de Física, como expomos anteriormente, não está tão somente no seu engajamento com as questões políticas e de lutas de classes, mas seu momento predominante consiste no seu domínio profundo a respeito dos conhecimentos de sua área, para que sua atividade educativa possa impregnar nos alunos os conhecimentos de sua área. Por isso, concordamos com Oliveira (1987b) ao compreender que a atividade educativa será mais eficaz em busca da emancipação quanto maior for a sua capacidade de compreender ontologicamente o ser humano. Isso permite ao educador possuir um domínio sobre os nexos causais que permeiam a sociedade do capital, conhecer o fim maior da atividade educativa, possuir domínio sobre a área de conhecimento em que atua e, por fim, articular todo esse conjunto com as lutas de classe. Esses são os requisitos necessários, segundo Tonet (2005) para uma atividade educativa que vise possibilitar o processo de emancipação humana, por meio da superação da sociedade de classes.

### 3 PRODUÇÃO E APROPRIAÇÃO DO CONHECIMENTO DA FÍSICA

*Nature and nature's laws lay hid in night.  
God said, let Newton be! And all was light.<sup>22</sup>*

*A natureza e suas leis jazem ocultas nas trevas.  
Deus disse: "Que Newton se faça". E tudo se fez luz.*

Alexander Pope  
(1688-1744)

O conhecimento representa uma necessidade histórica do ser humano no processo de domínio e transformação da natureza como um critério para garantir sua reprodução social. Conforme a célebre frase de Bacon (1561-1626), que afirma que *"saber é poder"*, o conhecimento, desde sua produção e transmissão, passa a sofrer implicações diretas da forma de sociabilidade vigente, o capitalismo.

Como vimos no capítulo anterior, Tonet (2005) expressa que uma prática educativa que visa ser emancipadora tem que possuir, como um dos requisitos, o domínio dos conteúdos específicos da área do saber. Desta forma, buscamos neste capítulo apresentar que tipo de conhecimento é necessário ser dominado pelos professores e repassado aos alunos visando uma educação que desempenhe papel de possibilitadora da superação da sociedade de classes.

A partir da visão de formação humana e da necessidade do processo de educação dos homens, demonstramos como isso pode se efetivar na prática educativa. Temos como objetivos nesse momento evidenciar características de uma educação baseada no processo de desenvolvimento histórico e quais conhecimentos são necessários para que se possibilite uma articulação entre educação e sociedade de luta de classes em que vivemos.

Primeiramente é necessário entender como esse conhecimento, que deste ponto em diante denominamos conhecimento científico, foi ao longo da história produzido pela ciência, atividade humana. Sob o ponto de vista da Física<sup>23</sup>, apresentamos a atividade científica como puramente humana construída em um

---

<sup>22</sup> Texto inscrito na lápide da sepultura de Sir Isaac Newton, na Abadia de Westminster, em Londres, onde está sepultado.

<sup>23</sup> Sem deixar de mencionar áreas correlatas, como a Química e a Biologia, que junto com Física compõe o conjunto das ciências naturais e a Matemática, ciência exata. Isto porque é "impossível dividir a ciência em seções separadas e não relacionadas entre si" (EINSTEIN; INFELD, 2008, p. 39)

determinado momento histórico-social. Assim, o conhecimento científico, produto da ciência, é apresentado como um constructo prático, histórico e social, em constante expansão e evolução.

Vigotsky (1993) destaca a importância do estudo dos conhecimentos científicos no processo de educação e aprendizagem para o desenvolvimento da criança. Porém, esse conhecimento é didaticamente transformado antes de ser disponibilizado para apropriação pelo aluno. Portanto, em um segundo momento, passamos a discutir como ocorre a passagem do conhecimento científico para o conhecimento escolar. Essa mediação ocorre por um fenômeno denominado transposição didática (CHEVALLARD, 1991). O conhecimento científico é organizado na forma de conteúdos escolares, didaticamente elaborados para permitir sua transmissão por parte do professor e uma possível assimilação por parte do aluno. Os conteúdos são um conjunto de saberes que o contexto social vigente compreende como necessário a serem transmitidas às novas gerações. Dentre eles, está o conhecimento científico sistematizado em conteúdo escolar. Compreender como ocorre esse processo é necessário para analisarmos posteriormente sua estruturação no livro didático. Em suma, vamos demonstrar o caminho que compreende a produção do conhecimento científico e os métodos de transposição para o conhecimento escolar.

Enquanto o conhecimento científico é apresentado em relatórios de pesquisa, artigos científicos publicados em revistas especializadas e destinadas a um público alvo, o conhecimento escolar encontra-se estruturado nos livros didáticos, apostilas e manuais de ensino. Portanto, compreendemos o livro didático como sendo o local onde se encontram de forma estruturada os conhecimentos, habilidades, valores que serão transmitidos pelos professores às novas gerações.

Apresentamos ainda nesse capítulo, o que compreendemos como um livro didático, sua função específica na escola e outras funções que lhes são atribuídas pela sociabilidade capitalista. A compreensão da forma como se encontra estruturado o conhecimentos nessas obras é um dos elementos para compreender o contexto educacional brasileiro.

Por fim, destacamos a importância da inserção da Física Moderna no Ensino Médio como forma de incremento de uma nova forma de pensar o mundo. As implicações oriundas dessa nova Física produzida no século XX é importante para desenvolvimento o pensamento abstrato do aluno, além de ser o mais alto nível de

conhecimento elaborado pela ciência física ao longo da história. A inserção desses conhecimentos ainda no Ensino Médio vem sendo defendida por vários segmentos da educação brasileira e também se encontra preconizado nas orientações curriculares do Governo Federal (BRASIL, 2008b).

### **3.1 O Conhecimento Científico como Produto Prático, Histórico e Social**

O objetivo final de nosso trabalho é analisar o conteúdo presente nos livros didáticos de Física do PNLEM, mais especificamente o conhecimento científico. Para tal estudo, explicitaremos em linhas gerais, como alguns autores apresentam o conhecimento como um produto da atividade prática, histórica e social do ser humano, desde antigos filósofos da natureza<sup>24</sup> até os cientistas atuais. Logo, temos como meta nesse tópico caracterizar a ciência como produto da troca humana com a natureza, por meio da racionalidade, localizada dentro de um determinado contexto histórico e interligada a forma de organização social vigente.

Libâneo (1990) afirma que na atividade prática e material do homem sobre a natureza é que ele conhece as objetivações e os fenômenos naturais e assim pode transformá-los. Desta forma, o autor destaca, ao citar Lefebvre<sup>25</sup>, as seguintes características mais gerais do conhecimento: prático, social e histórico.

Kuhn (1987) destaca que o cientista é um homem adulto, partícipe de uma comunidade científica, que constrói o conhecimento científico dentro das regras estabelecidas por esta comunidade. A ciência é, portanto, produto da atividade intelectual humana, uma vez que suas realizações são feitas pelos seres humanos. A ciência busca descobrir o que de racional pensamos ter na natureza. Traz à tona, na forma de enunciados, leis ou teorias, o que de lógico há na natureza. Kneller (1980, p. 21), por sua vez, expressa que

A ciência tem por objetivo fornecer uma explicação completa para a ordem da natureza. A fim de realizar esse objetivo, ela propõe e comprova as teorias que procuram explicar aspectos particulares dessa ordem. Uma teoria científica é um conjunto de enunciados que descrevem a natureza de uma entidade inobservada e (ou) o processo postulado como causa de certos fatos observados.

---

<sup>24</sup> Denominação dada aos primeiros homens que, durante o período anterior ao Renascimento, destinaram seus esforços a compreender a racionalidade da natureza.

<sup>25</sup> O autor faz referência à obra *Lógica formal/lógica dialética*.

Bohr (1995, p. 105) afirma que “é importante perceber que a ciência, não conhece fronteiras nacionais e cujas realizações são um patrimônio comum da humanidade, tem unido os homens, em todas as eras, em seus esforços para elucidar os fundamentos do nosso saber”. Da mesma forma, Abdus Salam<sup>26</sup> (apud NANDA, 1999, p. 87) afirma a existência de uma única ciência universal.

Só há uma ciência universal, seus problemas e modalidades são internacionais e não há tal coisa como uma ciência islâmica, da mesma maneira que não há uma ciência indiana, uma ciência judaica, uma ciência confucionista, nem uma ciência cristã – nem na verdade, uma ciência ‘ocidental’.

Podemos atribuir a Nicolau Copérnico (1473-1543), Galileu Galilei (1564-1642) e Isaac Newton (1642-1727) a paternidade da ciência moderna. Em pouco mais de duzentos anos eles provocaram a superação de alguns dos paradigmas medievais mais fortes, como a mudança do modelo geocêntrico para o modelo heliocêntrico, a ruptura do senso comum ligado a religião e a ciência. Einstein e Infeld (2008, p. 53), ao analisar o processo evolutivo da Física, demonstram uma clara diferença entre a filosofia antiga e a ciência moderna, ao afirmar que

A idéia é, na filosofia antiga, nada mais que uma engenhosa ficção da imaginação. As leis da natureza relacionando entre si os conhecimentos subseqüentes eram desconhecidos pelos gregos. A ciência que faz a conexão da teoria com a experiência começou realmente com o trabalho de Galileu.

A partir do século XIX, a ciência começa a tomar novos rumos em direção a uma nova ruptura, a uma nova forma de pensar a ciência. Vamos tentar caracterizar essa passagem para apresentarmos a nova forma de pensar advinda da Física Moderna. Neste momento, a física estava baseada em duas teorias: a mecânica de Newton e as equações da eletrodinâmica de Maxwell, isto porque as duas únicas forças básicas da natureza eram a gravitacional e a eletromagnética.

---

<sup>26</sup> Abdus Salam (1926-1996) é um Físico paquistanês, laureado com o Nobel de Física em 1979 por contribuições a teoria unificada das interações fracas e eletromagnéticas entre partículas elementares.

Kuhn (1987) demonstra que a ciência evolui de duas formas: primeiramente de forma cumulativa pelo reforço dos paradigmas<sup>27</sup> dentro de uma comunidade científica, ou seja, meio da ciência normal e, de uma segunda forma por revoluções científicas, episódios extraordinários. Nesse caso, um paradigma não consegue mais esquivar-se das anomalias, instigando as comunidades científicas a investigações que conduzem a profissão a um novo conjunto de compromissos, uma nova prática da ciência. São, pois, complementos desintegradores da tradição à qual a ciência normal está ligada.

A ciência deve ser racional, uma vez que seus conhecimentos devem ser verificados empiricamente. A racionalidade científica requer discussões com toda a comunidade científica: “se uma solução é proposta como logicamente correta e fatualmente verdadeira, ela deve ser verificável por todos os cientistas qualificados, o que significa, pelo menos, por todos os cientistas que trabalhem nesse campo” (KNELLER, 1980, p. 55).

A ciência também não é um constructo infalível e imutável. Está em constante transformação e evolução. Para Einstein e Infeld (2008, p. 70) a ciência sempre evolui a partir de uma teoria existente.

Quase todo avanço da ciência surge de uma crise da velha teoria, através de um esforço para encontrar uma saída das dificuldades criadas. Devemos examinar as velhas teorias, embora pertençam ao passado, pois esse é o único meio de compreender a importância das idéias e teorias novas, bem como a extensão de sua validade.

Nanda (1999, p. 89) apresenta o conhecimento científico como sendo socialmente mediado, como uma objetividade do mundo material em que a realidade natural independe da realidade social. Para a autora,

o conhecimento científico emerge da interação entre as práticas sociais da ciência – o trabalho social e historicamente localizado, ou trabalho cognitivo, que acompanha a produção do conhecimento - e o mundo material, que existe independentemente da cognição humana.

---

<sup>27</sup> Para o autor, um paradigma é um modelo ou padrão aceito, sendo raramente suscetível de reprodução, sendo um objeto a ser mais bem articulado e precisado em condições novas ou mais rigorosas. Os paradigmas adquirem esse status porque são mais bem sucedidos que seus competidores na resolução de alguns problemas que um grupo de cientistas reconhece como graves. Porém o sucesso de um paradigma é, em grande parte, uma promessa de sucesso (KUHN, 1987).

Max Planck (apud KNELLER, 1980, p. 119) aponta o diferencial entre o conhecimento científico, produto da ciência, e o conhecimento comum, advindo das experiências humanas cotidianas: “o raciocínio científico não difere do pensamento comum e cotidiano em espécie, mas tão-somente no grau de refinamento e precisão, mais ou menos como o desempenho de um microscópio difere de nosso olhar cotidiano”. Trata-se de um conhecimento apurado, advindo de uma atividade criteriosa, que segue um método de investigação em que pela observação da experiência, coletam-se dados a fim de se montar uma hipótese para explicar um fenômeno. Na seqüência, realiza-se o teste experimental da hipótese, ou seja, a experiência, onde vários testes são realizados com o objetivo de se reproduzir artificialmente o fenômeno natural e testar a hipótese por meio da comparação dos resultados obtidos nos experimentos científicos.

Segundo Kneller (1980, p. 123) “o conhecimento científico se expressa em enunciados e conjuntos de enunciados de quatro espécies principais: relatos de observações, esquemas de classificação, leis e generalizações, e teorias”. O conhecimento científico consiste, portanto, em conhecimento empírico e conhecimento teórico, que se expressa em uma manifestação lingüística específica, na forma de conceitos que representem de maneira esquemática e as racionalidades que são abstraídas da natureza. Einstein e Infeld (2008, p. 21), ao analisar o processo evolutivo da Física, fazem o seguinte apontamento:

A ciência tem que criar sua própria linguagem, seus próprios conceitos, para o seu próprio uso. Os conceitos científicos freqüentemente começam com os da linguagem usual para os assuntos da vida cotidiana, mas se desenvolvem de maneira bem diferente. São transformados e perde a ambigüidade a eles associada na linguagem usual, ganhando em rigor para que possam ser aplicados ao pensamento científico.

Mas qual a origem do conhecimento? Desde os primórdios da humanidade, o homem iniciou o desenvolvimento de técnicas para conservar alimentos, realizar pinturas, criar ferramentas simples a partir de materiais naturais. Ao conceber em seu pensamento essas atividades e ao repassá-las aos demais membros de sua espécie, o homem inicia o processo de produção e transmissão dos primeiros conhecimentos, ou seja, das primeiras interpretações racionais a respeito da ordem da natureza. Ao compreender as propriedades intrínsecas de determinada pedra e determinada madeira, o homem pode relacioná-las e produzir

um machado, uma nova relação até antes não existentes na natureza. Sendo esse útil e eficaz a função a qual foi designado, racionalmente o homem concebe que as qualidades daquela determinada pedra e daquela determinada madeira, são ideais para realização de tal tarefa, concebendo isso como um conhecimento, podendo assim ser socializado aos demais seres humanos (LUKÁCS, 2004).

Sendo um resultado das múltiplas interações e interpretações a respeito da natureza realizada pelo homem ao longo de sua existência, o conhecimento é produto da atividade prática humana. Libâneo (1990, p. 216), afirma que

Todo o conhecimento, antes de elevar-se ao nível teórico, começa pela experiência, pela prática. O homem é um indivíduo que pensa e age a partir do seu modo concreto, real, objetivo de existir. Somente a prática nos põe em contato com a realidade objetiva. Para agir sobre os objetos de trabalho e sobre os fenômenos do meio circundante, o homem precisa do conhecimento a fim de obter dados da realidade e dar uma finalidade à sua ação transformadora.

O homem é um ser histórico que organiza e realiza as suas atividades de transformação da natureza de acordo com cada condição historicamente estabelecida em um determinado período. A ciência como produto humano também é histórica e social. Sofre mudanças de acordo com novas descobertas e novos conhecimentos decorrentes do seu processo evolutivo da forma de sociabilidade humana.

Todas as técnicas e tradições em pesquisa seguem a ampla ordem do movimento histórico da própria sociedade humana. Assim, a melhor forma de compreender o processo de origem e evolução da ciência é situá-la no próprio processo de evolução da humanidade (KNELLER, 1980; CHASSOT, 2004; BRAGA; GUERRA; REIS, 2003, 2005, 2007, 2008). Podemos, dessa forma, afirmar que a ciência, as observações científicas e o conhecimento científico, produto último da atividade científica surgem e se desenvolvem paralelamente ao próprio desenvolvimento do ser humano.

Entretanto, um estudo do contexto histórico não significa simplesmente o estudo de biografias de grandes cientistas, mas de todo processo de produção, engendrados em determinado momento político, econômico e social do ser humano. É compreender todo o contexto histórico social que o envolve. Não é possível compreender a Física Moderna sem retroceder historicamente ao passado, ao

encontro aos homens cujas idéias auxiliaram no desenvolvimento do pensamento científico (ROCHA FILHO, 2003).

Lukács (1981) apresentou a dinâmica da evolução social interligada a um “momento predominante” da qual compreendemos como sendo a totalidade maior, o modo de organização dos meios de produção. Esse momento predominante está diretamente ligado ao momento histórico no qual a humanidade se encontra. Assim, “alijar a ciência do seu processo histórico, de suas contingências e de suas representações, é condená-la a um destino que se assemelha mais à religião, ligando paradigmas a dogmas e sociedades científicas a seitas” (DANHONI NEVES, 1998, p. 75).

Pietrocola (1993, p. 8) enfatiza que assumir um conhecimento da Física como sendo a-histórico, é negar qualquer tentativa de inseri-lo dentro de contexto de construção, onde este é resultado de um processo de maturação, adequação e construção de conhecimentos a cerca dos fenômenos observados. “Cria-se o mito da relação *direta* entre o conhecimento Físico e a realidade natural, onde a função humana é a de mera coadjuvante” (grifo no original).

Para Astolfi e Develay (1990), a abordagem histórica, a partir do pensamento acima, deve apresentar a história das idéias e não a história dos homens – representada por biografias dos cientistas –, pois somente ela é capaz de nos esclarecer as reais condições de produção do conhecimento. Em consonância com isso, as *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* destacam que “o uso da *história da ciência* para enriquecer o ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos, possibilita a visão da ciência como uma construção humana” (grifo no original) (BRASIL, 2008b, p. 64).

Concebemos a ciência como o resultado de inúmeras atividades da racionalidade humana, que evolui em paralelo ao próprio desenvolvimento do ser humano. A ciência e o conhecimento científico são, portanto, históricos e sociais. Libâneo (1990, p. 216) destaca que:

Todo o conhecimento é social. O homem real e concreto se constitui e se desenvolve na trama das relações sociais, no seio das quais pode desenvolver sua vida individual. Com efeito, no processo de trabalho não há apenas o intercâmbio com a natureza; nos processos e nos resultados do trabalho, os homens travam entre si relações necessárias, pelo que nenhuma atividade humana é isolada. Na atividade *social* os homens

assimilam a natureza, desenvolvem instrumentos de trabalho e de pensamento, organizam seus conhecimentos no saber humano, e no decurso de sua existência incorpora na sua atividade essa atividade social herdada. (grifo no original)

Ao contrário dos animais que nascem com todas as suas determinações impregnadas em seu código genético, o homem é genuinamente social porque sua construção se dá dentro da prática histórico-social. Os conhecimentos são transmitidos de geração para geração, mediante sua organização na forma de conteúdo de ensino.

Desde a Idade Antiga, onde a necessidade social de se construir grandes templos, as pirâmides e os estádios como o Coliseu levou ao desenvolvimento da álgebra, da geometria e tantas outras produções científicas. Também, durante a Idade Moderna e Contemporânea, a ciência se desenvolve de acordo com o desenvolvimento da própria organização social. Lopes (2007, p. 193-194) afirma que

As ciências são uma atividade social e cultural, interessada, constituída por relações de poder, que tem a pretensão de verdade e, para tal, constitui regras de legitimação de seus saberes. Esse caráter de construção social das ciências, todavia, não se restringe ao seu processo de constituição, mas envolve as conseqüências que as ciências produzem.

As necessidades advindas das formas de sociabilidade são o grande impulsionador da ciência desde sua origem. Não podemos, dessa forma, desvincular o processo de construção da ciência e do conhecimento científico do próprio desenvolvimento da sociedade.

Existe outro caráter da ciência e do conhecimento científico que gostaríamos de destacar aqui: seu caráter progressivo. A ciência progride sempre que encontra meios de explicar com mais simplicidade um número maior de fatos, quando une em uma única teoria duas ou mais teorias, quando desenvolve uma nova teoria para explicitar algo que as teorias anteriores não mais dão conta, entre outras formas.

Vários foram os momentos de maior evidência do processo evolutivo da ciência. Pode-se citar estudos, descobertas e enunciados como a gravidade e as leis newtonianas, a estrutura atômica e a mecânica quântica, a relatividade especial e geral, a teoria do big-bang e a origem do universo, na Física. Acrescenta-se, ainda, outras descobertas como a evolução dos seres vivos e o princípio da seleção natural das espécies de Charles Darwin (1809-1882), o desenvolvimento da genética e a

descoberta da estrutura do DNA. Esses fatos podem ser evidenciados como marcos que deram novos rumos, com quebra de velhos paradigmas e conceitos, dentro da ciência (BRODY; BRODY, 1999). Isso nos leva ao questionamento: até onde pode evoluir a ciência? Podemos encontrar a tão utópica *Teoria de Tudo*?<sup>28</sup> Sabemos que é corrente entre os cientistas, hoje, a idéia da necessidade de se desenvolver uma teoria capaz de abraçar ao mesmo tempo o mundo microscópico da Física Quântica e o mundo macroscópico da Mecânica Clássica e da Relatividade<sup>29</sup>. Mesmo assim, a ciência encontra-se longe de explicar a totalidade do universo, mas isso não tira a grandeza de suas descobertas. Einstein, em uma de suas conferências, assim se pronunciou: “uma coisa aprendi numa longa vida: que toda a ciência, confrontada com a realidade, é primitiva e infantil – e no entanto é o que temos de mais precioso”.

O que podemos afirmar é que a realidade é muito mais do que predizemos ou observamos, “é uma coisa muito maior do que parece e a maior parte dela é invisível. Os objetos e eventos que nós e nossos instrumentos podemos observar diretamente são apenas a ponta do iceberg” (DEUTSCH, 2000, p. 33).

Apesar de alguns conhecimentos serem considerados irrefutáveis, como a velocidade da luz, a temperatura absoluta, a indivisibilidade de Planck e Incerteza de Heisenberg, enquanto houver homens e mulheres capazes de fazerem perguntas sobre a própria natureza, a ciência prosseguirá seu caminho evolutivo. “A ciência não é e jamais será um livro fechado. Todo o novo avanço traz novas questões. Todo o desenvolvimento revela em longo prazo dificuldades novas e mais profundas” (EINSTEIN; INFELD, 2008, p. 240). Para os autores, o avanço da ciência em descobrir os princípios fundamentais da Física pode levar à impressão de afastamento da realidade visível pelo homem.

---

<sup>28</sup> A *Teoria de Tudo* é uma teoria hipotética que visa explicar e conectar em uma só estrutura teórica, todos os fenômenos físicos em um único tratamento teórico-matemático. Também é conhecida como Teoria da Grande Unificação ou Teoria da Unificação Completa (HAWKING, 2000, 2001).

<sup>29</sup> O primeiro a expor a essa necessidade foi Hermann Von Helmholtz (1821-1894) indicando que o princípio universal da natureza seria o da conservação da energia. Segundo Feynman (2004, p. 115-116) reforça essa idéia ao explicitar que “existe um fato ou, se você preferir, uma *lei* que governa todos os fenômenos naturais conhecidos até agora. Não se conhece nenhuma exceção a essa lei – ela é exata, pelo que sabemos. A lei chama-se *conservação da energia*. Segundo ela, há certa quantidade, que denominamos energia, que não se modifica nas múltiplas modificações pelas quais passa a natureza. Trata-se de uma idéia extremamente abstrata, por ser um princípio matemático; diz que há uma quantidade numérica que não se altera quando algo acontece. Não é a descrição de um mecanismo ou de algo concreto; é apenas o fato estranho de que podemos calcular certo número e, quando terminamos de observar a natureza em suas peripécias e calculamos o número de novo, ele é o mesmo” (grifo no original).

### 3.2 Do Conhecimento Científico ao Conhecimento Escolar

Antes de ser levado ao aluno, o conhecimento científico sofre um processo de transformação, reelaboração e organização para fins didáticos. O conhecimento científico é, portanto, transposto em conhecimento escolar. Estes, por sua vez, encontram-se organizado na forma de conteúdos escolares.

Consideramos uma educação efetiva aquela em que os alunos se apropriam do mais alto conhecimento desenvolvido pelas ciências. Um conhecimento onde o aluno possa compreender o verdadeiro “arcabouço conceitual” e não simplesmente conceitos que visam aplicação imediata. Uma educação que supere pragmatismo em busca de um real entendimento dos fenômenos que regem a natureza. Um conhecimento que lhes permita compreender as condições reais que os cercam de modo a possibilitá-los a interferir e modificar a estrutura social vigente, garantindo assim a produção e reprodução da vida. Bohr (1995, p. 85) nos mostra que “o aspecto principal a reconhecer é que todo o conhecimento se apresenta dentro de um arcabouço conceitual adaptado para explicar a experiência prévia, e que qualquer referencial desse tipo pode revelar-se estreito demais para abranger novas experiências”. Somente uma compreensão sólida das leis que regem os fenômenos naturais pode permitir ao educando se posicionar a favor ou contra discussões, como por exemplo, a energia nuclear, de forma consciente e convicta de seus ideais.

O conhecimento é produto da atividade racional humana. É o resultado da interação sujeito e objeto. Quanto maior for o conhecimento adquirido por cada ser humano, maior será a sua capacidade de intervir nos processos naturais adequando-os com o objetivo de garantir a sua existência e reprodução, suprimindo as suas necessidades sociais. Conhecer é estudar o objeto, é verificar o que se pode extrair do mesmo. É destilar aquilo que em sua singularidade é representativo da totalidade. No nosso caso, “o propósito de qualquer teoria física é explicar o maior número possível de fenômenos. É justificável enquanto tornar os acontecimentos compreensíveis” (EINSTEIN; INFELD, 2008, p. 43).

Para que os alunos possam se apropriar desses conhecimentos é necessário uma organização do processo de ensino-aprendizagem. A didática é uma das responsáveis por fornecer os princípios, métodos e técnicas aplicáveis em

todas as áreas do conhecimento a fim de tornar mais eficaz o processo de ensino-aprendizagem. Auxilia a direcionar a aprendizagem em uma perspectiva que aglutine as dimensões humanas, técnicas e político-sociais.

Na organização do processo de ensino-aprendizagem um dos aspectos importantes é a seleção e organização dos conteúdos. Em nossa pesquisa, temos como objeto de estudo a análise de conteúdo presente no livro didático de Física do PNLEM. Centramos aqui nossa preocupação com o elemento conteúdo.

Em um primeiro momento, os conteúdos são selecionados para formar o currículo. Segundo Libâneo (1990, p. 451), os conteúdos de ensino são compostos por quatro elementos: conhecimento sistematizado, habilidades e hábitos, atitudes e convicções e capacidade cognoscitivas. Para o autor, o conhecimento sistematizado compõe-se por:

Conceitos e termos fundamentais das ciências; fatos e fenômenos da ciência e da atividade cotidiana; leis fundamentais que explicam as propriedades e as relações entre objetos e fenômenos da realidade; método de estudo da ciência e a história de sua produção; problemas existentes no âmbito da prática social (contexto econômico, político, social e cultural do processo de ensino e aprendizagem) conexos com a matéria.

Lopes (2007, p. 196), ao expressar-se sobre o conhecimento escolar, alerta que o mesmo “é produzido socialmente para finalidades específicas da escolarização, expressando um conjunto de interesses e de relações de poder, em dado momento histórico”. Nessa construção do conhecimento escolar estão inclusos o processo de seleção e organização dos conteúdos. No nosso caso particular, estamos falando da área da Física, que já tem seu campo de estudo e conhecimentos historicamente definidos e socialmente compreendidos como importantes para serem repassadas as novas gerações. Compreendemos os conteúdos de ensino na caracterização expressa por Libâneo (1990, p. 448):

Conteúdos de ensino são o conjunto de conhecimentos, habilidades, hábitos, modos valorativos e atitudinais de atuação social, organizados pedagógica e didaticamente, tendo em vista a assimilação ativa e aplicação pelos alunos na sua prática de vida. Englobam, portanto, conceitos, idéias, fatos, realidades, princípios, leis científicas, regras; habilidades cognoscitivas, modos de atividade, métodos de compreensão e aplicação, hábitos de estudo, de trabalho e de convivência social; valores convicções, atitudes. São expressos nos programas<sup>30</sup> oficiais, nos livros didáticos, nos

---

<sup>30</sup> Erros ortográficos no original.

planos de ensino e de aula, nas aulas, nas atitudes e convicções do professor, nos exercícios, nos métodos e formas de organização do ensino.

Essa primeira seleção está relacionada aos interesses imanentes da atual forma de sociabilidade. É a totalidade social que define quais as áreas de conhecimento que são importantes para serem ministradas às novas gerações.

Em um segundo momento, os conteúdos são selecionados para formar os programas de suas respectivas disciplinas. Dentre os vários campos de conhecimento desenvolvidos pela área da Física, estes são selecionados a fim de se formar um conjunto de conhecimentos a serem transmitidos igualmente a todos os alunos do sistema formal de ensino. Podemos relacionar, por exemplo, a Mecânica, a Termologia e Física Moderna como exemplos de áreas de estudo incluídas no programa da disciplina de Física.

Depois de selecionados, os conteúdos sofrem um processo de adaptação, ou seja, uma transmutação do conhecimento científico para conhecimento escolar, onde uma nova linguagem, mais próxima da utilizada pelos alunos, é empregada para facilitar o processo de ensino-aprendizagem. Libâneo (1990, p. 224) ao referir-se sobre o processo de organização do conhecimento científico para que componha em conteúdo de ensino nas matérias de estudo, afirma que este ocorre a partir de seus distintos campos, na perspectiva de articular dos processos específicos: “(...) de um lado, o conhecimento da realidade objetiva que circunda a vida humana e, de outro, o ensino das novas gerações para prover os indivíduos dos resultados do conhecimento, isto é, o saber sistematizado”. Esse processo de adaptabilidade do conhecimento científico em conhecimento escolar é denominado *transposição didática*<sup>31</sup>.

Chevallard (apud SANT'ANNA; BITTENCOURT; OLSSON, 2007, p. 76) demonstra que entre o conhecimento desenvolvido pela ciência e o conhecimento de ensino em sala de aula existe uma mediação que “molda” esse conhecimento transformando-o em conteúdo a ser transmitido aos alunos:

---

<sup>31</sup> O termo *transposição didática* foi inicialmente introduzida pelo sociólogo Michel Verret (1975) em sua tese de doutorado *Le temps des études* onde o autor faz um estudo sociológico da distribuição do tempo das atividades escolares. Posteriormente, o termo foi aprimorado e melhor apresentado por Yves Chevallard e Marie-Albert Johsua (1982), em um artigo a respeito da transposição da noção de distância, em matemática

Um conteúdo do conhecimento, designado como saber<sup>32</sup> a ensinar, sofre, então um conjunto de transformações adaptativas que vão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os *objetos de ensino*. O trabalho que, de um objeto de saber a ensinar, faz um objeto de ensino, é chamado de *transposição didática*. (grifo no original)<sup>33</sup>

Valente *et. al* (2006, p. 8), assinalam que para Chevallard o conhecimento passa pelos seguintes processos: “nascimento na comunidade acadêmica, assumindo modalidades e funções diferentes; exposição e difusão; reprodução e reconstrução social – produção didática, na qual as exigências não são as mesmas da produção acadêmica”. O conhecimento escolar, portanto, não é uma reprodução fiel do conhecimento científico.

A transposição didática é composta, assim, por três momentos distintos e interligados, apresentados por Almeida (2007, p. 10) ao analisar o trabalho desenvolvido por Chevallard (1991),

o *savoir savant* (saber do sábio), que no caso é o saber elaborado pelos cientistas; o *savoir a enseigner* (saber a ensinar), que no caso é a parte específica aos professores e que está diretamente relacionada à didática e à prática de condução de sala de aula; e último, o *savoir enseigné* (saber ensinado), aquele que foi absorvido pelo aluno mediante as adaptações e as transposições feitas pelos cientistas e pelos professores.

O saber científico foi desenvolvido e publicado pela atividade científica, ao longo de muitos anos por muitos personagens. Passou pela crítica, reformulações, aceitações e legitimação de outros cientistas. Pinho Alves (2000, p. 21), buscando compreender como se processa a transposição didática, nos demonstra que o conhecimento escolar é entendido como um novo conhecimento.

No ambiente escolar, o ensino do saber sábio se apresenta no formato do que se denomina de conteúdo ou conhecimento científico escolar. Este conteúdo escolar não é o saber sábio original, ele não é ensinado no formato original publicado pelo cientista, como também não é uma mera simplificação deste. O conteúdo escolar é um “objeto didático” produto de um conjunto de transformações.

---

<sup>32</sup> O uso do termo “saber” em lugar de conhecimento deve-se a necessidade de se traduzir mais adequadamente o texto original, em francês (*savoir*). Salientamos que em nosso trabalho, o termo “saber” é utilizado como sinônimo do termo “conhecimento”.

<sup>33</sup> Traduzido do original em francês pelos autores: “Un contenu de savoir ayant été designé comme savoir à enseigner subit dès lors un ensemble de transformations adaptatives qui vont le rendre apte à pendre place parmi les *objets d'enseignement*. Le travail qui d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement est appelé *la transposition didactique*” (CHEVALLARD, 1991, p. 39).

Mesmo tendo a transposição didática um papel fundamental na organização dos conteúdos de ensino, executar os programas das disciplinas é, em última instância, atividade do professor. Somente ele conhece a realidade de seus alunos, sua disposição e ferramentas para exercer a atividade docente.

Interessa-nos, ao analisar o livro didático, verificar como se apresenta o conhecimento científico nessas obras, pois é base do ensino, condição prévia para os demais conteúdos de ensino. No livro didático, a transposição didática se manifesta de maneira mais explícita, uma vez que nestes manuais estão os conhecimentos a serem ensinados, ou seja, o saber a ensinar. Pinho Alves (2000a) destaca que o “saber sábio”, produzido pelos cientistas são apresentados majoritariamente através de publicações científicas, em revistas especializadas, destinadas a um público alvo restrito, enquanto o “saber a ensinar” apresenta-se nos livros-textos ou em manuais e apostilas de ensino.

Negar ou ignorar a manifestação da transposição didática nos livros é conceber que o conhecimento ali presente é uma reprodução fiel de todos os conhecimentos desenvolvidos pela ciência, o que não é uma verdade, afirmam Sant’ana, Bittencourt e Olsson (2007). Não é objetivo deste trabalho verificar como ocorre a transposição didática no livro didático de Física, mas sim analisar o conhecimento científico transposto.

Durante o processo de transposição, Astolfi e Develay (1990, p. 48) chamam a atenção para o processo de “despersonalização e da descontemporização dos conceitos, quando se tornam objetos de ensino. Em vez de estarem ligados a questões científicas precisas a serem resolvidas, tornam-se ‘verdades de natureza’ [...]”. Os autores alertam para o perigo de que, assim, a natureza do conhecimento é alterada, perdendo sua dimensão real dos problemas enfrentados pelos cientistas durante suas observações e análises, suprimindo toda a sua história, não levando em consideração todas as redes de correlação com outros conceitos. Wu (2000, p. 132) destaca que esse processo ocorre quando o conhecimento científico é transformado em conhecimento escolar no livro didático de Física.

A física dos livros reduz a abrangência dos conceitos, evita quase sempre apresentar a complexidade da evolução das idéias, os seus antagonismos e contradições. Não segue a ordem histórica da ciência, parece seguir uma “lógica escolar” contingente, podendo criar elementos estranhos ao científico. Contudo, não se trata de vulgarização desse saber, trata-se de

um conhecimento incompleto, cuja natureza, limitada por múltiplas determinações, não permite abordar a totalidade das notas teóricas, mas mesmo assim *propicia uma acessibilidade ao saber científico* (grifo nosso).

Dessa forma, os conteúdos de ensino no livro didático ficam aquém do verdadeiro conhecimento científico elaborado. Por isso, observar como se encontra estruturado o conhecimento científico no livro didático, na forma de conteúdo sistematizado, nos possibilita compreender se os mesmos permitem aos alunos a apropriação de tal conhecimento ou se sofreram processos de esvaziamento deste, conforme alertado no capítulo anterior. Compreendida a forma como se processa essa transposição, passamos agora a discutir o papel do livro didático como meio disponibilizador desse conhecimento.

### **3.3 O Livro como Local de Expressão da Organização e Sistematização do Conhecimento Escolar**

Passamos agora a discutir o livro didático como instrumento que visa disponibilizar o conhecimento científico, transposto em conhecimento escolar, para que os professores possam transmiti-los aos seus alunos permitindo a sua assimilação. Garcia e Pivovar (2008, p. 3) ao analisar as relações entre professores e os livros didáticos justificam a necessidade de ampliar tais estudos em Física.

No sentido de buscar compreender a apropriação que os professores fazem quando produzem seus planejamentos e desenvolvem suas aulas usando esse recurso, entendido aqui como objeto da cultura escolar que pode ser apenas uma referência eventual entre outras, mas pode também tornar-se guia principal das ações docentes.

Segundo Lopes (1993) um pressuposto para análise de livros didáticos é o alto grau de fidelidade em relação aos conteúdos ensinados em sala de aula. Analisar o livro didático é analisar o conteúdo específico de determinada disciplina ensinada no país. Todavia, faz-se necessário apresentar o que compreendemos como sendo o livro didático no atual contexto escolar brasileiro. O entendemos como um dos recursos didáticos no qual se apresentam os conteúdos de forma sistematizada, para serem trabalhados pelas disciplinas escolares, separadamente. O material representa, no contexto da educação formal, uma ferramenta de grande

potencial do processo de ensino-aprendizagem; um orientador das práticas pedagógicas.

Para Molina (1987, p. 17),

todo livro, em princípio, presta-se a ser utilizado para fins didáticos, isto é, em situação deliberadamente estruturada com objetivo de ensinar algo a alguém. Isso não significa, entretanto, que qualquer livro utilizado para fins didáticos possa ser considerado um livro didático. No presente trabalho, entende-se como tal, uma obra escrita (ou organizada, como acontece tantas vezes) com finalidade específica de ser utilizada numa situação didática, o que a torna, em geral, anômala em outras situações.

Segundo o MEC (BRASIL, 2008, p. 5), o livro didático tem função, além de pedagógica, social, ao contribuir para a qualidade da educação brasileira e promover, assim, a inclusão social dos alunos que, devido a motivos econômico-financeiros, não têm acesso ao material. Portanto, a função do livro didático é contribuir para o processo de ensino-aprendizagem como um suporte didático que visa facilitar a transmissão de conhecimentos e auxiliar a apropriação destes pelos alunos. Segundo Oliveira, Guimarães e Bomény (1984, p. 111)

O livro como material didático, na atualidade, é mais do que uma ferramenta de trabalho para o professor. Com a evolução que teve, ocupa um papel de realce como veículo de reciclagem de conhecimentos dos professores, instrumento indispensável e insubstituível no desenvolvimento das aulas e está para o aluno como o prolongamento da ação do professor.

O livro didático deve estar em consonância com as questões legais brasileiras (Constituição Federal, Lei de Diretrizes e Base da Educação, Parâmetros Curriculares Nacionais, entre outros). Por isso, o PNLEM (BRASIL, 2008a, p. 11-12), em referência a Lei de Diretrizes e Base da Educação Nacional, Lei 9394/96, aponta que as finalidades do Ensino Médio são:

1. A consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento dos estudos;
2. 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;
3. O aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual do pensamento crítico;
4. A compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.

Com base nesses princípios, o PNLEM preconiza que o livro didático deve oferecer ao professor orientação para seu trabalho docente, não como único mecanismo do processo ensino-aprendizagem, mas como uma importante ferramenta e como tal deve ter um processo seletivo que englobe além de análises de estrutura física dos livros, também didático-pedagógicas. Segundo o Catálogo do PNLEM (BRASIL, 2008a, p. 17), destacam-se entre os vários objetivos do livro didático,

(i) favorecer a ampliação dos conhecimentos adquiridos ao longo do ensino fundamental; (ii) oferecer informações capazes de contribuir para a inserção dos alunos no mercado de trabalho, o que implica a capacidade de buscar novos conhecimentos de forma autônoma e reflexiva; e (iii) oferecer informações atualizadas, de forma a apoiar a formação continuada dos professores, na maioria das vezes impossibilitados, pela demanda de trabalho, de atualizar-se em sua área específica.

Para analisar o livro didático, Freitag, Motta e Costa (1989, p. 127) destacam que esse trabalho deve ser feito a partir de óticas diversas, pois o livro didático é um constructo elaborado em um contexto histórico-concreto, pois “a problemática do livro didático se insere em um contexto mais amplo, que perpassa o sistema educacional e envolve estruturas globais da sociedade brasileira: o Estado, o mercado e a indústria cultural”. Os autores destacam as questões históricas, políticas, econômicas, lingüística, psicopedagógicas e ideológicas. Além disso, eles alertam para os usuários do livro didático, ou seja, o professor e o aluno. Segundo Bittencourt (2003, p. 5),

As pesquisas e reflexões sobre o livro didático permitem apreendê-lo em sua complexidade. Apesar de ser um objeto bastante familiar e de fácil identificação, é praticamente impossível defini-lo. Pode-se constatar que o livro didático assume ou pode assumir funções diferentes, dependendo das condições, do lugar e do momento em que é produzido e utilizado nas diferentes situações escolares. Por ser um objeto de “múltiplas facetas”, o livro didático é pesquisado enquanto produto cultural; como mercadoria ligada ao mundo editorial e dentro da lógica de mercado capitalista; como suporte de conhecimentos e de métodos de ensino das diversas disciplinas e matérias escolares; e, ainda, como veículo de valores, ideológicos ou culturais.

Santos (2006, p. 51), ao procurar estabelecer critérios para escolha e seleção de livros didáticos de Química, ressalta que, “ao analisar o livro didático, visando estabelecer suas funções, percebe-se que existem três vertentes que

devem ser consideradas: a pedagógica, a político-ideológica e a econômica”. Em nosso trabalho, discutiremos o conhecimento ali presente. Assim, daremos atenção a primeira vertente apontada pela autora, em consonância com as questões político-ideológicas.

Para Freitas e Haag (2008, p. 2), ao analisar questões econômicas que envolvem o livro didático, o apresentam como sendo o “patinho feio” de sua categoria. Um dos fatores para o baixo padrão de qualidade, comparado a outros livros, deve-se ao fato de que

não necessitam ser tão atrativos nas prateleiras pois, geralmente, não são comercializados em livrarias. E no caso de serem comprados em livrarias, as pessoas que os procuram não tem o poder de decisão de compra, uma vez que precisam adquiri-lo por imposição de alguma instituição de ensino.

Santos (2006) alerta que, quando os alunos necessitam adquirir o livro, muitos professores acabam – no momento de sua seleção – dando um peso maior para questões gráficas e de preço, em detrimento à proposta pedagógica em si. Gráficas, por tornar o livro mais atraente ao aluno e assim promover sua utilização com mais frequência; e de preço, para facilitar a aquisição pelos pais. No caso do PNLEM, os livros são adquiridos pelo Governo Federal junto às editoras e, portanto, os critérios de escolha não precisam necessariamente estar baseados na questão preço.

Na questão qualidade, antes do envio para as escolas para escolha pelos professores, segundo o Catálogo do PNLEM (BRASIL, 2008a), o livro didático é analisado por uma comissão técnica do MEC que visa garantir cumprir os requisitos técnicos de qualidade física das obras, além dos aspectos conceituais, metodológicos e éticos afim de que essa obra possa realmente cumprir seu papel específico na educação. Porém, o que precisamos garantir é que os aspectos visuais não se sobressaiam sobre os aspectos conceituais.

As imagens estão cada vez mais presentes nos livros didáticos e corresponde a uma exigência sociocultural de valorização dos aspectos de natureza visual. O avanço das mídias (internet, televisão, jornais) leva a valorização das imagens em depreciação da escrita. Os recursos visuais ajudam a motivar os alunos e podem ser utilizados como incentivador de outras leituras. Nossas experiências no magistério permitem afirmar que as imagens contribuem no processo de ensino-

aprendizagem, desde que não sejam utilizadas analogias, caricaturas ou distanciamentos do verdadeiro conhecimento físico desenvolvido pela ciência. Segundo Leite, Silveira e Dias (2006, p. 78), o uso inapropriado de imagens e figuras gera “distorções conceituais que acompanham o aprendiz ao longo de sua formação, o que gera concepções errôneas acerca de teorias e conceitos científicos”. Bachelard (1996, p. 50) destaca que

no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno. A experiência é feita para ilustrar um teorema. [...]. Mais vale a ignorância total do que um conhecimento esvaziado de seu princípio fundamental

Lopes (1990) ao analisar os livros didáticos de química, faz uma crítica ao afirmar que os autores de livros didáticos, ao buscar facilitar o processo de ensino acabam exagerando no uso de metáforas e analogias em detrimento dos conceitos reais. Acabam distanciando o aluno do conhecimento científico ao instrumentalizar o assunto de forma pronta. Trata-se de um conhecimento adquirido em uma experiência primeira, sem aprofundamento que distanciam o aluno da ciência ao não permitir a problematização, gerando conhecimentos gerais, característicos do senso comum. A autora destaca que

A atenção para com a linguagem é fundamental, pois tanto ela pode ser instrumento para a discussão racional de conceitos altamente matematizados, como pode veicular metáforas realistas, pretensamente didáticas, que obstaculizam o conhecimento científico. O descaso para com as rupturas existentes na linguagem científica apenas tende a reter o aluno no conhecimento comum, e fazê-lo desconsiderar que a ciência sofre constantes mudanças e ratifica seus erros (LOPES, 2007, p. 170-171)

A linguagem presente nos livros didáticos é de suma importância para permitir ao aluno o domínio do conhecimento científico. Uma linguagem errônea ou incompleta acaba incrustando nos alunos conhecimentos errados, tornando-se obstáculos a abstração. Uma linguagem não científica somente tende a reter o aluno no conhecimento comum.

Sobre o foco do aspecto político-ideológico do livro didático, Faria (1986, p. 77), na análise dos livros didáticos da década de 1980, enfatizava que estes contribuíam para justificar e manter a realidade e, por conseqüência, reproduzi-la,

pois o material encontra-se descolado da realidade e não demonstra a condição de classes na qual a sociedade atual se molda.

O livro sistematiza a ideologia burguesa, amortiza o conflito realidade x discurso, dizendo que o verdadeiro é o segundo. Desta forma, diz que sua experiência é errada e desde que se esforce, estude, subirá na vida. Assim, o livro didático contribui para a reprodução da classe operária, porém, de posse da ideologia burguesa, portanto, conformista e passiva.

Não se trata de uma questão contemporânea, pois desde a introdução dos programas de distribuição de livros didáticos, no período do Estado Novo, os mesmos apresentavam questões ideológicas conforme apontam as análises de Freitag, Costa e Motta (1989).

Oliveira, Guimarães e Bomény (1984, p. 11) destacam a importância política e cultural do livro didático “na medida em que reproduz e representa os valores da sociedade em relação a sua visão da ciência, da história, da interpretação dos fatos e do próprio processo de transmissão do conhecimento”. Neste contexto da sociabilidade capitalista, a classe burguesa detém as idéias dominantes e por isso busca impregnar sua ideologia na sociedade, incluindo o livro didático. Com a intenção de controlar a transmissão de conhecimentos para a classe operária, acabam por reforçar a cisão entre estes e a realidade posta. Os conhecimentos são articulados para atender os interesses da classe burguesa. Aspectos históricos, filosóficos e culturais a respeito da produção do conhecimento sofrem interferência direta desta ideologia, o que traz conseqüências para as questões teórico-pedagógicas. Por isso, os aspectos ideológicos interferem diretamente na questão conhecimento a ser transmitido, uma vez que, nesse contexto histórico-concreto, o conhecimento é um mecanismo possibilitador da luta pela emancipação humana.

Coimbra (2007, p. 46-47), ao analisar a história e evolução do livro de ciências no Brasil mostra que ao longo dos anos eles vêm apresentando praticamente as mesmas características. São elas:

- O ensino de ciências/ física não foi valorizado;
- Ensino voltado para teoria e experimentação deixada de lado;
- Ensino de ciências voltado para vestibular, moldando comportamento de professor e aluno, currículo, tipo de avaliação, eliminação de aulas de laboratório e o tipo de livro.
- A classe dominante que detém o poder é a que faz as reformas, de acordo com os seus interesses, para que a mesma continue no poder.

- O movimento curricular ocorrido entre 1950 e 1980 foi inicialmente estimulado por fatores externos, principalmente do interesse dos norte-americanos, mas também foi estímulo para o desenvolvimento de projetos nacionais, adequados à realidade brasileira.
- Professores com número excessivo de aulas, devido aos baixos salários, não se atualizam, portanto não buscam melhores livros didáticos.
- Livros didáticos que apresentam a ciência como pronta e acabada, retirando o seu aspecto dinâmico de interação homem/conhecimento/contexto histórico.
- Livros didáticos com ênfase conceitual, em especial na formalização matemática.
- Livros “preocupados” somente em preparar para o ingresso no ensino superior.
- Livros que pouco têm contribuído para a formação de uma cultura científica.

Megid Neto e Fracalanza (2003, p. 154) alertam que nos últimos anos, os livros didáticos de ciências, desde os anos 80 do século passado, não acompanharam as reformulações das diretrizes curriculares e dos próprios PCN's. Desta forma, os autores alertam que “os atuais livros didáticos de Ciências correspondem a uma versão livre das diretrizes e programas curriculares oficiais em vigência”. Sobre isso, destacam Rosa e Rosa (2005), que o vestibular, desde sua implementação como forma de acesso ao Ensino Superior na década de 1910, apresenta crescente implicação no modelo de ensino. Atualmente trata-se, segundo os autores, do “carro chefe” no processo de seleção e organização do conteúdo, inclusive no Ensino de Física. Basta se observar a grande quantidade de exercícios e atividades oriundas das provas de vestibular aplicadas em todo o território nacional, presentes no livro didático. Isso leva muitas vezes ao desvio do verdadeiro objetivo da educação, a transmissão-assimilação dos conhecimentos desenvolvidos, por uma simples formulação de macetes de linguagem ou matemáticos para aplicação imediata nas provas de concursos diversos.

O livro didático, além de um apoio instrumental nas aulas de ciências, vem sendo utilizado como um guia metodológico das ações e dos planos didático-curriculares. Dentre as funções pedagógicas do livro didático, destacamos a transmissão do conhecimento. Conhecimentos estes que são controlados pela ideologia dominante. Conforme apresentamos anteriormente, um dos requisitos básicos para uma atividade educativa que visa à emancipação humana das condições de exploração de classe é o domínio dos conhecimentos específicos. Não basta apenas um conhecimento tácito, é necessária a assimilação do mais alto conhecimento possível em cada área, pelos nossos alunos. Para tal, os mesmos

precisam apropriar-se do mais vasto campo possível de conhecimentos desenvolvidos pela humanidade.

Megid Neto e Fracalanza (2003, p. 151) ressaltam que os livros didáticos atuais não representam uma versão fiel do processo de produção e elaboração do conhecimento científico, como expressamos ao explanar sobre a transposição didática. Alertam para o fato de que

Apesar de todos os esforços empreendidos até o momento, ainda não se alterou o tratamento dado ao conteúdo presente no livro didático que configura erroneamente o conhecimento científico como um produto acabado, elaborado por mentes privilegiadas, desprovidas de interesses político-econômicos e ideológicos, ou seja, que apresenta o conhecimento como verdade absoluta, desvinculando do contexto histórico e sociocultural.

Pinsk (1985) esboça alguns pontos que um bom livro didático deve contemplar para que apresente um perfil crítico, dentro os quais destacamos que não deve ser descartável; ser agradável, bem feito; apresentar uma visão sobre assuntos importantes a partir de abordagens diferentes; manter o respeito ético entre diferentes grupos sociais; deve mostrar as semelhanças e estimular a fraternidade entre as nações, respeitando a pluralidade cultural; demonstrar as diferenças entre as classes sociais, suas lutas históricas elaborando uma consciência política, não deve ser único e nem simbolizar monopólio do saber.

Podemos perceber que no último tópico o autor destaca que o livro não deve ser o detentor do saber absoluto, como única opção de fonte de conhecimento. A respeito disso, Wu (2000, p. 21), ao analisar o saber físico presente nos livros didáticos, exalta a influência que o mesmo pode vir a exercer no processo de ensino-aprendizagem, porém o mesmo destaca importância do domínio dos conteúdos pelos professores, demonstrando que, por melhor que esteja estruturado o livro didático, a apropriação dos conhecimentos por parte dos alunos está muito mais ligada à capacidade e comprometimento do professor, do que a qualidade do livro didático.

Dada a influência que os livros didáticos exercem no processo escolar, eles poderiam (ou não) favorecer uma visão mais criativa da ciência, mostrando a dinâmica de sua estrutura e a história dos seus sujeitos e objetos. A qualidade e o modo de organização desse conteúdo poderiam facilitar o trabalho pedagógico. Contudo, para que os resultados de uma aproximação com a ciência cheguem a se concretizar e possam propiciar ao aluno uma visão científica mais autêntica, é preciso que o professor domine toda essa complexidade. Esse resultado pode depender, mais do que dos livros e

currículos, do trabalho do professor, de como ele se apropriou desse conhecimento, as peculiaridades de sua formação científica e da consciência que tenha dos fundamentos de seu trabalho, o que ressalta a necessidade de atenção especial para a formação do educador.

O autor continua sua exposição evidenciando que o livro didático é um recurso pedagógico importante para professores e alunos e como tal deve também ter seu comprometimento com o processo ensino-aprendizagem. Nessa mesma linha de pensamento, Almeida (2007, p. 27-28) faz um comparativo da educação com um sistema computacional, onde qualquer material didático é como um hardware, que não tem serventia alguma se não houver um software, ou seja, um programa funcional sobre ele. Assim,

jamais os livros, as apostilas, os computadores e os laboratórios conseguirão educar, construir uma experiência verdadeira em relação à escola. Todos esses elementos são importantes para a construção do processo educativo. No entanto sozinhos eles não querem dizer nada. [...] é o professor o melhor “software” de todos. Ele é o elemento de maior força.

Deste modo, como afirmamos anteriormente, o professor deve ter o domínio dos conteúdos a serem ministrados em sala de aula. Não adianta termos um livro didático, digamos “perfeito”, se o professor não se dispuser a transmiti-lo aos alunos. Os professores da educação básica, segundo Megid Neto e Fracalanza (2003), estão fazendo constantemente adaptações dos livros didáticos a sua realidade escolar e as suas convicções pedagógicas. Para Ruggiero e Basso (2003), não é o livro a instância maior de decisão sobre o que ensinar, de que maneira ensinar e quanto a se ensinar. Cabem sim ao professor tais decisões, pois somente ele tem a prerrogativa de antecipar os resultados e propor assim metas e objetivos-fins. No entanto, a organização do livro didático pode facilitar ou dificultar esse processo.

Devemos garantir que os conteúdos não se apresentem de forma defasada e esvaziada, mas que nutram uma completa apropriação pelos nossos alunos. Dessa maneira, o livro didático não deve ser um mero artigo de venda – com funções apenas mercadológicas –, tão pouco um disseminador da ideologia dominante ou um portador de conhecimento tácito. Deve propagar-se como uma verdadeira ferramenta a ser utilizada por alunos e professores durante o processo de ensino-aprendizagem. Afirmamos aqui a nossa preocupação com o ensino público deste país, em que a grande maioria de seus alunos só tem acesso ao livro

didático quando fornecido gratuitamente pela escola. Por isso, devemos analisar, a cada novo programa do MEC, a cada nova reimpressão por parte das editoras e a cada substituição, os livros didáticos ofertados para os estudantes das escolas públicas.

### **3.4 O Ensino de Física Moderna: uma nova maneira de pensar**

Neste tópico caracterizamos a importância da inserção da Física Moderna no Ensino Médio. Justificamos a necessidade de sua transmissão aos alunos, uma vez que um dos requisitos para uma atividade educativa que vise possibilitar a emancipação humana é o domínio dos conteúdos específicos. Defendemos que estes conteúdos devem ser os mais avançados desenvolvidos pelo homem. No caso do Ensino de Física o conteúdo de Física Moderna se apresenta como um dos mais avançados no termo de complexidade de abordagem do real.

Com os avanços dos conhecimentos, tecnologias e racionalidades a respeito da natureza o homem cada vez mais necessita apropriar-se do conhecimento mais elevado desenvolvido pela Física para que os seres humanos possam compreender a realidade, poder intervir e participar da construção da sociedade. Na Física, compreendemos que esses conhecimentos são os advindos da Física desenvolvida no Século XX que constitui área Física Moderna.

Em um discurso na Royal Society, em abril de 1900, William Thomson, o Lord Kelvin, afirmou “Atualmente pairam apenas duas pequeninas nuvens cinzentas sobre o céu cristalino da Física”. Destas duas pequenas nuvens cinzentas surgiram a Relatividade e a Mecânica Quântica que deu um novo significado e revolucionou a Física.

Essa nova Física traz consigo uma mudança na forma de analisar a realidade, com reflexos nas questões epistemológicas de produção do conhecimento. A passagem da Física Clássica para a Física Moderna é realizada através de uma grande ruptura. Essa ruptura é iniciada por vários trabalhos<sup>34</sup> que

---

<sup>34</sup> Podemos destacar como exemplos o efeito Zeeman, do holandês Pieter Zeeman (1865-1943); os raios X, descobertos por Wilhelm Conrad Röntgen (1865-1923); a Radioatividade, estudado por Henri Becquerel (1852-1908) juntamente com o casal Pierre (1859-1906) e Marie Sklodowska Curie (1867-1934), a confirmação da existência do elétron, já prognosticado por Faraday e confirmado por J. B. Perrin (1870-1942) e J.J. Thomson (1856-1940).

reordenaram a ciência deslocando o olhar do macro para o micro dando início aos estudos a respeito da Física Atômica.

Em 1900, Max Planck (1858-1947) introduziu na ciência o conceito de *quantum*<sup>35</sup>, derrubando o conceito de *continuidade* que a ciência tinha da natureza. A energia emitida por um corpo não é contínua e sim definida por quantidades mínimas e finitas, estabelecendo como central nesse debate a *descontinuidade*. Os estudos de Planck revelaram que a energia não era absorvida ou emitida de forma contínua, mas em múltiplos de uma quantidade mínima, o *quantum*. Schrödinger (1997) afirma que a descontinuidade das medidas foi a grande revolução realizada pela teoria quântica, idéia absurda do ponto de vista da mecânica newtoniana.

Nesse momento, a Física Moderna começa a se estruturar. Na seqüência, podemos destacar a comprovação da existência do átomo com os estudos de Albert Einstein (1879-1955) a respeito do movimento browniano e a junção dos conceitos de massa e energia, que até então não se combinavam, em uma única teoria, partir dos estudos sobre a relatividade. Sobre essa ruptura que deu uma nova roupagem à ciência Física, Einstein e Infeld (2008, p. 166) destacam que

A física clássica introduziu duas substâncias: matéria e energia. A primeira tinha peso, mas a segunda não. Na física clássica, tínhamos duas leis da conservação: uma para a matéria e outra para a energia. [...] De acordo com a teoria da relatividade, não há distinção essencial alguma entre massa e energia. Energia tem massa e massa representa energia. Em vez de duas leis da conservação, temos apenas uma, a de massa-energia.

A teoria da relatividade surgiu do problema do campo elétrico, porém acabou atingindo todas as leis da física. Em velocidades próximas a velocidade da luz, onde ocorrem os fenômenos eletromagnéticos, as leis da mecânica clássica não são válidas. Na física clássica o tempo é absoluto e igual para todos os observadores, na física relativista, o tempo de colisão ou movimento de qualquer partícula é diferente para cada observador. A partir da Teoria da Relatividade, não bastam três dimensões para identificar a posição de um objeto, mas quatro. O universo passa a ser quadridimensional<sup>36</sup>, onde quatro números definidos identificam

---

<sup>35</sup> *Quantum* significa, em latim, quantidade. No plural, quanta.

<sup>36</sup> Segundo Baptista (2006, p. 547), "Einstein mostrou o que é um evento físico – um ponto no espaço-tempo – que tem uma existência objetiva, sendo, portanto convenientemente descrito no tempo e no espaço dentro de uma realidade geométrica a quatro dimensões. Desta forma, como os fenômenos físicos são constituídos de eventos que se sucedem e se harmonizam no espaço-tempo, as leis básicas que descrevem o comportamento essencial das transformações da natureza devem,

qualquer acontecimento. A dilatação do tempo e contração do comprimento em altas velocidades vem contra os paradigmas newtonianos, estabelecendo uma nova ordem na física.

Os estudos a respeito da estrutura atômica<sup>37</sup>, após a confirmação de sua existência por Einstein, fecundaram o desenvolvimento de um instrumental matemático denominado Mecânica Quântica que, segundo Chassot (2004, p. 233), “implicava uma revisão profunda do conceito de causalidade e determinismo em física”.

Werner Heisenberg (1901-1976) insere na física o modelo probabilístico e o Princípio da Incerteza. Esse princípio surge das tentativas teóricas de se determinar a órbita exata dos elétrons em um átomo. Na velocidade da luz é impossível determinar com precisão a posição de um objeto, “a razão disso é que se fosse possível manter um elétron imóvel tempo suficiente para que sua posição fosse determinada, já não seria possível determinar seu momento” (BRENNAN, 2003, p. 182). Não podemos prever um sistema isolado, uma partícula, um átomo. Somente é possível pensar em um agregado de sistemas idênticos.

Todos esses acontecimentos, entre outros, produziram calorosos debates no campo da ciência. Talvez nenhum tenha tido tanta importância ou destaque quanto o realizado no Instituto Internacional de Solvay, em Bruxelas, no ano de 1927. Nesta conferência estavam presentes 29 dos maiores nomes da ciência moderna, sendo que destes 17 possuíam ou receberiam o Prêmio Nobel (Veja Anexo III). A recém-nascida Teoria Quântica tornou-se pauta dos principais debates entre Einstein e Bohr, marcados pela importância dada à filosofia da ciência. As três décadas iniciais do século XX deram toda uma nova roupagem a compreensão humana a cerca da natureza, propiciando uma das mais significativas rupturas no campo da ciência.

---

necessariamente, ser expressas em linguagem quadridimensional para que seu significado formal alcance sua maior generalidade”.

<sup>37</sup> Destacamos aqui os trabalhos realizados por Ernest Rutherford (1871-1937), sobre a radiatividade e a transmutação dos elementos decorrentes das emissões radioativas que ajudaram a construir o primeiro modelo nuclear do átomo; por Niels Bohr (1885-1962) a respeito dos estados estacionários dos elétrons e a quantização dos mesmos, onde os elétrons se encontravam dispostos em níveis energéticos, os orbitais; por Louis de Broglie (1892-1986) nos estudos sobre a dualidade do comportamento dos elétrons (dualidade partícula-onda); por Erwin Schrödinger (1887-1961) no desenvolvimento da mecânica quântica que permitiu descrever matematicamente os diferentes orbitais; e por Werner Heisenberg (1901-1976) ao inserir o modelo probabilístico e o Princípio da Incerteza.

Heisenberg *et al*, (2000) destaca que a ciência está entre o homem e a natureza e que a lei da natureza não poder ser completamente objetiva, pois o conceito de lei é puramente humano. Einstein e Infeld (2008, p. 236) assim denominam esse novo caráter da ciência:

A física quântica abandona as leis individuais das partículas elementares e enuncia *diretamente* as leis estatísticas que governam os agregados. É impossível, com base na física quântica, descrever posições e velocidades de uma partícula elementar ou prever sua trajetória futura como na física clássica. A física quântica lida apenas com agregados, e suas leis são para aglomerados e não para indivíduos. (grifo no original)

Enquanto a física clássica descreve objetos em um tempo e espaço definidos, a dualidade partícula-onda, a radiação, difração e a emissão de linhas espectrais não permitem uma visão presa a um espaço e tempo. A Física Quântica possui um caráter estatístico probabilístico: “a ciência se viu obrigada a limitar a aplicabilidade das leis enunciadas por Newton, restringindo-as geralmente à descrição de fenômenos macroscópicos, lentos e contínuos quando comparados aos fenômenos atômicos, quantizados” (ROCHA FILHO, 2003, p. 34).

Abandonar os preceitos de verdade da Física Clássica em favor de uma nova concepção da realidade é uma tarefa difícil. Zohar (1990, p. 23) afirma que “as categorias newtonianas de tempo, espaço, matéria e causalidade impregnaram tão profundamente toda nossa percepção de realidade que emprestam sua cor a todos os aspectos de nossa forma de pensar sobre a vida”. Pensar em uma nova realidade, imaginar um novo mundo que suplanta todos os conceitos de verdade em Newton para uma nova concepção, não só na Física, mas também filosófica, requer uma revisão geral em nossos conceitos.

Heisenberg (1995, p. 142), ao discutir o papel que a Física Moderna exerce sobre a evolução do pensamento humano, destaca o fato de a mesma ter penetrado em sociedades que apresentam tradições culturais e religiosas distintas, uma vez que o produto desse ramo da ciência, o conhecimento, se expressa na engenharia, da medicina, da indústria e, portanto, traz retornos econômicos. O autor destaca que

Foi a penetração da ciência, nos domínios mais recônditos da Natureza, que veio permitir aos engenheiros a utilização de forças naturais que o passado mal conhecera; aqui, o conhecimento preciso dessas forças, em

termos de uma formulação matemática das leis que as governam, veio propiciar base sólida para a construção de todo tipo de maquinário.

Sem dúvidas, esse avanço do conhecimento científico possibilitou o desenvolvimento tecnológico humano e alterou profundamente as condições de vida na Terra. Segundo Piza (2007, p. 202), em quase um século, a Física Moderna tornou-se “um ingrediente básico e ‘geral’ para a descrição física do mundo”. Para o autor, isso é evidenciado pelo fato de que, até o presente momento, ela mantém-se “invicta as constantes confrontações com o mundo real, representado aqui pelo que pode ser efetivamente observado e medido”. Mesmo assim, ela não tornou-se “amigável” devido ao fato de quem as perguntas por ela respondida não podem ser feitas a partir do senso comum ou de um ponto de vista clássico.

Compreender o atual avanço tecnológico e os caminhos pelo qual a ciência moderna trilha requer, entre outros fatores, a apropriação dos conceitos da Física Moderna. Como podemos discutir com nossos alunos o desenvolvimento das tecnologias nucleares, sejam elas para fins pacíficos como a produção de energia, ou armamentista, como no caso das bombas nucleares, se nossos conhecimentos não abrangem essa área? Defendemos a inserção desse ramo da ciência no Ensino Médio, como uma nova forma de pensar, em primeiro lugar, a realidade natural em que vivemos, e, em segundo lugar, perceber que a realidade social é produto das ações humanas e passível de transformações.

Sobre o ensino de Física, Zanetic (1989) destaca que o mesmo deve disponibilizar aos alunos conceitos e modelos matemáticos para resolução de problemas presentes no real, demonstrar que o conhecimento é elaborado a partir de experimentos empíricos e teóricos, conceber a ciência como um produto humano e, portanto, desenvolvido em um contexto histórico-social, inter-relacionar a ciência física ao mundo cotidiano real, ao universo tecnológico com o objetivo final de formar cidadãos críticos e atuantes na sociedade, permitindo-lhes posicionar-se diante das discussões atuais.

Sobre os conhecimentos de Física, as orientações curriculares afirmam que “uma formação crítica exige por parte dos sujeitos a capacidade de discutir abertamente questões resolvidas em instâncias tecnocráticas, que devem ser amparadas em *sólida formação científica e tecnológica*” (grifo nosso) (BRASIL, 2008b, p. 47). Isso demonstra que esses parâmetros têm como perspectiva a apropriação dos mais avançados conhecimentos.

Com esse pensamento, as *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* expressam que o ensino de Física como cultura deve possibilitar a compreensão do mundo:

Propomos que o ensino da Física seja pensado a partir do processo: *situação – problema – modelo*, entendendo-se “situação” nesse caso como a referência de uma idéia física. Essa é uma característica da Física: fazer modelos da realidade para entendê-la; obter meios para encarar um problema. (...). Assim, a utilização do conhecimento físico na interpretação, no tratamento e na compreensão de fenômenos mais complexos deveria ser entendida também como “conteúdo” indispensável, pois ao mesmo tempo em que possibilita a aquisição de competências, demonstra a potencialidade e a necessidade de trabalhar conteúdos mais abstratos da Física, de modo que o conhecimento dos fenômenos da realidade passa necessariamente pela abstração. (BRASIL, 2008b, p. 53) (grifo no original)

De acordo com o texto acima, inferimos que a compreensão dos conhecimentos mais complexos advindos da Física são os desenvolvidos no século XX, ou seja, os da Física Moderna.

Terrazzan (1992, 1994) defende a inserção da Física Moderna ainda no Ensino Médio, pois pode ser esta a última possibilidade de contato do aluno com esse campo da ciência, uma vez que este pode optar por cursos de graduação onde esse tema não é abordado ou ainda, como na maioria dos casos, pelo fato de ser este o último estágio educacional de muitos alunos. Segundo o autor, o objetivo do Ensino de Física no Ensino Médio é permitir ao aluno observar, compreender e interpretar o cotidiano que o cerca. Dentro da perspectiva de ensino que aqui defendemos, Terrazzan (1992, p. 213) destaca que no Ensino Médio, “devemos estar formando um cidadão, pronto para sua participação na sociedade. Sua formação deve ser global, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de compreensão desta mesma realidade”.

A Proposta Curricular de Santa Catarina destaca que muitos se opõem ao ensino da Teoria Quântica, por exemplo, em Física enquanto seu uso pela Química para explicar os modelos atômicos é de suma importância.

Há quem se oponha ao fato de a física do ensino médio lidar com a teoria quântica. É curioso que, ao mesmo tempo, se aceite que a química do ensino médio faça uso destes elementos quânticos da física, para explicar a regularidade nos saltos de comportamento dos elementos químicos, os quais resultam na tabela periódica (SANTA CATARINA, 1998, p. 137).

Karam, Souza Cruz e Coimbra (2006) destacam como justificativa para os diversos apelos para modificação dos currículos escolares, com objetivo de inserir tópicos de Física Moderna e Contemporânea, a ampliação da capacidade de abstração dos educandos.

Peduzzi e Basso (2005, p. 545) afirmam que “a inserção da física moderna e contemporânea no Ensino Médio brasileiro é necessária e indiscutível. Nessa perspectiva, o livro didático é uma referência básica, pois representa a principal, se não a única, fonte de consulta do professor na preparação de suas aulas”. Porém, as resistências aparecem principalmente na falta de preparo dos professores para lidar com tais conteúdos, tanto em nível conceitual quando epistemológico. Por isso, evidenciamos no capítulo anterior, que o momento predominante de um professor de Física, no processo de possibilitar a emancipação humana, não é tão somente o seu compromisso político, mas principalmente o de seu domínio dos conteúdos específicos.

Tudo isso está preconizado nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNS's) e Orientações Curriculares Nacionais (OCN's) (BRASIL, 2000, 2002, 2008), onde destacamos que

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

A Proposta Curricular de Santa Catarina defende a “necessidade indiscutível de tratar de conhecimentos e teorias mais modernas, mesmo considerada a fragilidade dos conhecimentos de física clássica pelos alunos e também pelos professores” (SANTA CATARINA, 1998, p. 137).

Compreendemos que a Física Moderna é um vasto campo, com conhecimentos suficientes para ser explorado por um professor durante todo um ano

letivo. Podemos nos perguntar: o que ensinar em Física Moderna? Heisenberg (1995, p. 28) afirma que a melhor maneira de se compreender a Física Moderna é “através de uma descrição histórica do desenvolvimento da teoria quântica”. Ele afirma que este é um pequeno universo de toda a ciência moderna, mas expressa ainda que “foi na teoria quântica que ocorreram as mudanças fundamentais no que diz respeito ao conceito de realidade e é mais nessa teoria, em sua forma final, que as novas idéias da física atômica estão concentradas e cristalizadas”.

Um livro que pretenda abordar a Física Moderna não pode deixar de apresentar a forma histórica como foi elaborado esse conhecimento, nem deixar de mencionar a Física Quântica que se expressa de maneira mais ostensiva no que diz respeito ao estudo da estrutura atômica (Modelos Atômicos, Radioatividade, Mecânica Quântica). Não deve deixar de abordar também a Relatividade, pois é a partir dela que espaço e tempo deixam de ser grandezas constantes na natureza. Também é nesse tópico que massa e energia, duas grandezas diferentes, expressam o mesmo objeto.

Nessa perspectiva é que no próximo capítulo faremos a análise da área de Física Moderna presente nos livros didáticos do PNLEM. Essa análise abordará os conteúdos, no que se refere às questões históricas de produção do conhecimento, a forma de abordagem dos conteúdos nessas obras e aspectos didáticos e metodológicos de transmissão deste conhecimento.

## 4 A FÍSICA MODERNA NOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLEM

*Para uma tecnologia de sucesso,  
a realidade deve ter prioridade sobre as relações públicas,  
pois a Natureza não pode ser enganada.*

Richard Feynman  
(1918-1988)

A análise dos livros didáticos, como mencionado anteriormente, parte do livro didático do professor. A opção por este livro e não o do aluno é fato deste conter, além do conteúdo destinado ao aluno, as instruções do autor para o professor, aqui denominado *Manual do Professor*<sup>38</sup>.

Os dados serão expostos em quatro etapas. No primeiro tópico será abordado o que autor informa no *Manual do Professor* e as informações contidas no *Catálogo* do PNLEM sobre a inserção da Física Moderna no Ensino Médio e o conteúdo contido no livro didático. A partir disto realizamos a análise do conteúdo específico de Física Moderna. O segundo tópico faz a análise das questões históricas da Física, as revoluções e quebras de paradigmas provados pelas descobertas da Física Moderna. O terceiro tópico expõe os dados relativos à abordagem deste conteúdo pelos autores. O quarto tópico verifica os aspectos didáticos e metodológicos utilizados pelo autor para expor estes conhecimentos relativos a Física Moderna.

Para padronizar essa análise, os resultados de nossas observações são apresentados na seguinte ordem bibliográfica: Gaspar (2005a), Gonçalves Filho e Toscano (2007a), Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c), Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c) e Sampaio e Calçada (2005a). Ao final de cada tópico, apresentamos um quadro de análise comparado os diversos autores.

Nossos comentários são apresentados nas considerações finais, na qual buscamos responder os questionamentos apresentados quando expomos o presente problema de pesquisa.

---

<sup>38</sup> Denominamos *Manual do Professor* o suplemento pedagógico que acompanha o livro do professor e que não faz parte do livro do aluno. Trata-se um texto para apoio a prática docente, com informações sobre a estrutura da obra, planos de ensino, respostas dos exercícios, além de informações sobre o Ensino de Física com base nos PCN's.

## 4.1 Física Moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores

Como anuncia a epígrafe desse capítulo, para termos uma tecnologia de sucesso, o conhecimento a respeito da realidade da Natureza deve sobrepor-se às relações sociais. Neste tópico, verificamos o posicionamento dos autores no que se refere à inserção da Física Moderna no Ensino Médio.

### 4.1.1 “Desafio motivador”

O livro de Gaspar (2005a), em volume único, é dividido em quatro unidades: Mecânica; Ondas e Óptica; Termodinâmica; Eletromagnetismo. O conteúdo de Física Moderna é abordado em um último capítulo, não vinculado a nenhuma das unidades anteriores. No Catálogo do PNLEM (BRASIL, 2008a) não encontramos informações sobre a presença ou não da Física Moderna nesta obra. No *Manual do Professor*, Gaspar (2005b) ressalta que o livro apresenta um panorama da Física atual construída no século XX. Trata-se de uma breve abordagem com algumas idéias que o autor considera mais relevante para o Ensino Médio. Porém, defende enfaticamente a inserção da Física Moderna no Ensino Médio.

É muito importante que o professor tente apresentá-lo aos seus alunos. A inexistência de qualquer referência à física moderna no Ensino Médio é tão absurda como insustentável. Não é possível que se ensine uma ciência com uma desatualização de quase 150 anos. (GASPAR, 2005b, p. 4)

O autor ainda considera que desculpas como o fato de serem idéias de difícil compreensão ou da necessidade de uma matemática avançada não são argumentos para excluir esse conteúdo do Ensino Médio. Para ele, qualquer conteúdo de Física pode tornar-se complexo o bastante dependendo da abordagem. Compreende que o professor precisa dispor-se a estudá-la e a enfrentar seus medos para que a Física Moderna possa ser inserida no Ensino Médio.

Se o professor se dispuser a estudar e apresentar esse capítulo aos alunos, vai se surpreender com a simplicidade de alguns conceitos. Não é a matemática ou a complexidade dos conceitos que tornam a física moderna difícil, mas o inusitado de muitas idéias. Não há dificuldade em compreendê-las; difícil é aceitá-las, o que não é um problema, mas uma solução.

O desafio que essas idéias apresentam em termos de visão e compreensão do universo em que vivemos é extraordinariamente motivador, principalmente para o adolescente, sempre ávido por idéias novas e revolucionárias.

Temos a certeza de que os alunos se entusiasmarão muito mais com a física que os coloca diante de questões vivas e atuais do que com a física “singela” dos carrinhos, bloquinhos e planos inclinados da qual os professores tanto gostam (GASPAR, 2005b, p. 4).

Fica explícito aqui que o autor defende a inserção da Física Moderna no Ensino Médio, apesar do Catálogo do PNLEM não apresentar informações sobre isso.

#### 4.1.2 “Dar condições aos alunos de compreenderem as notícias veiculadas”

O livro de Gonçalves Filho e Toscano (2007a) não apresenta em seu índice nenhuma menção a um capítulo, unidade, apêndice ou anexo específico para a Física Moderna. A obra, em volume único, está dividida em três grandes unidades: Mecânica; Física Térmica e Óptica; Eletricidade e Magnetismo. Precisamos analisar o seu conteúdo.

No livro didático disponibilizado ao aluno os autores mencionam a Física Moderna em sua introdução. Gonçalves Filho e Toscano (2007a) expõem a Física como uma ciência em transformação que investiga os fenômenos da natureza. No campo da pesquisa relaciona-se diretamente com as demais ciências naturais, como a química, a astronomia e a biologia. Realizam um breve relato do desenvolvimento da Física, desde os antigos gregos até os estudos atuais. Sobre a Física Moderna, os mesmos mencionam que

Na primeira metade do século XX, ocorreu uma nova transformação na compreensão dos fenômenos físicos, que possibilitou a origem da física quântica. A estrutura da matéria foi o principal foco de investigação desse período. Bohr propôs uma nova concepção para o átomo com base nas idéias de Thomson e Rutherford. Na mesma época, Planck construiu o conceito de “pacotes” de energia, com o qual Einstein interpretou um fenômeno já conhecido, mas até então não explicado: o efeito fotoelétrico.

Na segunda metade do século XX, os físicos já haviam enumerado uma lista considerável de partículas que formam o núcleo. A constituição do átomo não compreende apenas elétrons, prótons e nêutrons; estes dois últimos são formados por partículas ainda menores, denominadas *quarks*, cuja existência foi prevista teoricamente pelo físico Gell-Mann, em 1964. A partir de então, os físicos admitem a existência de seis tipos de *quarks*, denominados *up*, *down*, *strange*, *charm*, *bottom* e *top*. Todos foram descobertos nessa mesma época. O *quark top* foi o último a ter sua

existência confirmada, 1994. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2007a, p. 10) (Grifo no original)

Na seqüência, os autores explanam sobre as unidades contidas no livro didático, sem mais nenhuma menção a Física Moderna. Apesar da citação acima se encontrar em uma seção denominada “*O que você vai estudar nesse livro...*”, nenhuma referência a este tópico é feita na seqüência, nem como os motivos pelo qual este conteúdo não se encontra no livro didático.

Uma análise do *Manual do Professor* evidencia que a Física Moderna não se encontra estruturada no livro como um tópico específico. O documento denominado *Assessoria Pedagógica* da editora – presente no Livro do Professor – indica apenas um texto denominado “*Núcleo atômico e a alquimia do século XX*”, como um suplemento capaz de dar “condições aos alunos de compreender as notícias veiculadas em jornais e revistas de divulgação científica sobre estrutura da matéria e usinas nucleares” (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2007b, p. 28). Este suplemento, informado pelos autores, é constante do *Manual do Professor*. Contém textos complementares com informações sobre alguns tópicos da Física e objetivam explorar um pouco mais tais assuntos, mas não de forma obrigatória e sim complementar.

Segundo o Catálogo do PNLEM (BRASIL, 2008b, p. 56), “Os elementos da Física Contemporânea são distribuídos ao longo da obra, relacionando-os aos conteúdos tratados”. Tal menção encontra-se na seção “*Texto e Interpretação*”. Trata-se de uma caixa de texto localizada no interior dos capítulos da obra, de leitura complementar, na qual são discutidos temas relacionados ao tema em estudo, ora com enfoques em conteúdos da Física Moderna. Na unidade *Mecânica*, no capítulo *Gravitação*, há um texto comparando a Teoria da Gravidade de Newton com a de Einstein e no capítulo *Energia* é disponibilizado um texto sobre a Lei da Conservação para Massa–Energia, de acordo com a célebre fórmula einsteiniana  $E=mc^2$ . Na unidade *Óptica*, os autores realizam um debate sobre a dualidade partícula-onda da luz, apresentam no final um texto intitulado “*Luz: onda ou partícula?*” na qual apresentam o conceito de quantum, o efeito fotoelétrico e o modelo atômico de Bohr com órbitas quantizadas. Por fim, na unidade *Eletricidade e Magnetismo*, no capítulo *Campo Elétrico, Tensão e Corrente Elétrica* é realizado um debate prévio sobre a estrutura da matéria. São mencionados os modelos atômicos de Thomson e Rutherford. Não há no livro didático menção aos trabalhos de

Heisenberg e Schrödinger a respeito da mecânica quântica matricial e mecânica quântica ondulatória, respectivamente.

Outro fator que evidencia a falta de comprometimento dos autores com essa temática está no *Manual do Professor*, na qual os autores, ao contrário dos demais capítulos, não apresentam uma discussão, comentários ou sugestões de trabalho e atividade em sala de aula para o capítulo específico de Física Moderna.

#### 4.1.3 “Sem sacrifício à Física Clássica ou o interesse do estudante”

O livro didático de Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c) é apresentado em três volumes, cada um destinado para um ano do Ensino Médio. Os conteúdos são assim distribuídos: volume 1, Cinemática, Leis de Newton e Leis da Conservação da Energia; volume 2, Leis da Conservação da Quantidade de Movimento, Temperatura-Dilatação-Gases, Calor, Ótica e Ondas; volume 3, Campo e Potencial Elétrico, Circuitos Elétricos, Eletromagnetismo e Física Moderna.

Em uma análise do sumário da obra de Luz e Álvares (2005c) encontramos um capítulo dedicado especificamente a “A Nova Física”. Este capítulo apresenta uma visão panorâmica da Física Moderna e leva o aluno a viajar do muito grande até o mundo dos *quarks*. Apresenta breves textos sobre as partículas elementares, a nova teoria gravitacional e o desenvolvimento da cosmologia, as formas de organização das estruturas complexas e o comportamento caótico da natureza. O capítulo citado acima tem por objetivo atuar como “fonte de informação sobre os principais problemas enfrentados pela pesquisa e produção de conhecimento atuais em Física” (BRASIL, 2008a, p. 36).

O catálogo do PNLEM adverte que alguns temas relevantes da Física Moderna são abordados e discutidos ao longo do texto e de forma articulada com o conteúdo de Física Clássica. Isso nos remete a verificar a presença ou não desta articulação nos três volumes da coleção. Segundo Luz e Álvares (2005d), no final de cada capítulo é apresentado um complemento, na forma de um tópico especial, que demonstra aplicações curiosas dos conceitos e outros conhecimentos físicos.

No capítulo *Segunda Lei de Newton* (LUZ; ÁLVARES, 2005a), por exemplo, abordam, na seção *Tópico Especial*, as limitações da mecânica newtoniana. Neste tópico, os autores explicam até onde as leis da dinâmica clássica são válidas. Em seguida, apresentam o conceito de relatividade de Einstein. No

capítulo sobre *Conservação da Energia*, os autores abordam a relação entre massa e energia. Demonstram também aplicação na fissão nuclear e na fusão nuclear que ocorre no Sol.

Entre os capítulos ainda se encontram apêndices que contém texto que abordam elementos da História e Filosofia da Ciência. Esses abordam conteúdos e aplicações mais modernas da Física, englobando temas da Física do século XX.

Porém, de acordo com o *Manual do Professor*, estes tópicos “só deverão ser incluídos na programação do curso se o professor estiver seguro de que não serão sacrificados tópicos fundamentais da Física Clássica, ou de maior interesse para o estudante” (LUZ; ÁLVARES, 2005d, p. 136). Na apresentação do capítulo sobre a Física Moderna, os autores destacam que em contato com essa nova Física, o aluno possa sentir-se

motivado a dar continuidade a seus estudos nesse fascinante campo do conhecimento ou a participar como cidadão esclarecido, no direcionamento do desenvolvimento científico, contribuindo como cientista, para que seu rumo prioritário – a melhoria das condições de vida de toda a humanidade – seja sempre mantido. (LUZ; ÁLVARES, 2005c, p. 350)

Com isso, fica evidente que para os autores a Física Moderna deve ser ensinada se houver tempo e nunca em detrimento de outros conceitos da Física Clássica. Evidenciam o aluno como um autodidata, que deve buscar novos conhecimentos ou aprofundamentos no conhecimento se este se sentir motivado. Com isso, percebemos que os autores compreendem que o ensino de Física Moderna deve ser destinado somente a grupos específicos, como os cientistas e “cidadãos esclarecidos”, responsáveis pelos debates em torno do desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade. Mesmo assim, inserem tópicos que consideram importantes durante toda a obra, mas como leitura complementar e não como um conteúdo específico.

#### 4.1.4 “Destaque a Física Moderna”

O livro didático de Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c) é dividido em três volumes que abordam os seguintes conteúdos: volume 1, Cinemática, Dinâmica, Estática, Hidrostática e Gravitação; volume 2, Termologia, Termodinâmica, Ondas e Óptica Geométrica; volume 3 Eletrostática, Eletrodinâmica,

Eletrromagnetismo e Física Moderna. No terceiro volume há uma unidade destinada somente a Física Moderna, que corresponde a aproximadamente 25% do mesmo e está destinada ao terceiro ano do Ensino Médio.

O *Catálogo* do PNLEM ressalta que

Diferentemente do usual em textos didáticos de Física para o Ensino Médio, a obra dá destaque à Física Moderna, dedicando a ela um espaço que corresponde mais que o dobro daquele dedicado, por exemplo, à Cinemática. (...) não é apresentada como um apêndice, mas sim recebe toda uma unidade didática. (BRASIL, 2008, p. 27)

A unidade de Física Moderna é composta por três capítulos, assim descritos por Penteado e Torres (2005d, p. 15): *Relatividade* – em que se “introduz os fundamentos da Teoria Especial da Relatividade e noções da Teoria Geral da Relatividade e suas aplicações cosmológicas”; *Física Quântica* – apresentam-se “os princípios fundamentais da Física Quântica e suas aplicações tecnológicas e científicas”; *Física Nuclear* – em que se destacam os conteúdos relativos a “estrutura e as propriedades físicas do núcleo atômico, o aproveitamento da energia nos processos de fissão e fusão nucleares e suas aplicações científicas e sociais”.

Os autores ainda ressaltam que o ensino da Física Moderna tem por objetivo permitir ao aluno a compreensão da dilatação temporal e da contração do espaço, as condições em que ocorre o efeito fotoelétrico, os postulados de Bohr sobre a estrutura da matéria e os mecanismos que explicam a radioatividade. Os autores também apresentam uma seção denominada *Aplicação Tecnológica*, para ressaltar que os conteúdos contidos no livro não estão distantes da realidade do aluno.

Pelo destaque dado pelo *Catálogo* do PNLEM, bem como o encontrado na obra didática, demonstra a importância dada pelos autores para a inserção da Física Moderna no Ensino Médio.

#### 4.1.5 “Física Moderna de forma simplificada”

Em volume único, o livro de Sampaio e Calçada (2005a)<sup>39</sup> dispõe os conteúdos nas seguintes unidades: Mecânica; Termologia; Óptica, Ondas,

---

<sup>39</sup> Os autores tiveram o mesmo livro selecionado para o PNLEM de Física em três volumes. A escolha do volume único para análise é justificada no primeiro capítulo deste trabalho.

Eletricidade e Física Moderna. Percebemos a existência, portanto, de uma única unidade destinada ao ensino da Física Moderna, que contém três capítulos: A Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica, Partículas Elementares.

No capítulo inicial do livro, denominado *Introdução a Física*, os autores destacam a importância da revolução científica produzida pela Física Moderna e informam que os conteúdos relativos tanto a Teoria da Relatividade quanto a Mecânica Quântica serão abordados no final do livro.

O *Catálogo* do PNLEM relata que o tratamento dado a Física Moderna pelos autores é sintético e busca fornecer subsídio para que os professores possam abordá-los e contribuir para a sua atualização. Segundo Sampaio e Calçada (2005, p. 15), o livro apresenta “alguns aspectos sobre a Física Moderna de forma simplificada”. Isso porque uma abordagem mais aprofundada do conteúdo requer “ferramentas matemáticas das quais o aluno ainda não dispõe”.

Os autores ainda destacam como objetivos finais para o Ensino da Física Moderna no Ensino Médio:

perceber que a Física Moderna introduziu conceitos e leis que fogem ao senso comum; conhecer os dois postulados da Teoria da Relatividade Restrita; aplicar os postulados ao caso da dilatação temporal; tomar conhecimento da contração do tempo; usar a equação  $E=mc^2$ ; aprender que matéria pode ser transformada em radiação e vice-versa; saber os fatos básicos a respeito do efeito fotoelétrico; perceber a natureza dual da radiação; dominar os fatos básicos referentes ao átomo de Bohr e saber calcular os níveis de energia do átomo com apenas um elétron; conhecer a natureza ondulatória da matéria e saber calcular o comprimento de onda associação a uma partícula; tomar conhecimento do Princípio da Incerteza (SAMPAIO; CALÇADA, 2005e, p. 10).

Pelos objetivos traçados e pelo espaço dado a Física Moderna no livro didático, torna-se evidente que os autores inserem este conteúdo no Ensino Médio.

#### 4.1.6 Amarrando o Pensamento dos Autores

Os dados coletados nos livros didáticos, nas informações do *Manual do Professor* e no *Catálogo* do PNLEM estão apresentados, de forma sistemática, na Tabela 01. Trata-se dos primeiros resultados dessa análise.

**Tabela 01** – Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLEM

<b>LIVRO</b>	<b>GASPAR (2005a)</b>	<b>GONÇALVES FILHO; TOSCANO, (2007a)</b>	<b>LUZ; ÁLVARES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	<b>PENTEADO; TORRES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	<b>SAMPAIO; CALÇADA, (2005a)</b>
<b>VOLUME</b>	Único	Único	03 volumes	03 volumes	Único
<b>FORMA DE APRESENTAÇÃO</b>	Capítulo Específico	Textos dispersos ao longo do livro	Capítulo Específico e Textos dispersos ao longo do livro	Unidade Específica	Unidade Específica
<b>DESCRIÇÃO DO TÓPICO</b>	Física Moderna	-	A Nova Física	Física Moderna	Física Moderna
<b>LOCALIZAÇÃO</b>	Último Capítulo	-	Último Capítulo	Última Unidade	Última Unidade
<b>ANO ESCOLAR</b>	3º Ano do Ensino Médio	Todos	3º Ano do Ensino Médio	3º Ano do Ensino Médio	3º Ano do Ensino Médio
<b>PROPOSTO COMO</b>	Conteúdo	Complemento	Complemento	Conteúdo	Conteúdo
<b>TÓPICOS ABORDADOS</b>	Mecânica Quântica Teoria da Relatividade Física Nuclear	Teoria da Relatividade Dualidade Partícula-Onda Modelos Atômicos	Teoria da Relatividade Relação Massa-Energia Física Atômica/Nuclear Astrofísica/Cosmologia	Teoria da Relatividade Mecânica Quântica Física Nuclear	Teoria da Relatividade Mecânica Quântica Física Nuclear

Ao verificar a existência do conteúdo de Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM, verificamos que estes se encontram em todos os livros didáticos do PNLEM, seja na forma de capítulo, unidade ou textos dispersos ao longo da obra. O livro de Gonçalves Filho e Toscano (2007a) é o único que não traz este conteúdo em um capítulo ou unidade específica. Em todos os livros que apresentam o conteúdo de Física Moderna em um capítulo específico, este é apresentado como o último conteúdo a ser estudado, isto é, localizado sempre no final do livro de volume único ou no final do terceiro volume.

Podemos inferir que os autores Gonçalves Filho e Toscano (2007a) e Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c) compreendem que a Física Moderna não é um conteúdo específico do Ensino Médio. Este deve apenas constar como suplemento informativo dentro dos outros capítulos ou mesmo ser ensinado quando houver tempo e disponibilidade no currículo. Os autores Gaspar (2005a), Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c) e Sampaio e Calçada (2005a) defendem, de acordo com suas posições no Manual do Professor, a inserção da Física Moderna como um conteúdo essencial a ser ministrado no Ensino Médio. A ênfase dada ao tópico também é uma evidência disso.

#### **4.2 Questões Históricas da Evolução das Teorias da Física Moderna**

Explicitada a posição dos autores sobre a inserção da Física Moderna no Ensino Médio, bem como a localização desse conteúdo no livro didático, passamos agora à análise do conteúdo. Conforme apresentamos anteriormente, compreendemos a ciência como um produto prático, histórico e social. Por isso, passamos agora a analisar as questões históricas abordadas pelos autores que se relacionam à passagem da Física Clássica à Física Moderna. Apresentar a história das idéias ajuda a esclarecer sob quais condições ocorre a produção do conhecimento. Por isso é importante localizarmos nos conteúdos de Física Moderna dos livros didáticos a forma de abordagem das informações relacionadas às lacunas de uma teoria vigente, as anomalias que levaram ao seu declínio, o surgimento de uma nova teoria emergente no interior da comunidade científica, as rupturas provocadas por esta e as conseqüências das novas idéias. Trata-se, portanto, da evolução histórica de modelos teóricos e práticos da ciência. Novamente recorreremos

aos dados contidos no *Catálogo* do PNLEM, no *Manual do Professor* e nas informações contidas nas obras didáticas.

#### 4.2.1 “História do desenvolvimento e evolução dos conceitos”

Segundo o *Catálogo* do PNLEM (BRASIL, 2008a, p. 50), o livro de Gaspar (2005a) se manifesta de forma explícita sobre a necessidade da valorização da História e da Filosofia da Ciência, e observa que “a estrutura do livro do aluno só permite parcialmente esse tipo de desenvolvimento”. No *Manual do Professor*, Gaspar (2005b, p. 16) ressalta que a história das ciências e da matemática é fundamental porque seu “aprendizado transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos”.

Na estrutura do livro a história de algumas idéias - bem como aplicações tecnológicas, relações com o cotidiano e a gramática da física - são apresentadas ao longo do texto. Porém, nos casos onde o autor compreende haver a necessidade de um complemento isto é feito com caixa de texto inserida ao longo dos capítulos. No capítulo sobre a Física Moderna há uma caixa de texto em que menciona a história da radiação térmica, na qual o autor apresenta alguns personagens e alguns fatores que levaram a impulsionar os estudos sobre as racionalidades presentes nesse fenômeno natural. O autor não referencia a biografia dos cientistas ao longo do texto, apenas cita datas de nascimento, morte e nacionalidade. Na introdução ao capítulo o autor apresenta a ruptura causada pela ascendência da Física Moderna. Evidencia que a Física atual é muito mais do que a ciência das alavancas e roldanas, dos movimentos uniformes e acelerados, das escalas termométricas e das faíscas. Gaspar (2005a, p. 519) alerta para o novo caráter da Física Moderna e das rupturas por ela produzida.

Desde que novas e revolucionárias idéias surgiram no fim do século XIX e início do Século XX, a física sofreu alterações conceituais profundas, que modificaram toda a sua descrição da natureza, no micro ao macrocosmo. (...) Não se tratou apenas de adotar novas leis e novos princípios, mas principalmente de abandonar a quase certeza de uma compreensão global, absoluta, da natureza, que parecia estar muito próxima, pela quase certeza de que essa compreensão nunca poderá ser conseguida.

No que se refere à história da evolução da Física, ela é contada ao longo do texto. Ao explicar a evolução dos modelos atômicos, o autor relata historicamente

desde a consolidação da idéia de átomo, passando pelos modelos atômicos de Nagaoka, Thomson, Rutherford, os postulados de Bohr, os trabalhos de Sommerfeld, Pauli, de Broglie, Heisenberg e Chadwich até o mundo dos *quarks*. Ele descreve os fenômenos, as experiências, as idéias até a formulação das teorias.

Por exemplo, da passagem do modelo atômico do “pudim de passas” de Thomson<sup>40</sup> para o de Rutherford, o autor destaca que nenhuma base experimental fundamentava satisfatoriamente o modelo de Thomson. Rutherford, com o intuito de obter dados experimentais para consolidação de um modelo atômico, utilizou-se da recém descoberta das substâncias radioativas. Ao descrever todo o experimento de Rutherford, na qual bombardeou uma fina lâmina de ouro com partículas alfas<sup>41</sup>, bem como as conclusões oriundas deste experimento, Gaspar (2005a) explora a historicidade da ciência. Ao finalizar de descrever o modelo atômico nuclear de Rutherford<sup>42</sup> ele menciona que “cada avanço da física traz novas indagações” (GASPAR, 2005a, p. 527),, isso porque segundo a Física Clássica se o elétron estivesse sob a ação de uma força centrípeta, este aceleraria e espiralaria até atingir o núcleo, tornando a idéia de Rutherford incoerente. Nisso o autor introduz os postulados de Bohr<sup>43</sup>, demonstrando o uso das lacunas de uma teoria para explicar o surgimento da próxima, explorando a dinamicidade da ciência.

Na introdução da obra, a ciência física é destacada com uma construção humana, elaborada, modificada e aprimorada ao logo da história humana. O autor evidencia que

Estas reformulações ocorrem sempre que a própria comunidade científica se mostra insatisfeita com as leis e as teorias que a física estabelece para explicar determinados fenômenos, quando essas leis e teorias falham em suas previsões ou não prevêem os fatos como são observados experimentalmente. (GASPAR, 2005a, p. 13)

---

<sup>40</sup> Modelo Atômico que descreve o átomo como sendo uma esfera maciça, positiva, de massa uniformemente distribuída, na qual estavam inseridos, de forma incrustada, os elétrons.

<sup>41</sup> Emissões radioativas oriundas de reações nucleares ou decaimentos radioativos. Trata-se de um íon de carga 2+, com dois nêutrons e dois prótons.

<sup>42</sup> Modelo Atômico que concebe o átomo como sendo formado por um núcleo, maciço e positivo na qual se encontram os prótons, e por uma eletrosfera, na qual girariam os elétrons, de carga elétrica negativa.

<sup>43</sup> Segundo a Teoria de Bohr é necessário existir órbitas específicas, com níveis energéticos definidos na qual o elétron permanece sem emitir ou absorver energia. Ao absorver um *quantum* definido de energia, os elétrons transitam de um nível energético de menor para um nível energético maior. Ao retornar ao seu nível inicial de energia, o elétron emite o *quantum* de energia absorvido na forma de um fóton (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

Nesse momento ocorrem as rupturas e as revoluções científicas. Como exemplos de rupturas ocorridas com os trabalhos de Einstein sobre a Teoria da Relatividade Gaspar (2005a, p. 524) apresenta no texto os seguintes tópicos:

A simultaneidade não existe. O tempo não transcorre da mesma maneira em referenciais inerciais com velocidades diferentes. O comprimento parece reduzir-se na direção do movimento. A massa dos corpos tende ao infinito quando a velocidade tende à velocidade da luz. A velocidade da luz é a velocidade-limite do Universo para corpos com massa (corpos sem massa, como os fótons, têm sempre a velocidade da luz).

O texto de Gaspar (2005a), portanto, adota a postura de localizar na história os acontecimentos da ciência física, bem como apresentar elementos de sua historicidade, evidenciando as características que levaram a produção de tais conhecimentos ao longo da história.

#### 4.2.2 “Ciência como construção humana”

Segundo o *Catálogo* do PNLEM, o livro didático de Gonçalves Filho e Toscano (2007a) aborda a produção do conhecimento científico de forma integrada à História da Ciência. A Física é apresentada como *Uma Ciência em Transformação*, o que “possibilita a discussão do caráter provisório do conhecimento científico” (BRASIL, 2008a, p. 54). Segundo o *Manual do Professor*,

O texto dessa obra busca reforçar a visão de ciência *como uma construção humana*, abarcando um conjunto de paradigmas, que orientam a elaboração das teorias físicas. Estas, por sua vez, estão sempre sujeitas a contestações em virtude do aparecimento de novos fatos e de outras formas de entendimento.

Algumas vezes, procuramos apontar, ainda que de forma breve, as relações entre os conceitos físicos e o contexto histórico e social que lhes serviu de orientação no processo de sua elaboração.

Existe também um (in)tenso diálogo entre os cientistas, seja para complementar ou aperfeiçoar um paradigma, seja para discutir pontos divergentes durante a construção de um novo paradigma (...). (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2007b, p. 5) (grifo no original)

Na estrutura do livro, por exemplo, no capítulo sobre *Máquinas Térmicas*, os autores ressaltam que, no início do século XVIII, com a quase extinção das florestas na Inglaterra, a lenha precisou ser substituída pelo carvão mineral. Porém, para retirar o carvão das minas inglesas era necessário antes bombear as águas

que inundavam as galerias. Manualmente este trabalho era pesado e rotineiro, o que levou algumas pessoas a buscar uma forma alternativa para realizar essa atividade, levando à construção da máquina a vapor. Essa invenção originária do campo prático e tecnológico utilizou conhecimentos oriundos da Física para sua construção e impulsionou “uma grande transformação social, econômica e tecnológica, historicamente chamada de primeira revolução industrial” (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2007a, p. 181). Isso reflete a articulação entre a ciência e o desenvolvimento da sociedade, demonstrando como o surgimento de uma necessidade social fomenta o desenvolvimento científico-tecnológico e este, por sua vez, promove o desenvolvimento social.

Nos textos que tratam de assuntos relativos à Física Moderna, nem sempre isso ocorre. Ao citar a equação  $E=mc^2$  os autores apenas apresentam que esta unificou as leis de Conservação da Massa e a lei da Conservação da Energia em um único postulado. Porém, não há menção ao contexto histórico que propiciou o desenvolvimento dessa teoria. Apenas menciona uma de suas aplicações, a bomba atômica que explodiu em Hiroshima (Japão).

No capítulo sobre luz os autores demonstram o caminho histórico dos debates e discussões dos cientistas sobre a dualidade onda-partícula. Inicialmente, apresentam os fatores que levaram Isaac Newton a propor um modelo corpuscular da luz capaz de explicar os fenômenos luminosos até então conhecidos (reflexão e refração, por exemplo). Na seqüência, menciona os trabalhos de Christiann Huygens e Thomas Young que levaram à discussão sobre a natureza da luz. Apresentam o experimento de duas fendas<sup>44</sup> para demonstrar a existência de interferências construtivas e destrutivas resultantes da sobreposição das ondas luminosas. Mencionam, em um texto complementar, os estudos de Einstein, sobre o efeito fotoelétrico, e de Bohr, sobre o átomo, demonstrando o comportamento dual da luz. Ao final do capítulo, os autores se perguntam se a luz é onda ou partícula. Ao perfazerem todo esse caminho torna-se evidente que os autores descrevem a história da ciência como uma sucessão de fatos, porém não há historicidade nela.

---

<sup>44</sup> O Experimento de Duas Fendas ou Experimento da Dupla Fenda foi realizado por Thomas Young (1773-1829) e consiste em deixar passar um feixe de luz visível através de duas fendas. Ao atravessar, a luz se difrata e produz bandas em um écran. Essas bandas mostram regiões claras e escuras que correspondem as interferências construtivas e destrutivas das ondas luminosas, evidenciando a natureza ondulatória da luz.

#### 4.2.3 “Aspecto pouco explorado com tratamento algumas vezes superficial”

Segundo as informações do *Catálogo* do PNLEM, o livro de Luz e Álvares (2005c), utiliza elementos da História e Filosofia da ciência em todos os capítulos, em textos específicos. Apesar dos autores reconhecerem a importância da abordagem histórica, “esse aspecto é pouco explorado em função de um tratamento algumas vezes superficial (...), deixam de apresentar os contextos de produção do conhecimento científico em suas dimensões política, econômica, social e cultural” (BRASIL, 2008a, p. 36).

Essa abordagem de elementos da história e filosofia mencionados pelo *Catálogo* é referente ao quadro denominado *Tópico Especial*. Este aparece ao final de cada capítulo. Segundo Luz e Álvares (2005d, p. 8), essa extensão “complementa ou amplia o texto propriamente dito, ora desenvolvendo aspectos históricos, ora apresentando aspectos mais modernos relacionados com o capítulo, ou ainda mostrando aplicações curiosas da Física”.

Os autores sugerem a leitura em conjunto, na sala de aula, com objetivo de realizar debates sobre o texto. Mesmo sendo locados no final de cada capítulo, os autores compreendem que

Os assuntos abordados nesse item devem ser considerados como parte integrante do capítulo, e acreditamos que sua omissão empobrecerá consideravelmente a visão que o aluno deveria adquirir do conteúdo abordado. Portanto, recomendamos que o *Tópico Especial* seja estudado pelos alunos e devidamente valorizado pelos professores, que não deverão deixar de incluí-los nas avaliações. (LUZ; ÁLVARES, 2005d, p. 9)

Considerando que muitos desses textos apresentam conteúdo de Física Moderna, isso contradiz o que os autores informaram anteriormente a respeito da inserção da mesma no Ensino Médio.

Nestes textos ou nas caixas de texto ao longo dos capítulos estão menções sobre a biografia de alguns físicos que contribuíram para construção de uma determinada teoria. Ao descrever, por exemplo, o ciclotron os autores mencionam a biografia do brasileiro César Lattes (1924-2005):

Nascido em Curitiba, o físico brasileiro César Lattes estudou na Universidade de São Paulo. Iniciou-se em trabalhos de pesquisa no campo da Física de Partículas com o físico italiano Occhialini, que, nesta época, lecionava na universidade. Transferindo-se para Bristol, nos Estados

Unidos, juntamente com Occhialini e o físico inglês Powell, e examinando chapas fotográficas que ele havia exposto à ação dos raios cósmicos nos Andes bolivianos, Lattes verificou a existência do méson  $\pi$ . Em 1948, obteve a produção artificial destas partículas trabalhando no sincrocíclotron do Lawrence Laboratory da Universidade de Berkeley. Foi um dos fundadores do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, no Rio de Janeiro; já lecionou em diversas universidades brasileiras e foi um dos grandes incentivadores do desenvolvimento científico em nosso país. (LUZ; ÁLVARES, 2005c, p. 231)

Mas não é só dessa forma que a história da ciência é retrata no livro. Nas caixas de texto intituladas *Um Tópico Especial*, que Luz e Álvares (2005d) ressaltam como parte integrante do capítulo, as questões relacionadas à história da ciência são abordadas de forma histórica. Como exemplo, os autores destacam em um desses tópicos especiais a *Descoberta do Elétron*. Para tal, perfazem um caminho que se inicia com a descoberta dos raios catódicos, por Crookes, em 1875, e discorre sobre os debates em torno dos resultados desse experimento ao longo dos anos, até os experimentos de Thomson que confirmaram que os raios catódicos eram mesmo partículas carregadas negativamente. Mesmo assim, os autores continuam até a definição da carga e da massa do elétron e ainda debatem sobre a importância desses estudos para o início da Física Moderna.

No capítulo específico sobre a Física Moderna, os autores mencionam a todo momento os textos distribuídos ao longo do livro didático. Porém o texto parece desarticulado com a Física Clássica. Não há um elo que reúna informações para o leitor entender os fatos e acontecimentos que levaram a Física Clássica a ser suplantada pela Física Moderna. As informações que existem estão dispersas e não permitem ao leitor compreender a ruptura causada no início do Século XX.

#### 4.2.4 “Valorizar a história das Ciências na evolução humana”

No que diz respeito à construção do conhecimento científico, o *Catálogo* do PNLEM apresenta como pontos fortes da obra de Penteadó e Torres (2005a, 2005b, 2005c) a articulação dos conteúdos com a História e a Filosofia da Ciência. Porém, o mesmo alerta que na unidade de Física Moderna os autores exploram as rupturas no desenvolvimento histórico da ciência e apresentam os modelos científicos de forma correta, mas não dão ênfase necessária às distinções entre modelo e realidade.

O *Manual do Professor* ressalta que o livro apresenta o papel da ciência nas transformações sociais em momentos importantes da história. Além disso, os autores explicitam que é necessário “valorizar a história das Ciências na evolução humana”. (PENTEADO; TORRES, 2005d, p. 7)

Como exemplo, vamos relatar a unidade sobre Física Moderna. Ao tratar do tema Relatividade Especial, Penteado e Torres (2005c, p. 183) recorrem primeiramente a um histórico que levou à construção dessa teoria. Começam com Galileu, onde retratam que “ele introduziu o conceito de *referencial inercial*, em relação aos quais os *corpos livres da ação de forças* estão em repouso ou realizam movimento reto com velocidade de módulo constante” (grifo no original). Na seqüência, há toda uma explanação sobre os conceitos galileanos de tempo e espaço.

Dando continuidade ao texto, os autores demonstram o pensamento de Newton sobre movimento.

Na relatividade newtoniana, a massa e a aceleração da partícula independem do sistema de referência inercial adotado. (...) Portanto, as leis de Newton são idênticas para todos os referenciais inerciais. Nenhum sistema inercial é preferido a qualquer outro. Não há um sistema de referência absoluto (PENTEADO; TORRES, 2005c, p. 184).

Os autores destacam que até meados do século XIX a relatividade newtoniana adaptava-se perfeitamente aos fenômenos físicos. Porém, isso não foi mais possível a partir dos estudos de Maxwell em que, ao passar de um referencial inercial para outro, as suas equações forneciam dados conflitantes para um mesmo fenômeno. Antes de chegar às conclusões de Einstein, Penteado e Torres (2005c) ainda destacam a experiência de Michelson-Morley<sup>45</sup> e os trabalhos dos matemáticos Poincaré e Lorentz envolvendo coordenadas espaço-temporais de um mesmo evento, observados a partir de referenciais inerciais distintos, que se tornaram a base matemática dos trabalhos de Einstein. Somente após toda essa

---

<sup>45</sup> A Experiência de Michelson-Morley, realizada em 1887 por Albert Michelson (1852-1931) e Edward Morley (1838-1923), consiste em um aparelho denominado interferômetro na qual os cientistas dividiram um raio de luz branca em duas partes. Um propagava-se na mesma direção do movimento da Terra e outro perpendicular ao primeiro. Esse experimento comprovou a inexistência do éter, pois se este existisse, a luz deveria ser arrastada por ele e percorrer os caminhos em intervalos de tempo diferentes. Nenhuma diferença foi observada o que permitiu concluir que a luz se propagava independente do meio.

discussão histórica de mais de dois séculos, relatadas em pouco mais de sete páginas, os autores mencionam o trabalho de Einstein.

Essa mesma metodologia de apresentação histórica do conteúdo é observada no capítulo sobre Física Quântica e Física Nuclear. Isso deixa clara a importância que os autores dão para a história das idéias e das teorias resultantes, bem como das anomalias que levaram ao seu declínio e superação por outro paradigma.

#### 4.2.5 “Apresentados em textos sintéticos”

O livro de Sampaio e Calçada (2005a) apresenta os aspectos históricos na forma de caixa de texto ou como introdução a um conteúdo. Segundo o *Catálogo do PNLEM*,

O tratamento dado à História da Ciência, integrada à construção dos conceitos desenvolvidos, evita resumir a biografias de cientistas ou descobertas isoladas. Apesar de serem apresentados textos sintéticos, a questão central é o conhecimento e seu desenvolvimento, e não apenas acontecimentos datados. Em alguns capítulos, o tema é iniciado por uma apresentação na perspectiva histórica (BRASIL, 2008a, p. 43).

Como uma das competências e habilidades que se espera produzir no aluno com o Ensino da Física está a capacidade de “reconhecer a Física como construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico” (SAMPAIO; CALÇADA, 2005e, p. 8). Com base nesse princípio, os autores estruturaram a obra didática em várias seções de leitura, onde está abarcada a história da Física. As seções de História e Tecnologia são abordadas de forma integrada às aplicações, com ênfase na contextualização.

Folheando os capítulos do livro referentes à Física Moderna, não encontramos nenhuma caixa de texto denominada *História*. Folheando os demais capítulos, encontramos a referida caixa de texto, porém de forma muito esporádica. Como exemplo, no Capítulo 51, sobre *Potencial Elétrico*, Sampaio e Calçada (2005a, p. 290) utilizam a referida caixa de texto para apresentar uma breve biografia de Alessandro Volta:

Alessandro Giuseppe Antonio Anastásio Volta nasceu na cidade italiana de Como, no ano de 1745, e faleceu em 1827.

Interessou-se pela Física e publicou em 1769, com apenas 24 anos, seu primeiro livro *Da força magnética, do fogo elétrico e dos fenômenos daí dependentes*.

Sua maior contribuição à Física foi a invenção da pilha elétrica.

O *Catálogo* do PNLEM informa que os autores não apresentam a *História* com a ênfase esperada. Na introdução a Física Moderna, Sampaio e Calçada (2005a, p. 390) assim apresentam o contexto vivido naquele momento histórico:

No final do século XIX, muitos físicos famosos acreditavam que a tarefa da Física tinha terminado, que nada mais havia para descobrir. Restavam, é verdade, alguns “pequenos” problemas, que mencionaremos ao longo deste e dos próximos capítulos. Contudo, segundo eles, bastaria apenas um pouco de empenho para resolvê-los. Com o passar do tempo, porém, perceberam que esses problemas não eram tão pequenos quanto pensavam; por isso, só puderam ser resolvidos com a criação de duas novas teorias: a *Teoria da Relatividade* e a *Mecânica Quântica*.

Essas teorias revolucionaram a Física no início do século XX e ajudaram a conhecer muito da estrutura da matéria. Muitas partículas elementares foram descobertas, e com isso foi possível formular hipóteses sobre a origem do Universo. A Física desenvolvida a partir do século XX passou a ser chamada de *Física Moderna*, enquanto a Física desenvolvida anteriormente ficou conhecida pelo nome de *Física Clássica*. (grifo no original)

Apesar de, na seqüência, informar que será realizado alguns comentários sobre as leis da mecânica clássica antes de entrar no conteúdo sobre Relatividade, isso se opera de maneira muito simples e resumida. Os autores simplesmente relembram o que é referencial e algumas informações sobre inércia. Por fim, relatam o que é um referencial inercial e partem imediatamente para a Relatividade. No tópico intitulado *Origem da Teoria da Relatividade*, Sampaio e Calçada (2005a, p. 391) assim retratam a origem dessa teoria:

A *Teoria da Relatividade* foi criada pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955) em duas etapas: em 1905 ele publicou um trabalho que mais tarde ficou conhecido pelo nome de *Teoria da Relatividade Especial*, que trata do movimento uniforme; e, em 1915, publicou a *Teoria da Relatividade Geral*, que trata do movimento acelerado e da gravitação.

Mesmo relatando que antes de passar diretamente à Teoria da Relatividade é necessário considerar os fatores que levaram Einstein a essa “criação”, os autores não mencionam o debate interno à ciência, nem mesmo mencionam o nome de qualquer outro cientista que tenha colaborado ou discordado com esse pensamento. Segundo o *Manual do Professor*, os autores não

incorporaram os experimentos de Michelson-Morley porque há dúvidas se Einstein tinha conhecimento ou não sobre esse experimento. Sampaio e Calçada (2005e, p. 15) ressaltam que Einstein “partiu de reflexões sobre o comportamento da luz e da falta de simetria do Eletromagnetismo”. Porém, no texto isso se torna vago. Para o leitor, fica a impressão que a Teoria da Relatividade foi um momento de grande inspiração de Einstein, com o que concordamos, porém é necessário mencionar os conhecimentos anteriores que alicerçaram essa teoria. Evidencia-se aqui, que os autores relatam o contexto histórico de forma sintética, sem valorizar a evolução dos modelos ou idéias científicas.

#### *4.2.6 Amarrando as Idéias Históricas*

Se verificarmos a forma de apresentação das questões históricas da evolução das idéias da Física Moderna, percebemos formas distintas de abordagem. Enquanto Gaspar (2005a), Gonçalves Filho e Toscano (2007a) e Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c) valorizam não somente a historicidade mas também o fato da ciência ser um produto da atividade humana, um produto social, por sua vez Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c) e Sampaio e Calçada (2005a) apresentam a história da ciência de forma fragmentada, em textos sintéticos, algumas vezes pouco valorizado. Com isso perde-se ao não apresentar a continuidade da ciência, suas anomalias e rupturas. O quadro abaixo nos permite uma visão comparativa dos autores.

**Tabela 02 – A História da Ciência nos livros didáticos de Física do PNLEM**

LIVRO	BIOGRAFIAS		HISTÓRIA DAS IDÉIAS	
	O que aparece?	Como aparece?	O que aparece?	Como aparece?
<b>GASPAR (2005a)</b>	Apenas menção as datas de nascimento e morte.	No próprio texto.	Anomalias nas teorias vigentes, momentos de ruptura, história do desenvolvimento e evolução dos conceitos.	No texto.
<b>GONÇALVES FILHO; TOSCANO, (2007a)</b>	Apenas menção as datas de nascimento e morte, algumas imagens dos cientistas.	No próprio texto.	Ciência como construção histórica e humana. Contexto histórico e social e diálogo entre os cientistas.	No texto ou em leituras complementares.
<b>LUZ; ÁLVARES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	Formação acadêmica, local de atuação, principais estudos realizados, local de trabalho, prêmios e títulos, imagem do cientista.	Em caixas de texto específicas.	Aspecto explorado com baixa intensidade. Sem elos de ligação entre as anomalias vigentes e as novas teorias. Informações dispersas.	Em leituras complementares
<b>PENTEADO; TORRES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	Menção a formação acadêmica, datas de nascimento e morte, imagem do cientista.	No próprio texto.	Histórias da evolução das teorias, menção as anomalias, experimentos, momento de ruptura.	No texto.
<b>SAMPAIO; CALÇADA, (2005a)</b>	Apenas menção as datas de nascimento e morte, trabalhos desenvolvidos e raras imagens.	No próprio texto ou em caixas de texto específicas.	Pouca valorização dos modelos e idéias, pequena introdução histórica.	No textos, em forma sintética.

### 4.3 O Conhecimento Específico de Física Moderna

Neste momento passamos para a análise do conhecimento específico de Física Moderna presente no livro didático. Trata-se de observar o que há efetivamente no livro didático. Apresentamos no primeiro tópico dessa análise os itens abordados pelo autor. Neste momento, analisamos com que intensidade esses tópicos são apresentados em cada obra.

#### 4.3.1 “Resumido em poucas páginas”

Sobre a obra de Gaspar (2005a), destacamos anteriormente a presença de conteúdos relacionados à Mecânica Quântica, Relatividade e Física Nuclear. Mesmo abordando esses tópicos, o autor reconhece que seu livro apresenta uma súmula da totalidade dos conhecimentos advindos desse campo da Física. Segundo o próprio autor,

deve-se destacar que esta é uma síntese das novas idéias da física. Certamente há nela muitas lacunas importantes, consequência inevitável de se resumir em tão poucas páginas um conteúdo tão vasto. Mais importante, a nosso ver, é quebrar o gelo, romper o círculo vicioso de não apresentá-las porque não constam dos currículos, e de não constarem dos currículos porque nenhum livro os apresenta. (GASPAR, 2005b, p. 207)

Mesmo apresentado de forma sintética, o texto permite uma boa leitura sobre os acontecimentos no campo da Física no século XX, no que se refere à história e a historicidade da ciência. O conhecimento específico produzido nesse período apresenta-se esvaziado. Mesmo abordando tópicos essenciais como o efeito fotoelétrico, a relatividade, os modelos atômicos e a composição do núcleo atômico, a opção do autor em não colocar exercícios nem mesmo descrever a dedução de algumas equações importante torna o texto enxuto, não permitindo uma apropriação mais profunda do conhecimento produzido pela Física Moderna.

Uma leitura atenciosa, criteriosa, amarrada a uma explanação por parte do professor permite ao aluno compreender os principais conceitos abordados pelo autor. Porém, essa abordagem é feita superficialmente. Vejamos como exemplo a citação feita pelo autor sobre a descoberta de partículas elementares entre os anos de 1932 e 1947:

A primeira delas foi o neutrino, inicialmente uma solução teórica proposta em 1933 pelo físico italiano Enrico Fermi (1901-1954) para justificar alguns resultados experimentais inexplicáveis. A confirmação de sua existência só foi obtida experimentalmente mais de vinte anos depois de sua proposição. (GASPAR, 2005a, p. 529)

Na seqüência o autor já menciona a descoberta de uma nova partícula por Hideki Yukawaa (1907-1981), porém não explica o que é um neutrino, muito menos apresenta quais foram as anomalias que levaram Fermi a propor a existência desta partícula, nem como foi confirmada vinte anos depois. Com isso, fica evidenciado que o autor ao apresentar o conteúdo de forma sintética esvazia-o de conhecimento, deixando perguntas, questionamentos e informações sem respostas.

#### 4.3.2 “Possibilidade de contato com a Física Moderna”

Como já vimos, o livro de Gonçalves Filho e Toscano (2007a) não apresenta o conteúdo de Física Moderna na forma estruturada de um capítulo ou unidade didática. O mesmo aparece dispostos nos demais capítulos e é relacionado com os conteúdos da Física Clássica. No texto *E=m.c<sup>2</sup>: A dinâmica das altas velocidades* os autores apresentam a equivalência entre massa e energia, porém não realizam nenhuma abordagem sobre quais fatores levaram Einstein a formular a equação. Ela é assim apresentada:

A idéia da equivalência entre massa e energia é expressa pela equação  $E=m.c^2$ , que pode ser interpretada da seguinte maneira: a energia total de um objeto (E) é igual ao produto de sua massa inercial (m) pela velocidade da luz ao quadrado ( $c^2$ ). (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2007a, p. 119)

Eles demonstram na seqüência apenas uma aplicação matemática da equação. No final do texto, quatro perguntas são apresentadas sobre os conceitos abordados. Sobre esse texto ainda os autores assinalam, no *Manual do Professor*, que este tópico tem por objetivo discutir aspectos da teoria da relatividade, com foco na percepção das transformações conceituais por que passam alguns conceitos da ciência. Gonçalves Filho e Toscano (2005b, p. 17) recomendam a leitura e discussão do texto, que “possibilita ao(à) aluno(a) contato com a física moderna, mostrando a evolução dos conceitos nas teorias científicas”. Quando há referência a

alguma tecnologia, não é realizada uma articulação entre as leis ou teorias que propiciaram o desenvolvimento da mesma.

Em outro texto, *Teoria da gravitação ontem e hoje*, os autores apresentam as diferenças entre as teorias de Newton e Einstein. Trata-se de um texto sem ilustrações ou equações, que permitiriam melhor visualizar, por exemplo, as deformações nas trajetórias da luz devido à ação dos campos gravitacionais.

No texto sobre a dualidade onda-partícula da luz, os autores utilizam-se das mesmas metodologias: um texto com algumas gravuras, sem equações ou números. No final são apresentadas perguntas simples sobre alguns temas abordados no texto, cuja resposta é encontrada por uma leitura e uma interpretação simples do texto. Os autores sugerem que o professor poderá, por exemplo, propor para este texto, “uma leitura individual em casa e, depois, uma discussão da questão em grupo, na classe” (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2007b, p. 25), o que evidencia ainda mais a simplicidade com que os autores tratam esse conhecimento.

No livro do professor há um texto suplementar que aborda a radiatividade e as partículas subatômicas, de aproximadamente quatro páginas, que contém uma quantidade de informações relevantes sobre Física Nuclear. Mas por se encontrar na forma de um suplemento, constante apenas no livro do professor, dificilmente será abordado em sala de aula e os alunos não terão acesso..

A não existência de uma unidade didática para abordar os conhecimentos e a presença de textos apenas informativos e complementares desse conteúdo demonstram um esvaziamento do conhecimento científico sobre a Física Moderna na obra didática de Gonçalves Filho e Toscano (2007a). Torna-se difícil analisar o conhecimento efetivo aqui presente. Os conteúdos ministrados não permitem ao aluno a apropriação desses conhecimentos com a densidade que necessita para compreender os fenômenos naturais e poder intervir sobre eles, modificando a realidade que o cerca. Trata-se apenas de um contato com o tema e não um estudo aprofundado que este conteúdo exige.

#### 4.3.2 “Selecionar alguns tópicos especiais”

Passamos agora a ver o que Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c) apresentam do conhecimento de Física Moderna em sua coleção. Os autores o apresentam em dois formatos: de forma estruturada em um capítulo, e disperso ao

longo dos três volumes da obra, em tópicos especiais. Mesmo assim, enfatizam que, “em cursos de carga horária reduzida, o professor deverá selecionar alguns Tópicos Especiais (...)”, o que explicita a posição dos autores sobre a pouca importância em ensinar esses conteúdos da forma mais ampliada possível. Mesmo que o trato didático exija selecionar conteúdos, ou “alguns tópicos especiais”, não há indicação de critérios para tais procedimentos. Segundo o *Catálogo* do PNLEM, os autores “tem o mérito de trazer com frequência elementos das relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, apresentando conceitos científicos articulados à compreensão do funcionamento de aparatos tecnológicos e do cotidiano” (BRASIL, 2008a, p. 36). No caso da Física Moderna, esta forma de exposição é encontrada no livro didático como, por exemplo, no texto que menciona os trabalhos científicos desenvolvidos no ciclotron e no sincrociclotron. Porém os autores deixam a desejar no que se refere à qualidade e quantidade de conhecimentos que dispõem aos alunos.

Não é feita menção a trabalhos importantes como, na teoria da relatividade, a impossibilidade da simultaneidade, a dilatação temporal e a contração do espaço. A mecânica quântica é praticamente inexistente no livro didático. Não se faz menção aos trabalhos de Bohr, De Broglie, Schrödinger e Heisenberg. No capítulo denominado *A Nova Física*, se trabalha as partículas elementares da matéria e algumas informações sobre cosmologia e astrofísica. Mas isso é realizado de maneira superficial, o que evidencia mais uma vez a opinião dos autores de que a Física Moderna só deva ser ensinada no Ensino Médio se não produzir o detrimento do ensino dos demais conteúdos da Física Clássica.

#### 4.3.4 “Condição de compreender suas relações com o avanço tecnológico”

No que se refere ao conhecimento científico de Física Moderna na obra de Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c), consideramos que os autores trabalham intensamente esse tema. O enfoque que a obra apresenta a esse conteúdo é extenso. No capítulo sobre Física Quântica os autores enfatizam em sua introdução o caráter simples e revolucionário da teoria de Planck:

... na Natureza, a energia é emitida ou absorvida em quantidades mínimas denominadas quanta, plural de quantum. Essa hipótese rompia definitivamente com a idéia secular segundo a qual a energia escoava como

um fluido contínuo de um sistema para outro, sem qualquer limitação em relação à quantidade (PENTEADO; TORRES, 2005c, p. 206).

A simplicidade com que os autores apresentam a teoria quântica não é a mesma trabalhada no texto, na qual é realizado um grande aprofundamento. Os mesmos trabalham os fatores que levaram Planck a essa teoria, como a radiação dos corpos negros. Na seqüência trabalham os resultados da mesma e suas conseqüências e aplicações em outras pesquisas da Física, como o efeito fotoelétrico. Avançam ainda mais demonstrando como Bohr aproveitou-se das idéias dessa teoria para reformular o modelo atômico de Rutherford, por meio do estudo dos espectros de emissão do hidrogênio. Realizam as deduções das equações feitas por Bohr a partir do diagrama dos níveis de energia do hidrogênio. Os autores vão avançando cada vez mais na complexidade do assunto abordando, na seqüência, os fenômenos de difração e interferência que induziram os cientistas a discutirem o caráter dual da luz, que posteriormente levaram ao princípio da complementaridade de Bohr<sup>46</sup>. Aprofundando ainda mais o conteúdo, Penteado e Torres (2005c) discutem os fenômenos e experiências que levaram De Broglie a propor o modelo dual também para o comportamento dos elétrons<sup>47</sup>.

Os autores avançam nos acontecimentos históricos da década de 1920 que levaram Schrödinger a propor, em 1926, um comportamento meramente ondulatório das partículas, por meio das funções de onda, que descreve o comportamento quântico da partícula. Nessa seqüência também é abordado o trabalho de Heisenberg que, em 1927, enunciou o Princípio da Incerteza, na qual é impossível medir com precisão a posição e a velocidade de uma partícula em um determinado instante, apenas a probabilidade de se encontrá-lo. Para esse princípio, o autor utiliza-se de um esquema para permitir ao aluno compreender os fatores que levaram Heisenberg a esse princípio.

Todo esse percurso não é abordado em uma leitura complementar, nem mesmo numa caixa de texto, mas em um capítulo com 20 páginas e com um aprofundamento que consideramos satisfatório para o Ensino Médio. Penteado e

---

<sup>46</sup> O Princípio da Complementaridade de Bohr evidencia que, em nível quântico, é necessário utilizar-se tanto dos aspectos corpuscular e quando ondulatórios para se obter uma descrição completa dos sistemas quânticos.

<sup>47</sup> O Princípio da Dualidade Onda-Partícula foi proposto por Louis De Broglie, em 1923, na qual realizou em sua tese de doutorado estudos que evidenciavam que, não só os fótons, mas também os elétrons apresentavam características ondulatórias. A partir disso, concluiu que talvez todas as formas de matéria poderiam apresentar características de onda e partícula, assim como os fótons.

Torres (2005d) evidenciam que a função desse capítulo é fazer com que o aluno abarque esse conteúdo em sua vida intelectual e que dessa forma tenha condição de compreender suas relações com o avanço tecnológico advindo dessas teorias. Com isso, permiti-se ao aluno apropriar-se desses conhecimentos de forma intensa e não superficial e esvaziada. Essa metodologia é aplicada também nos outros dois capítulos, o anterior relacionado à Teoria da Relatividade, e o posterior a esse, que continua o estudo da estrutura nuclear do átomo, trabalhando a radioatividade até os *quarks*, na Física Nuclear.

#### 4.3.5 “Permita a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais”

Os autores Sampaio e Calçada (2005a) apresentam, como exposto anteriormente, uma unidade específica sobre Física Moderna. Nessa unidade, os autores apresentam três capítulos, sendo um relacionado à Teoria da Relatividade, outro sobre Mecânica Quântica e o terceiro sobre Física Nuclear. Esses três capítulos ocupam pouco mais de 30 páginas, de um total de 470 do livro.

Os autores defendem que o ensino da Física deva contribuir

(...)para a formação de uma cultura científica efetiva que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação (SAMPAIO; CALÇADA, 2005e, p. 7).

Isso requer um aprofundamento na exposição dos conhecimentos de Física, que permita ao aluno essas compreensões. Vejamos como isso se manifesta no livro didático. Segundo o *Catálogo* do PNLEM, os autores abordam a construção do conhecimento a partir da visão empirista-indutivista, o que leva a noção de descobertas de teorias científicas por meio de observações livres de pressupostos teóricos (BRASIL, 2008a). Essa forma de apresentação já foi destacada no item 4.2.5, no qual localizamos a forma de apresentação histórica da produção do conhecimento.

Ao realizarmos uma leitura do texto dos autores verificamos que os conhecimentos de Física Moderna são bem explorados. No capítulo sobre Mecânica Quântica, Sampaio e Calçada (2005a) iniciam o seu texto lembrando conhecimentos de Termologia para explicar a radiação do corpo negro e as

conclusões de Planck sobre a emissão de energia na forma de “pacotes”, denominado *quantum*. Amarrado a essa idéia, os autores já explicam o efeito fotoelétrico e as conclusões de Bohr para um modelo atômico com órbitas quantizadas.

Os conhecimentos são bem explorados, mesmo de forma simplificada, mas o aprofundamento muda de um conteúdo para outro. Por exemplo, para o átomo de Bohr os autores apresentam várias equações surgidas a partir do estudo das raias espectrais do hidrogênio. Ao mencionar que os estudos de Bohr apenas serviam para explicar o comportamento do átomo de hidrogênio fazem a chamada para o desenvolvimento da Mecânica Quântica para poder explicar o comportamento dos demais átomos. Nesse momento, os autores apresentam a idéia de De Broglie sobre a dualidade onda-partícula, o Princípio da Complementaridade de Bohr e os trabalhos de Heisenberg sobre o Princípio da Incerteza, sendo este último bem explorado e explicado. Mas, os autores deixam a desejar no momento que não fazem menção ao trabalho de Schrödinger, que compreendemos como sendo muito importante no desenvolvimento da Teoria Quântica.

Sobre a exposição desse conhecimento, Sampaio e Calçada (2005e, p. 16) fazem o seguinte comentário:

Quanto ao átomo de Bohr, não acreditamos que seja necessário o aluno memorizar a fórmula completamente que calcula os níveis de energia. É fundamental que ele saiba que a energia  $E_n$  é inversamente proporcional ao quadrado de  $n$  e que a constante de proporcionalidade é negativa (...)

Isso demonstra que os autores incluem como necessário à formação do aluno a compreensão das equações e modelos matemáticos da Física Moderna e não sua mera memorização e aplicação em cálculos. Mesmo assim, como descrito anteriormente, os autores entendem como necessário compreender e aplicar as equações da Física Moderna. Trata-se de uma aplicabilidade importante na formação acadêmica dos alunos, isto porque quando um aluno apropria-se dos fatores que levam a elaboração de um modelo matemático para explicar um fenômeno físico, este se apropria do verdadeiro conhecimento presente na equação.

#### *4.3.6 Sinopse dos Conhecimentos Abordados*

Para comparar os conhecimentos presentes nos respectivos livros do PNLEM de Física, montamos a tabela 03. Explicitamos aqui que esta foi a parte mais difícil da análise, pois não há nenhum parâmetro que diga se este ou aquele conteúdo de Física Moderna deve ser lecionado no Ensino Médio. Portanto, relacionamos na tabela mencionada os experimentos e conhecimentos presentes em tais obras sobre esse tópico, independente da localização no livro didático. O que buscamos aqui é descrever em uma sinopse o que há de conhecimento nesses tópicos.

Conforme dados obtidos na tabela 01, percebemos a existência de uma repetição em três áreas da Física Moderna nos livros didáticos: Teoria da Relatividade, Mecânica Quântica e Física Nuclear. Ainda há outras como a Astrofísica e a Cosmologia. Alocamos os conhecimentos nessas quatro áreas.

Comparando os dados obtidos percebemos que há diferença na densidade de conhecimentos presentes. Como apontado acima, os autores Penteadó e Torres (2005a, 2005b, 2005c) e Sampaio e Calçada (2005a) apresentam o conteúdo de Física Moderna em unidade didática específica com uma densidade de conhecimentos maiores. Os demais os abordam de forma simplificada e resumida, esvaziando seus livros desse conhecimento científico, que consideramos importantes para a formação do aluno.

Tabela 03 – O Conhecimento de Física Moderna nos Livros Didáticos do PNLEM

LIVRO	Teoria da Relatividade	Mecânica Quântica	Física Nuclear	Demais Conhecimentos
<b>GASPAR (2005a)</b>	Referencial inercial, teoria da relatividade, impossibilidade da simultaneidade, massa relativística, equivalência massa-energia.	Radiação do corpo negro, teoria quântica, efeito fotoelétrico, modelo atômico de Thomson, Rutherford e Bohr, princípio da incerteza.	Partículas elementares da matéria e antimatéria. (na forma de suplemento)	-
<b>GONÇALVES FILHO; TOSCANO, (2007a)</b>	Contração do espaço, massa relativística, equivalência massa-energia.	Dualidade onda-partícula, efeito fotoelétrico, modelo atômico de Thomson e Rutherford.	Radioatividade, partículas elementares da matéria e antimatéria.	-
<b>LUZ; ÁLVARES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	Teoria da relatividade, massa relativística, equivalência massa-energia.	Raios catódicos, modelo atômico de Thomson.	Cíclotron e sincrocíclotron, partículas elementares da matéria e antimatéria.	Cosmologia, estruturas complexas, comportamento caótico da natureza.
<b>PENTEADO; TORRES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	Referencial inercial, relatividade em Newton, experimento de Michelson e Morley, fator de Lorentz, teoria da relatividade, impossibilidade da simultaneidade, dilatação do tempo, contração do espaço, efeito Doppler relativístico, massa relativística, equivalência massa-energia, teoria da relatividade geral.	Radiação do corpo negro, teoria quântica, efeito fotoelétrico, modelo atômico de Bohr, espectro de emissão do hidrogênio, dualidade onda-partícula, princípio da complementaridade, princípio da incerteza.	Estrutura atômica, radioatividade, fissão e fusão nuclear, forças fundamentais da natureza, partículas elementares da matéria e antimatéria.	Astrofísica, cosmologia.
<b>SAMPAIO; CALÇADA, (2005a)</b>	Referencial inercial, teoria da relatividade, dilatação do tempo, contração do comprimento, massa relativística, equivalência massa-energia, teoria da relatividade geral.	Radiação do corpo negro, teoria quântica, efeito fotoelétrico, modelo atômico de Bohr, dualidade onda-partícula, princípio da complementaridade, princípio da incerteza.	Estrutura atômica, radioatividade, fissão e fusão nuclear, força nuclear forte, partículas elementares da matéria e antimatéria.	-

#### 4.4 Aspectos Didático-Metodológicos dos Conteúdos de Física Moderna

Nesse último tópico de análise, evidenciamos as metodologias utilizadas e sugeridas pelos autores para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. Exercícios, leituras complementares, atividades práticas e teóricas são analisadas e expostas. Compreendemos que não adianta apenas um ensino informativo, mas sim formativo, que requer associação dos conhecimentos oriundos dessa ciência com o cotidiano do aluno. As tecnologias cada vez mais avançadas utilizam-se desses conhecimentos. Será que isso se encontra explícito nos livros ou eles apresentam esse conteúdo como sendo algo longínquo da vida do aluno. É isto que passamos a analisar neste momento.

##### 4.4.1 “Permitir uma leitura independente pelo aluno”

Sobre os aspectos didáticos e metodológicos do livro de Gaspar (2005a), o *Catálogo* do PNLEM informa que “a obra prioriza a compreensão conceitual frente ao desenvolvimento de habilidades voltadas exclusivamente para a resolução mecânica de problemas” (BRASIL, 2008a, p. 50).

O capítulo sobre Física Moderna constante na obra é, segundo o próprio autor, estruturado de maneira diferente dos demais. Não há exercícios resolvidos nem exercícios para o aluno resolver. Segundo o autor, essa opção é feita por dois motivos:

Por causa do pouco tempo que os professores têm para cumprir os programas mínimos sugeridos para a física no Ensino Médio e neles, infelizmente, raras vezes se inclui a física moderna; pela dificuldade que os professores têm de trabalhar com esses conteúdos, sobretudo porque são raros os cursos de graduação que os apresentam e, quando o fazem, dificilmente são apresentados no nível do Ensino Médio. (GASPAR, 2005b, p. 207)

O autor continua informando que fica a cargo dos professores, mesmo reconhecendo que esta atividade torna-se quase impossível nas condições estruturais do ensino público do país. O livro adota como política de ensino uma abordagem que “permita uma leitura independente por parte do aluno, (...) tirando desse conteúdo o caráter de ‘conteúdo que vai cair na prova’” (GASPAR, 2005b, p.

207). Objetivo dessa mudança é tornar a leitura mais “prazerosa e fluente”, que podem ser feitas a qualquer momento durante o Ensino Médio.

Assim, nenhuma proposta de atividade didático-metodológica adicional é feita pelo autor. O capítulo resume-se a um texto, dividido em tópicos, que descrevem de forma sucinta a Física Moderna. São apresentadas poucas, quase raras, equações. Dentre as que aparecem no texto estão a de Planck ( $E=h.f$ )<sup>48</sup> e a de Einstein ( $E=m.c^2$ ), sendo a última a única utilizada em um exemplo de cálculo.

As imagens são pouco exploradas, uma vez que o autor já destacou que se trata de um capítulo apresentado de forma resumida. Consta no livro um esquema de um experimento para observação do efeito fotoelétrico e outra para estudo experimental da radiação do corpo negro. Outros temas relacionados à Física Moderna são apresentados na forma de caixas de texto como, por exemplo, um pequeno texto sobre raios cósmicos, mas são aspectos pouco explorados. Nenhuma atividade experimental é sugerida neste capítulo, apesar de encontrarem-se diversas destas ao longo dos demais capítulos.

Sobre a revolução tecnológica oriunda do surgimento das teorias da Física Moderna, o autor exemplifica, nas conclusões do texto, com o *chip*, porém não descreve o que é, nem mesmo explica como os conhecimentos dessa ciência contribuíram no seu desenvolvimento. Outro exemplo de sintonia entre tecnologia e ciência, apresentada pelo autor, é o relógio.

De uma sofisticada máquina mecânica, com um sem-número de rodas dentadas, eixos de rubi e molas, tão cara e duradoura que muitas vezes acompanhava a gerações a mesma família, transformou-se aos poucos em objeto produzido em série, aos milhares, a preços tão reduzidos que se tornou quase sempre descartável. No lugar da sofisticada máquina mecânica, uma máquina quântica, composta de uma única e inacessível cápsula com milhões de circuitos integrados. (GASPAR, 2005a, p. 519)

Porém, novamente não se faz menção aos conhecimentos utilizados para tal evolução. Com isso, a obra de Gaspar (2005a) não se destaca no que se refere à abordagem didática e metodológica. Não há, no contexto do livro, elementos que permitam indicá-lo como uma obra que visa transmitir os conteúdos de Física Moderna de forma aprofundada. Não podemos negar sua presença no livro didático, nem mesmo a ênfase com que o autor defende a sua inserção no Ensino Médio,

---

<sup>48</sup> Um *quantum* de energia ( $E$ ) é diretamente proporcional à frequência da radiação ( $f$ ), onde  $h$  é a constante de Planck ( $h=6,626.10^{-34}$  J.s).

porém subsídios para tal são poucos. Resta ao professor a tarefa de buscar elementos que possam complementar sua atividade ou, quando isso não ocorre, ao aluno que, de forma autodidata, pode vir a ler o texto independentemente, tornando este assunto uma informação complementar a sua formação e não um conteúdo de ensino necessário a sua constituição intelectual.

#### 4.4.2 “Abordagem por meio de trabalhos em grupo”

O *Catálogo* do PNLEM sustenta que, do ponto de vista didático-pedagógico, o livro de Gonçalves Filho e Toscano (2007a) apresenta o conteúdo de “forma contextualizada em torno de uma questão organizadora da aprendizagem” (BRASIL, 2008a, p. 55). De fato, o texto *Luz: onda ou partícula?* inicia apresentando equipamentos que se utilizam de células fotoelétricas para funcionar. A partir disso, trabalha-se todo o texto.

Toda a organização didática dos textos voltados para a Física Moderna está estruturada sobre a idéia de que este tópico será estudado em casa, em leitura complementar pelo aluno. Isso faz com que se exima dos textos abordagens matemáticas, exercícios um pouco mais elaborados. Os autores utilizam-se tão somente de questionários meramente interpretativos sobre o texto, da qual não se necessita conhecer e dominar as leis e teorias da Física Moderna para respondê-los. Basta apenas uma leitura interpretativa. As imagens são pouco exploradas. Não há indicativo de experimentação pelo aluno.

Para o texto suplementar constante no livro do professor mencionado anteriormente, os autores informam que os professores podem utilizá-los para um trabalho em grupo na sala de aula se entenderem interessante. Tal texto, denominado *Núcleo Atômico e a Alquimia do Século XX*, é estruturado na forma de um texto corrido. Da mesma forma como os demais textos, esse traz como atividade apenas questões interpretativas do texto e não há outras proposições de atividades.

#### 4.4.3 “Dividido em pequenos blocos”

Os conteúdos sobre Física Moderna são abordados por Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c) em diversos textos situados no interior dos três volumes e em um capítulo ao final do terceiro volume. O *Catálogo* do PNLEM aponta que os

autores se preocupam em “apresentar o conhecimento científico de forma contextualizada, relacionando-o a situações do cotidiano e de aplicações tecnológicas” (BRASIL, 2008a, p. 36-37).

Os autores apresentam como uma das características o fato dos textos serem divididos em pequenos blocos, para “amenizar” a leitura. São incluídos exercícios qualitativos, semiquantitativos, predominantemente quantitativos que buscam concretizar as idéias expostas no texto na solução de problemas (LUZ; ÁLVARES, 2005d).

Os textos abordados na seção *Um Tópico Especial*, os autores não apresentam deduções, por exemplo, ao discorrem sobre a massa relativística. Luz e Álvares (2005a, p. 173) assim apresentam essa equação: “uma das equações da Teoria da Relatividade afirma que a massa  $m$  de uma partícula que está se movendo

com velocidade  $v$  é dada por  $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ , onde  $m_0$  é a massa de repouso da

partícula, isto é, sua massa quando  $v = 0$ ”. A partir disso ele descreve os efeitos dessa equação, mas não explicam quais são os fatores que levaram Einstein a publicá-la. Ao final de cada um dos textos apresentados nessas caixas, os autores trazem uma lista de exercícios que envolvem questões de interpretação e cálculo. Os autores expressam a seguinte mensagem: “Antes de passar ao estudo da próxima seção, *responda às questões seguintes, consultando o texto sempre que julgar necessário*”. (LUZ; ÁLVARES, 2005a, p. 175) (grifo no original). Não há nessa seção exercícios de múltipla escolha oriundas de provas de vestibular. Este tipo de questão encontra-se no final de cada volume. Porém, não se encontram questões sobre Física Moderna nos volumes 01 e 02.

No terceiro volume, o capítulo *A nova Física* constitui-se de um texto sem presença de equações. As imagens são exploradas, ao contrário das aplicações tecnológicas, que são apresentadas raras vezes. Nenhum exercício ou atividade é proposto neste capítulo, porém na seção que vem ao final do livro denominada *Questões de Vestibular* é apresentada uma subseção intitulada *Questões de Interpretação de Texto*. Luz e Álvares (2005c, p. 387), dirigindo-se aos estudantes, fazem o seguinte comentário:

As questões que serão apresentadas a seguir são baseadas em diversos textos selecionados em exames de vestibular de algumas universidades brasileiras. Elas são usadas, nesses exames, para testar a capacidade de interpretação de textos, à primeira vista. É muito comum o conteúdo de tais textos se referirem a aspectos interessantes e importantes da Física Moderna. Assim, resolvendo estas questões, você estará tendo a oportunidade de entrar em contato com novas idéias e aplicações da Física, que não foram abordadas no desenvolvimento regular de nosso livro.

Os textos abordam temas como microscopia moderna, a descoberta do neutrino, os estudos de idade dos materiais com carbono-14, o efeito fotoelétrico, a antimatéria, o buraco negro. Ao final, são propostas questões de múltipla escolha, de interpretação dos textos. Isso destaca novamente a interpretação anterior que tivemos de que os autores consideram o conhecimento de Física Moderna um complemento e não um conteúdo necessário à formação do aluno. Sua preocupação não é com o domínio do conhecimento pelos estudantes, mas a apreensão de informações que lhes possibilitem a resolução de questões em um teste específico, o vestibular.

#### 4.4.4 “*Despertar a curiosidade científica, o prazer de aprender,*”

Ao analisar a estrutura didático-metodológica da obra de Penteado e Torres (200a, 2005b, 2005c), evidenciamos novamente que este é o único dos livros do PNLEM e que apresenta a Física Moderna estruturada em uma unidade didática.

O *Catálogo* do PNLEM anuncia que “a obra caracteriza-se por articular ao texto central outros, através de caixas de texto, nas quais são discutidas aplicações tecnológicas e apresentadas reproduções de artigos de jornais relacionadas ao assunto em estudo” (BRASIL, 2008a, p. 30). Na unidade de Física Moderna, estes textos são explorados pelo autor nas seções *O que diz a Mídia e Aplicação Tecnológica* em todos os capítulos.

Penteado e Torres (2005d, p. 8) evidenciam como objetivos do seu livro didático, entre outros, “despertar a curiosidade científica, o prazer de aprender, a socialização do conhecimento entre os alunos ao descobrirem algo novo, assim como sua comprovação teórica”. Analisando a forma de apresentação do conteúdo Relatividade percebemos que o tratamento analítico oferecido pelos autores é detalhista e contextualiza as informações para facilitar o processo de apropriação por parte dos alunos, em acordo com os objetivos anunciados. Dispõem ao leitor

toda a discussão teórica que levou Einstein a desenvolver a teoria da relatividade e ainda apresentam toda a dedução da equação da dilatação do tempo:

Consideramos um veículo movendo-se com velocidade constante  $v$  relativamente ao solo, sendo este um referencial inercial. Dentro do veículo (Figura 5.15-A)<sup>49</sup>, uma fonte  $F$  emite um feixe vertical de luz que é registrado num sensor  $S$ , fixo no teto do veículo, após percorrer a distância  $d$ , em um intervalo de tempo  $\Delta t_v$ . Sendo  $c$  a velocidade da luz no vácuo, temos:

$$\Delta t_v = \frac{d}{c}$$

Para um observador parado no solo, o fenômeno é visto como na Figura 5.15-B. De acordo com o segundo postulad<sup>50</sup>, a luz percorre a distância  $FS$ , com a mesma velocidade  $c$ , em intervalo de tempo  $\Delta t_s$ , totalizando uma distância  $c \cdot \Delta t_s$ . Como a distância  $FS$  medida no referencial do solo é maior que a distância  $FS$  medida no referencial do veículo, para a *mesma velocidade*  $c$  concluímos que  $\Delta t_s$  é *maior* que  $\Delta t_v$ ! Isto é, o intervalo de tempo não é absoluto, mas *relativo* ao referencial onde é medido. Assim, se no intervalo de tempo  $\Delta t_s$  o veículo percorre a distância  $v \cdot \Delta t_s$ , pelo teorema de Pitágoras (Figura 5.16), temos: [grifo no original]

$$(c \cdot \Delta t_s)^2 = (v \cdot \Delta t_s)^2 + (c \cdot \Delta t_v)^2$$

$$c^2 \cdot \Delta t_s^2 = v^2 \cdot \Delta t_s^2 + c^2 \cdot \Delta t_v^2$$

$$(c^2 - v^2) \cdot \Delta t_s^2 = c^2 \cdot \Delta t_v^2$$

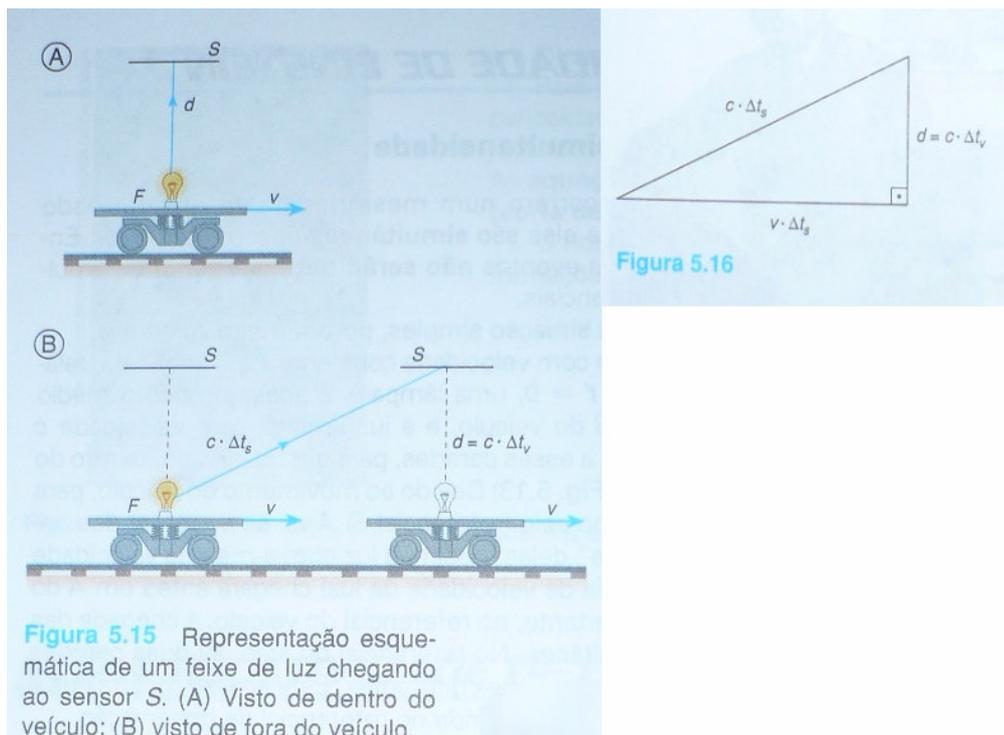
$$\Delta t_s^2 \cdot \left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) = \Delta t_v^2$$

$$\Delta t_s = \frac{\Delta t_v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

(PENTEADO: TORRES, 2005c, p. 192)

<sup>49</sup> Tal figura encontra-se abaixo.

<sup>50</sup> Os autores fazem menção ao segundo postulad<sup>o</sup> elaborado por Einstein sobre a Teoria da Relatividade Especial, que enuncia o Princípio da Constância da Velocidade da Luz, o que significa que a velocidade da luz no vácuo equivale aproximadamente 300.000 km/s para todos os referenciais inerciais, independente da velocidade de movimentação do observador. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007)



Fonte: Penteadó e Torres (2005c, p. 192)

Os exercícios também são explorados de forma intensa. Em todos os capítulos há, pelo menos, umas duas dezenas deles, além dos que se encontram resolvidos. São questões para resolução qualitativa e quantitativa, bem como questões de vestibular. São oferecidas propostas de atividades em grupo e leituras complementares. A importância dessas atividades é ressaltada pelos autores ao destacarem que

A confrontação com situações-problema, novas mas compatíveis com as ferramentas que já dominam ou que venham a dominar no processo, leva o aluno a aprender a desenvolver estratégias de abordagens, a planejar etapas, a estabelecer relações, a verificar regularidades, a fazer uso dos próprios erros para buscar novas alternativas, a adquirir hábitos de pesquisa, a aprender a consultar, a experimentar, a organizar dados, a sistematizar resultados e a validar soluções. Desenvolve, ainda, o raciocínio, a autoconfiança, o sentido de responsabilidade (responder com habilidades) e as capacidades de comunicação e argumentação. (PENTEADO; TORRES, 2005d, p. 9).

Diante dessas informações, fica evidente que o tratamento didático-metodológico oferecidos por Penteadó e Torres (2005a, 2005b, 2005c) permite ao professor uma abordagem aprofundada do conhecimento de Física Moderna. Com

isso, o aluno poderá apropriar-se desse conhecimento para enriquecer sua formação.

#### 4.4.5 “Caráter compacto”

Sobre o livro de Sampaio e Calçada (2005a) o *Catálogo* do PNLEM evidencia que, do ponto de vista pedagógico-metodológico, “a obra estimula diferentes formas de abordagem do conteúdo em sala de aula, apresentando, sempre que viável, possibilidades de adaptação à prática pedagógica do professor” (BRASIL, 2008a, p. 43). Vejamos agora como isso se apresenta no livro didático.

Sampaio e Calçada (2005e) evidenciam que o livro é uma obra compacta, que se ajusta às escolas que dispõem de carga horária reduzida e que, por isso, é deixado de contemplar alguns tópicos ou mesmo um melhor desenvolvimento de certos temas.

Na estrutura da obra observamos que são apresentadas deduções e equações. Ao trabalhar a dilatação do tempo, por exemplo, os autores explicam de maneira contextualizada as idéias que levaram Einstein a formulá-la. Mas as vezes isso aparece de forma incompleta. O desenvolvimento dos cálculos não são apresentados. Se continuarmos com o exemplo da Relatividade, observamos que Sampaio e Calçada (2005a, p. 394) apresentam a equação I e, em seguida, citam a frase “desenvolvendo os cálculos obtemos:” e descreve a equação II sem demonstrar os passos da resolução matemática. Veja:

$$\left[ \frac{c \cdot (\Delta t)}{2} \right]^2 = \left[ \frac{c \cdot (\Delta t')}{2} \right]^2 + \left[ \frac{v \cdot (\Delta t)}{2} \right]^2 \quad \text{Equação I}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad \text{Equação II}$$

Nossas experiências no Ensino Médio demonstram que os alunos não compreenderão os passos matemáticos que fizeram a equação I se tornar a equação II. Inclusive alguns professores poderão apresentar a mesma dificuldade. Isso produz um conhecimento fragmentado. Para as demais equações relacionadas a relatividade, como a contração do comprimento e o aumento da massa de um corpo quando a velocidade tende à velocidade da luz, apenas é apresentada a

equação final. Na contração do comprimento, por exemplo, os autores apenas citam que a equação que relaciona o comprimento ( $L$ ) de um objeto a uma dada velocidade  $v$ , com o seu comprimento ( $L'$ ) em repouso é

$$L = L' \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \quad \text{Equação III}$$

Para exemplificar, os autores utilizam exemplos práticos. Inclusive citam que uma das formas práticas de se comprovar a relatividade foi com a construção de relógios atômicos, equipamentos capazes de medir intervalos de tempo muito pequenos. Nas palavras dos autores:

Um [relógio] foi mantido no solo, enquanto o outro foi colocado em um avião que percorreu uma grande distância a uma grande velocidade em relação à Terra. Terminado o voo, os relógios foram comparados e constatou-se que o relógio do avião estava ligeiramente atrasado em relação ao relógio que foi mantido no solo. (SAMPAIO; CALÇADA, 2005c, p. 395).

Quanto à presença de exercícios e atividades, o livro conta com exemplos já resolvidos e outros para resolver. Estes exercícios propostos são questões quantitativas, do tipo “calcule” ou “determine”, onde são dadas informações sobre um determinado objeto e faz-se aplicação direta nas equações e obtêm-se o valor de uma das incógnitas. No final do livro encontra-se uma seção denominada *Questões e Testes de Vestibulares* que apresenta exercícios sobre Física Moderna de vestibulares de universidades e faculdades de diversas regiões do país. Também há outra seção que contém questões do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), porém nessa seção não há nenhum exercício sobre Física Moderna, visto que este não é um conteúdo explorado pelo ENEM.

Apesar de utilizar-se de exercícios resolvidos e exemplos práticos, apresentar leituras complementares, o caráter compacto da obra faz com se perca elementos importantes na compreensão dos conceitos da Física Moderna. Porém, se o professor se dispuser, esses gargalos podem ser superados e o conteúdo aprofundado.

#### 4.4.6 Comparando os aspectos didático-metodológicos

Novamente nos deparamos com formas de apresentação distintas pelos autores dos conhecimentos de Física Moderna, uma vez que estes dão importâncias

diferentes no que se refere à presença deste conteúdo no Ensino Médio. A tabela 04, abaixo, apresenta uma síntese da avaliação dos aspectos didático-metodológicos dessas obras.

Percebemos que os autores Sampaio e Calçada (2005a) e Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c), que estruturam o conteúdo de Física Moderna em uma unidade didática específica, exploram melhor aspectos como deduções de equações, imagens e exercícios, pois reservam um espaço maior do que os demais em suas obras para esse conteúdo. Gaspar (2005a), Gonçalves Filho e Toscano (2007a) e Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c) desenvolvem essa temática de forma mais compacta, o que lhes impede de abarcar um número maior de imagens, exercícios, relações com o cotidiano, deduções de equações. Também vale a pena lembrar que os dois últimos compreendem que o conhecimento de Física Moderna deva ser ensinado apenas como complemento à formação do aluno no Ensino Médio.

Com isso, encerramos a etapa de análise e construção das inferências e passamos a tecer, nas considerações finais, nossos comentários sobre as informações encontradas e as respostas para as perguntas que induziram esse estudo.

Tabela 04 – Aspectos didático-metodológicos dos livros

LIVRO	Foco Didático-Metodológico	Importância dada ao conteúdo	Dedução de Equações	A presença de Imagens	Relação com o Cotidiano	Aplicação Tecnológica	Atividades complementares	Exercícios	Leituras Complementares
<b>GASPAR (2005a)</b>	Leitura independente do aluno, sem caráter de “conteúdo que cai na prova”	Resumido, na forma de texto corrido	Pouco explorado	Pouco explorado	Pouco explorado	Pouco explorado	Não são propostas	Não são propostos	Em pequenos textos, inseridos no interior do capítulo
<b>GONÇALVES FILHO; TOSCANO, (2007a)</b>	Abordagem por meio de trabalhos em grupo, como leitura complementar	Complemento, na forma de texto corrido e em caixas de texto ao longo da obra e em um suplemento	Pouco explorado	Pouco explorado	Pouco explorado	Apresentado como introdução aos textos	Não são propostas	Questionários interpretativos	Os textos já são disponibilizados como leituras complementares
<b>LUZ; ÁLVARES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	Leitura complementar, porém obrigatória	Complemento, na forma de texto corrido e em caixas de texto ao longo da obra e em um suplemento	Pouco explorado	Explorado	Pouco explorado	Pouco explorado	Não são propostas	Qualitativos e quantitativos	São sugeridas no <i>Manual do Professor</i>
<b>PENTEADO; TORRES, (2005a, 2005b, 2005c)</b>	Despertar a curiosidade científica e o prazer de aprender	Mesmo tratamento dado aos demais conteúdos	Muito explorado	Muito explorado	Explorado	Explorado	Apenas uma atividade é proposta	Qualitativos e quantitativos	Em textos, inserido no interior dos capítulos
<b>SAMPAIO; CALÇADA, (2005a)</b>	Obra compacta, que se destina a escolas com carga horária reduzida	Mesmo tratamento dado aos demais conteúdos	Explorado de forma sintética	Explorado	Pouco explorado	Explorado	Não são propostas	Qualitativos e quantitativos	São sugeridas no <i>Manual do Professor</i>

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

*Um especialista é alguém que sabe quais são os erros que podem ser cometidos em sua área e os evita.*

Werner Karl Heisenberg  
(1901-1976)

Depois de percorrido esse caminho, chegamos às considerações finais dessa pesquisa. O objetivo geral do trabalho foi analisar o conteúdo de Física Moderna nos livros didáticos do PNLEM, atividade que realizamos até o presente momento. Agora nos resta responder os questionamentos que nos levaram a esta pesquisa. Antes relembramos o caminho que traçamos nesse trabalho.

A crescente discussão sobre a inserção da Física Moderna no Ensino Médio, juntamente com a inserção do livro didático de Física no PNLEM, foram os motivos que deram início a este estudo. Desta forma nos questionamos como os autores disponibilizam e abordam esse tema em suas obras.

Defendemos nesse trabalho a inserção da Física Moderna no Ensino Médio por dois motivos. Por um lado, a educação é uma atividade meramente humana, na qual se busca transmitir as novas gerações os conhecimentos anteriormente elaborados pelo ser humano. Para os conhecimentos advindos das ciências da natureza e, neste caso específico, os da Física isso é de suma importância, uma vez que compreendemos que o ser humano se diferencia dos animais pela forma como transforma a natureza para adaptá-la as suas necessidades. Desta forma, quanto maior for a compreensão das causalidades da natureza, maior será o poder de ação do homem sobre ela tanto para sua exploração como para sua conservação. Com isso, defendemos que sejam transmitidos as novas gerações os mais avançados conhecimentos advindos das ciências que, no caso da Física, são os oriundos da Física Moderna.

Por outro lado, vivemos atualmente em uma sociedade alicerçada na exploração do capital, onde há duas classes distintas: os exploradores da força de trabalho, os capitalistas, e os que vendem sua força de trabalho, os trabalhadores. A preocupação neste trabalho com o ensino público é o fato de que há no país uma tendência forte dos trabalhadores encaminharem seus filhos para essas instituições de ensino. Somente com a instrução da classe trabalhadora é que esta poderá visualizar sua condição de exploração e propor uma superação desse modelo

econômico-social. Para tal, os conhecimentos da Física Moderna também são importantes.

Porém, de nada adianta inserimos esse conteúdo no Ensino Médio de forma esvaziada de conhecimento científico, como um simples componente do currículo. A defesa do ensino de Física Moderna no Ensino Médio neste trabalho também leva em consideração a forma como este é apresentado ao professor e ao aluno no livro didático. É necessário que o livro didático permita o domínio dos conteúdos específicos em questão. É preciso que o aluno compreenda as rupturas ocasionadas pelas teorias advindas da Física Moderna, as transformações tecnológicas proporcionadas por elas, as questões éticas envolvidas no uso desses conhecimentos para fins bélicos, entre outros. Isso só é possível se o mesmo se aproprie desse conteúdo de forma densa e efetiva.

O conhecimento científico é um produto prático, histórico e social, advindo de uma atividade metódica, regulamentada por procedimentos de análise e leitura de dados. Desta forma, deve-se apresentar as anomalias, as proposições de solução, os experimentos, as condições tecnológicas, o contexto histórico-social, as conclusões, enfim a história e a historicidade da produção dos conhecimentos da Física Moderna. Todos esses tópicos, entre outros, são convertidos em conteúdos de ensino por meio de um processo denominado aqui de transposição didática, que converte o conhecimento científico em conhecimento escolar. O livro didático, local onde se expressam esses conteúdos já transpostos, é o objeto de estudo nesse trabalho.

A análise do livro didático de Física do PNLEM ocorreu por quatro frentes de trabalho. Primeiro, a análise da opinião dos autores dessas obras sobre a presença desse conteúdo ainda no Ensino Médio. Segundo, como são abordadas as questões históricas nesses livros. Terceiro, quais conhecimentos de Física Moderna são trabalhados pelos autores. Quarto, que tratamento didático-metodológico é dado a esse conteúdo.

Esses quatro tópicos permitiram a identificação do aprofundamento dado pelo livro didático ao conhecimento de Física Moderna e, pelos dados apresentados, podemos afirmar que há diferença entre o tratamento dado em cada obra. A explicitação da forma de apresentação dos aspectos teórico-metodológicos e históricos de produção do conhecimento também levam à mesma conclusão. Isso

apresenta implicações sobre a possibilidade de apropriação desses conhecimentos por parte do aluno.

No que se refere à presença dos conteúdos de Física Moderna no livro didático, podemos afirmar que todos os autores os apresentam, sejam na forma de capítulos, unidades, textos complementares ou mesmo suplementos destinados a atividades em paralelo. Mas isso reflete pensamentos diferentes dos autores. Enquanto Gaspar (2005a), Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c) e Sampaio e Calçada (2005a) defendem a inserção desse conhecimento como um conteúdo, Gonçalves Filho e Toscano (2005a) e Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c) compreendem que os conteúdos de Física Moderna são apenas complementares a formação do aluno. Com isso, a forma com que os autores abordam em suas obras esse conhecimento é diferente. Enquanto os três primeiros realizam um tratamento mais aprofundado sobre esse assunto, destinando capítulos ou até mesmo unidades didáticas inteiras, os demais apenas apresentam textos complementares.

Na justificativa desse trabalho, uma das inquietações que levaram ao desenvolvimento desse trabalho estava relacionada à presença de um núcleo comum de conteúdos de Física Moderna nos livros didáticos. De acordo com a tabela 01 (p. 107), percebemos que a Teoria da Relatividade é comum a todos os livros. Talvez isso se explique pelo fato da popularidade e notoriedade adquiridas por Einstein e pelo impacto que esse conhecimento produziu na sociedade, no início do século XX. Se analisarmos agora a tabela 03 (p. 128), que descreve mais detalhadamente os conhecimentos presentes nessas obras observa-se que todos os livros trazem assuntos relacionados a três temas centrais: a já mencionada Teoria da Relatividade, a Mecânica Quântica e a Física Nuclear. Isso reflete a presença de um núcleo comum de campos da Física Moderna a serem ensinados. Porém, as obras se distinguem no que se refere à densidade com que apresentam esses conteúdos.

A referida densidade é outro questionamento levantado anteriormente. Refere-se à intensidade com que o livro didático disponibiliza o conhecimento aos alunos. Pelo lado comparativo, os livros apresentam o conteúdo com densidades distintas. Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c) e Sampaio e Calçada (2005a) são os autores que mais se aprofundam nesse quesito. A tabela 3 reflete a quantidade de tópicos dentro desses três campos abordados por esses autores. Isto porque esses autores trazem em suas obras uma unidade didática inteira sobre

Física Moderna. No aspecto didático-metodológico, esses autores também se destacam por apresentarem proposições de exercícios, atividades, aplicações tecnológicas entre outros muito além dos demais.

Quanto ao quesito apropriação do conhecimento durante o processo de ensino-aprendizagem, verificamos que os autores Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c) são os que mais se aprofundam em detalhes. Isso é de fundamental importância, uma vez que um conteúdo superficial requer muito mais capacidade didática do professor e intelectual do aluno para compreender os conhecimentos e as implicações ali presentes. Na seqüência, verificamos que Sampaio e Calçada (2005a) apresentam uma metodologia de ensino muito próxima dos autores anteriores, porém de forma mais enxuta, uma vez que seu livro se apresenta na forma de volume único. Os demais autores apresentam os conteúdos de Física Moderna apenas como textos informativos, propondo poucas atividades, o que se torna meramente informativo e não formativo.

Enfim, um dos pontos fortes do PNLEM é a possibilidade de escolha realizada pelos professores. O estudo aqui desenvolvido demonstra que os livros oferecidos pelo MEC apresentam de forma diferenciada os conteúdos de Física Moderna. Se analisarmos esse quesito como um dos critérios de seleção, as obras didáticas apresentam-se como opções de escolha para o professor, uma vez que abordam esse conteúdo de forma diferenciada. Portanto, não se trata apenas de impressões gráficas diferentes, mas sim abordagens diferentes, com intensidades diferentes no que se refere ao aprofundamento dos conhecimentos de Física Moderna.

Os dados oriundos da análise dos livros didáticos de Física no PNLEM, por meio do estudo da forma de apresentação do conteúdo de Física Moderna, exaltam como obra que mais enfatiza esse conhecimento o livro de Penteado e Torres (2005a, 2005b, 2005c). Estes autores abordam os tópicos desse campo da ciência de forma mais intensa e densa, seguidos pelos autores Sampaio e Calçada (2005a). Apesar de Gaspar (2005a) defender de forma enfática a inserção da Física Moderna no Ensino Médio, o capítulo por ele apresentado contém conteúdo defasado, meramente informativo. Já os autores Gonçalves e Toscano (2007a) e Luz e Álvares (2005a, 2005b, 2005c), que apontam que a Física Moderna seja meramente informativa no Ensino Médio, lecionada apenas nos casos em que

houver tempo ou então em atividade curriculares paralelas, trazem em suas obras textos vazios de proposições de atividades e conhecimento.

Não poderia deixar de mencionar aqui que, conforme alertamos anteriormente, os autores Sampaio e Calçada apresentam a mesma obra em volume único e em três volumes. As informações coletadas na obra de volume único se aplicam igualmente para a obra em três volumes.

Ao final desse trabalho observamos que, de uma forma mais densa ou menos densa, os livros didáticos de Física do PNLEM apresentam algum texto, capítulo ou unidade didática sobre os conhecimentos advindos da Física Moderna. Basta agora o professor se empenhar em ensiná-los e permitir aos seus alunos mergulhar no mundo da relatividade, do *quantum*, da dualidade, da probabilidade, da incerteza da natureza.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Geraldo Peçanha de. **Transposição didática: por onde começar.** São Paulo: Cortez, 2007.

ALVES, Cláudia Maria Costa. **Exército como campo de constituição de sujeitos políticos no Império.** Bragança Paulista: EDUSP, 2002.

ALVETTI, Marco Antônio Simas. **Ensino de física moderna e contemporânea e a revista *Ciência Hoje*.** Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Florianópolis, 1999.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências.** Campinas, SP: Papirus, 1990.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico.** São Paulo: Contraponto, 1996.

BAPTISTA, José Plínio. Os princípios fundamentais ao longo da história da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física.** v. 28, n. 4, p. 541-553, 2006.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo.** Lisboa: Edições 70, 1995.

BHASKAR, Roy. Societies. In: BHASKAR, Roy. **The possibility of naturalism.** Brighton: The Harvester Press, 1979.

BITTENCOURT, Circe Maria Fernandes. Em foco: história, produção e memória do livro didático. **Educação e Pesquisa.** v. 30, n. 3. São Paulo: Set/2003.

BOHR, Niels. **Física atômica e conhecimento humano: ensaios 1932-1957.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1995.

BORGES, Mauro Duro. **Física moderna e contemporânea no ensino médio: uma experiência didática com a teoria da relatividade restrita.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2005.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Claudio. **Breve história da ciência moderna: convergência de saberes.** v. 1. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

\_\_\_\_\_. **Breve história da ciência moderna: das luzes ao sonho do doutor Frankenstein.** v. 3. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005.

\_\_\_\_\_. **Breve história da ciência moderna: a belle-époque da ciência.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.

\_\_\_\_\_. **Breve história da ciência moderna: das máquinas do mundo ao universo-máquina.** v.2. 2. ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências da natureza, matemáticas e suas tecnologias.** vol. III. Brasília: MEC, 2000.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais do ensino médio (PCN+): ciências da natureza e suas tecnologias.** vol. III. Brasília: MEC, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Editais de convocação para inscrição de livro didático no PNLEM/2007.** Brasília: MEC, SEB, 2005.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação. **Física: catálogo do Programa Nacional do Livro do Ensino Médio – PNLEM 2009.** Brasília: MEC, 2008a.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Básica. **Orientações curriculares para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias.** vol. 02. Brasília: MEC, 2008b.

BRENNAN, Richard P. **Gigantes da física: uma história da física moderna em oito biografias.** Rio de Janeiro, Jorge Zahar Ed. 2003.

BRODY, David Eliot; BRODY, Arnold R. **As sete maiores descobertas científicas da história e seus autores.** São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

CAMARGO, A. J. **A introdução da física moderna no 2º grau: obstáculos e possibilidades.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 1996.

CANTOR, G. The rhetoric of experiment. In: GOODING, D. PINCH, T & SCHAFFER, S. **The uses of experiment – studies in the natural sciences.** Cambridge University Press, 159-180, 1993.

CARVALHO, João Bosco Pitombeira de. Políticas públicas e o livro didático de matemática. **Bolema.** Ano 21, n. 29: pp.1-11. Rio Claro: abr. 2008.

CARVALHO JÚNIOR, Antônio; PEREIRA, Edenise; VASCONCELOS, Vilani. **A transposição didática no livro didático de física.** III Encontro de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. Fortaleza, 2008.

CHAUÍ, Marilena. **Escritos sobre a universidade.** São Paulo: Editora UNESP, 2001.

CHASSOT, Attico. **A ciência através dos tempos.** 2. Ed. São Paulo: Moderna, 2004.

CHEVALLARD, Yves. **La transposition didactique**: du savoir savant au savoir enseigné. La Pensée Sauvage Éditions: Grenoble, 1991.

CHEVALLARD, Yves; JOHSUA, Marie-Alberte. **Um exemplo de análise da transposição didática**: a noção de distância. v. 3.1. Grenoble: Le Pensée Sauvage, 1982.

CHIARELLI, Rogério Avila. **Física moderna e contemporânea no ensino médio**: é possível abordar conceitos de mecânica quântica? Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2006.

COIMBRA, Sandra Gonçalves. **A formação de uma cultura científica no ensino médio**: o papel do livro didático de física. Dissertação de Mestrado. (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Universidade de Brasília. Brasília, 2007.

D'AGOSTIN, Aline. **Física moderna e contemporânea**: com a palavra os professores do ensino médio. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação. Universidade Federal do Paraná (UFPR). Curitiba, 2008.

DANONHI NEVES, Marcos Cesar. A história da ciência do ensino de física. **Revista Ciência & Educação**, v. 5(1), p. 73-81, 1998.

DELLA FONTE, Sandra Soares. Filosofia da educação e a “agenda pós-moderna”. In: **Anais 26ª Reunião da Anped**. Caxambu, 2003.

DEUTSCH, David. **A essência da realidade**. São Paulo: Makron Books, 2000.

DUARTE, Newton. **A relação entre o lógico e o histórico no ensino da matemática elementar**. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Educação e Ciências Humana) – Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE – Universidade Federal de São Carlos – São Carlos, 1987a.

\_\_\_\_\_. O compromisso político do educador no ensino de matemática. In: OLIVEIRA, Betty; DUARTE, Newton. **Socialização do saber escolar**. São Paulo: Cortez, Autores Associados, 1987b.

\_\_\_\_\_. **A individualidade para-si**: contribuição a uma teoria histórico-social da formação do indivíduo. 1. ed. Campinas, SP: Editores Associados, 1993.

\_\_\_\_\_. Concepções afirmativas e negativas sobre o ato de ensinar. **Cadernos CEDES**, vol. 19, nº. 44, p. 85-106. Brasília: Abr. 1998.

\_\_\_\_\_. Conhecimento tácito e conhecimento escolar na formação do professor (por que Donald Schön não entendeu Luria). **Educação e Sociedade**. vol. 24. n. 83, p. 601-625. Campinas: Ago. 2003.

\_\_\_\_\_. A rendição pós-moderna à individualidade alienada e a perspectiva marxista da individualidade livre e universal. In: DUARTE, Newton (Org). **Crítica ao fetichismo da individualidade**. Campinas: Autores Associados, 2004.

\_\_\_\_\_. **Vigotski e o “aprender a aprender”**: críticas das apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana. 4. Ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2006.

EAGLETON, Terry. **As ilusões do pós-modernismo**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da física**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar Ed., 2008.

ENGELS, Friedrich. **A dialética da natureza**. 6. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

FARIA, Ana Lúcia G. de. **Ideologia no livro didático**. 4. ed. São Paulo: Cortez e Autores Associados, 1986.

FERREIRA, Berta Weil. Análise de conteúdo. **Revista Aletheia**. n.11, p. 13-20. Jan-Jun. de 2000.

FEYNMAN, Richard P. **Física em seis lições**. Rio de Janeiro, Ediouro, 2004.

FOSTER, John Bellamy. Em defesa da história. In: WOOD, Ellen Meiksins; FOSTER, John Bellamy (Orgs). **Em defesa da história: marxismo e pós-modernidade**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999.

FRACALANZA, Hilário; MEGID NETO, Jorge (Orgs). **O livro didático de ciências no Brasil**. Campinas: Komedi, 2006.

FRANCO, Maria Laura Puglisi Barbosa. **Análise de conteúdo**. 2. ed. Brasília: Liber Livro Editora, 2005.

FREITAG, Bárbara; MOTTA, Valéria Rodrigues; COSTA, Wanderley Ferreira da. **O estado da arte do livro didático no Brasil**. Brasília: INEP, EDUC, 1987.

\_\_\_\_\_. **O livro didático em questão**. São Paulo: Cortez, 1989.

FREITAS, Néli Klix; HAAG, Melissa. O livro didático ao longo do tempo: a forma do conteúdo. **DAPesquisa**. v. 03, Florianópolis, 2008.

GADOTTI, Moacir. **História das idéias pedagógicas**. 8. ed. São Paulo: Ática, 2005.

GARCIA, Tânia Maria F. Braga; PIVOVAR, Luiz Eduardo. **Significados das orientações metodológicas nos livros didáticos de física do ponto de vista dos professores**. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.

GASPAR, Alberto. **Física**. 1. ed. vol. único. São Paulo: Editora Ática, 2005a.

\_\_\_\_\_. Física: manual do professor. In: \_\_\_\_\_. **Física**. 1. ed. vol. único. Livro do Professor. São Paulo: Editora Ática, 2005b.

GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **Física**. 1. ed. vol. único. São Paulo: Editora Scipione, 2007a.

\_\_\_\_\_. Assessoria pedagógica. In: \_\_\_\_\_. **Física**. 1. ed. vol. único. Livro do Professor. São Paulo: Editora Scipione, 2007b.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física**. 7. ed. vol. 4. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

HAWKING, Stephen. **Uma breve história do tempo: do Big Bang aos buracos negros**. 30. ed. Rio de Janeiro, Rocco, 2000.

\_\_\_\_\_. **O universo numa casca de noz**. 2. ed. São Paulo: Mandarim, 2001.

HEISENBERG, Werner. **Física e filosofia**. 3. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1995.

HEISENBERG, Werner; *et. al.* **Problemas da física moderna**. São Paulo: Perspectiva, 2000.

HOBBSAWN, Eric J. **As origens da revolução industrial**. São Paulo: Global Editora, 1979.

\_\_\_\_\_. **A era das revoluções**. 17. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2003.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior. **Relatividade restrita no início do ensino médio: elaboração e análise de uma proposta**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Florianópolis (UFSC), Florianópolis, 2005.

KARAM, Ricardo Avelar Sotomaior; SOUZA CRUZ, Sonia Maria Silva Correa de; COIMBRA, Débora. Tempo relativístico no início do ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 28, n. 3, p- 373-386. São Paulo: jul/2006.

KNELLER, George. **A ciência como atividade humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1980.

KONDER, Leandro. **O que é dialética?** 28ª Ed. São Paulo: Editora Brasiliense S.A., 1998.

KUHN, Thomas. **A estrutura das revoluções científicas**. 2. ed. São Paulo: Perspectiva, 1987.

LEITE, Vanessa Mendes; SILVEIRA, Hélder Eterno da; DIAS, Silvano Severino. Obstáculos epistemológicos em livros didáticos: um estudo das imagens de átomos.

**Candombá.** Revista Virtual, v. 2, n. 2, p. 72-79, jul/dez 2006. Acessado em 14 de novembro de 2008.

LEONTIEV, Alexix. **O desenvolvimento do psiquismo.** 2. ed. São Paulo: Centauro, 2004.

LESSA, Sérgio. **Mundo dos homens: trabalho e ser social.** 1. ed. São Paulo: Bomtempo Editorial, 2002.

\_\_\_\_\_. **Para compreender a ontologia de Lukács.** 3. ed. Ijuí: Editora Ijuí, 2007.

LIBÂNEO, José Carlos. **Fundamentos teóricos e práticos do trabalho docente: estudo introdutório sobre pedagogia e didática.** 1990. Tese de Doutorado. (Doutorado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação da Pontifícia Universidade Católica – PUC. São Paulo.

\_\_\_\_\_. **Democratização da escola pública: a pedagogia crítico-social dos conteúdos.** 17. ed. São Paulo: Loyola, 2001.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia e pedagogos, para quê?** 7. ed. São Paulo: Cortez, 2004.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química.** Dissertação de Mestrado. IESAE, FGV: Rio de Janeiro, 1990.

\_\_\_\_\_. Livros didáticos: obstáculos verbais e substancialistas ao aprendizado da ciência química. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos.** Brasília, vol. 74, n. 177, p. 309-334, mai/ago. 1993.

\_\_\_\_\_. **Currículo e epistemologia.** Ijuí – RS: Ed. Unijuí, 2007.

LUKÁCS, György. **Per l'ontologia dell'essere sociale.** Roma: Riuniti, 1981. v. II, liv. I.

\_\_\_\_\_. **Ontologia del ser social: el trabajo.** 1. ed. Buenos Aires: Herramienta, 2004.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. **Física.** 1. ed. vol. 01. São Paulo: Editora Scipine, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Física.** 1. ed. vol. 02. São Paulo: Editora Scipine, 2005b.

\_\_\_\_\_. **Física.** 1. ed. vol. 03. São Paulo: Editora Scipine, 2005c.

\_\_\_\_\_. Assessoria pedagógica In: \_\_\_\_\_. **Física.** 1. ed. vol. 03. São Paulo: Editora Scipine, 2005d.

MARTINS, José do Prado. **Didática geral: fundamentos, planejamento, metodologia, avaliação.** São Paulo: Atlas, 1985.

MARX, Karl. **Formações econômicas pré-capitalistas**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

\_\_\_\_\_. **O capital**: crítica da economia política. 15. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Sant'Ana, 1996. v. 1.

MARX, Karl; ENGELS, Friedrich. **A ideologia alemã**. São Paulo: Boitempo, 2007a.

\_\_\_\_\_. **A ideologia alemã**. São Paulo: Martin Claret, 2007b.

MEDEIROS, João Leonardo. Sete teses sobre o mundo social (e sobre o conhecimento deste mundo). In: **A economia diante do horror econômico**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, UFRJ.

MEGID NETO, Jorge; FRACALANZA, Hilário. O livro didático de ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**. v. 9, n. 2, São Paulo, 2003.

MÉSZÁROS, István. **O desafio e o fardo do tempo histórico**: o socialismo no século XXI. São Paulo: Boitempo, 2007.

MOLINA, Olga. **Quem engana quem?** Professor x livro didático. Campinas, Papirus, 1987.

MORAES, Maria Célia Marcondes de (org). **Iluminismo às avessas**: produção de conhecimento e política de formação docente. Rio de Janeiro: DP&A, 2003.

MORAES, Maria Célia Marcondes de. Os “pós-ismos” e outras quarelas ideológicas. **Perspectiva**. Florianópolis, NUP/CED; Editora da UFSC, v. 14, n. 25, jan./jun. 1996.

\_\_\_\_\_. Recuo da teoria: dilemas na pesquisa em educação. **Revista Portuguesa de Educação**. ano/vol. 14, n. 001. Portugal, 2001.

\_\_\_\_\_. Ceticismo epistemológico, ironia complacente: indagações acerca do neopragmatismo de Richard Rorty. In: MORAES, Maria Célia Marcondes de (org.). **Iluminismo às avessas**: produção de conhecimentos e políticas de formação docente. Rio de Janeiro: DP&A, 2003.

\_\_\_\_\_. O renovado conservadorismo da agenda pós-moderna. **Cadernos de Pesquisa**. Brasília: v. 34, n. 122, mai./ago, 2004.

\_\_\_\_\_. Indagações sobre o conhecimento no campo da educação. Mimeo (texto base para mini-curso do GT-17). In: **Anais: 30a. Reunião Anual da ANPEd**. Caxambu, 2007.

MORI, Iracema. **Viver e aprender**. São Paulo: Saraiva, 2004.

NANDA, Meera. Contra a destruição/desconstrução da ciência: histórias cautelares do terceiro mundo. In: WOOD, Ellen Meiksins; FOSTER, John Bellamy (Orgs). **Em defesa da história**: marxismo e pós-modernidade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999.

NÉRICI, Imídeo Giuseppe. **Introdução à didática geral**. 15. ed. São Paulo: Atlas, 1985.

NORRIS, Christopher. **Epistemologia: conceitos-chave em filosofia**. Porto Alegre: Artmed, 2007.

OLIVEIRA, Betty. Implicações sociais inerentes ao uso dos procedimentos pedagógicos: um exemplo. In: OLIVEIRA, Betty; DUARTE, Newton. **Socialização do saber escolar**. São Paulo: Cortez, Autores Associados, 1987a.

\_\_\_\_\_. A prática social global como ponto de partida e de chegada da prática educativa. In: \_\_\_\_\_. **Socialização do saber escolar**. São Paulo: Cortez, Autores Associados, 1987a.

OLIVEIRA, Fábio Ferreira de. **O ensino de física moderna com enfoque CTS: uma proposta metodológica para o ensino médio usando o tópico raios X**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós Graduação em Educação – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Rio de Janeiro, 2006.

OLIVEIRA, João Batista Araújo; GUIMARÃES, Sônia Dantas Pinto; BOMÉNY, Helena Maria Bousquet. **A política do livro didático**. São Paulo: Sarmus, 1984.

OLIVEIRA, Pérsio Santos de. **Introdução a sociologia**. 19. ed. São Paulo: Editora Ática, 1999.

OSTERMANN, Fernanda. **Tópicos de física contemporânea no ensino médio na formação de professores de física**. Tese de Doutorado. 2000. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre.

PEDUZZI, Luiz; BASSO, Andreza. Para o ensino do átomo de Bohr no nível médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 4, p. 545-557, 2005.

PENTEADO, Paulo Cesar; TORRES, Carlos Magno. **Física – ciência e tecnologia**. 1. ed. vol. 01. São Paulo: Moderna, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Física – ciência e tecnologia**. 1. ed. vol. 02. São Paulo: Moderna, 2005b.

\_\_\_\_\_. **Física – ciência e tecnologia**. 1. ed. vol. 03. São Paulo: Moderna, 2005c.

\_\_\_\_\_. Suplemento para o professor. In: \_\_\_\_\_. **Física – ciência e tecnologia**. 1. ed. vol. 03. São Paulo: Moderna, 2005d.

PFROMM NETTO, Samuel; DIB, Claudio Zaki; ROSAMILHA, Nelson. **O livro na educação**. Rio de Janeiro: Primor/INL, 1974.

PIETROCOLA, Maurício. **A história e a epistemologia no ensino da física: aspectos individual e coletivo na construção do conhecimento científico**, 1993.(mimeo).

PINHO ALVES, José. Regras da transposição didática aplicada ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 17. nº 2. Florianópolis, ago/2000a.

\_\_\_\_\_. **Atividades experimentais: do método à prática construtivista.** Tese de Doutorado – Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2000b.

PINSKY, Jaime. **Estado e livro didático.** São Paulo: UNICAMP, 1985.

PIZA, Antônio F. R. de Toledo. **Schrödinger & Heisenberg: a física além do senso comum.** 2. ed. São Paulo: Odysseus Editora, 2007.

PRETTO, Nelson de Luca. **A ciência nos livros didáticos.** Campinas-SP: Ed. da UNICAMP; Salvador: CED/UFBA, 1985.

REZENDE Jr., Mikael Frank. **Fenômenos e a introdução da física moderna e contemporânea no ensino médio.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2001.

ROCHA FILHO, João Bernardes da. **Física e psicologia: as fronteiras do conhecimento científico aproximando a física e a psicologia junguiana.** 2. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

ROSA, Cleci Wercer da, ROSA, Álvaro Becker da. Ensino de física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias.** V. 4, n.1, 2005.

ROSSLER, João Henrique. A educação como aliada da luta revolucionária pela superação da sociedade alienada. In: DUARTE, Newton (Org.). **Crítica do fetichismo da individualidade.** Campinas, SP: Autores Associados, 2004.

RUGGIERO, Marta Abdelnur; BASSO, Itacy Salgado. A matemática no livro didático: uma reflexão crítica na perspectiva histórico-crítica. **Bolema.** Ano 16, n. 20. Rio Claro: 2003.

SALEM, Sonia; KAWAMURA, Maria Regina D. Banco de referências de ensino em física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física.** v. 10, n. 3: 247-57, Florianópolis, dez/1993.

\_\_\_\_\_. **Dissertações e teses em ensino de física no Brasil: um panorama do período 1972-2005.** XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Curitiba, 2008.

SAMPAIO, José Luiz Pereira; CALÇADA, Sérgio Vasques. **Universo da física**. 2. ed. vol. único. São Paulo: Saraiva, 2005a.

\_\_\_\_\_. **Física**. 2. ed. vol. 01. São Paulo: Editora Saraiva, 2005b.

\_\_\_\_\_. **Física**. 2. ed. vol. 02. São Paulo: Editora Saraiva, 2005c.

\_\_\_\_\_. **Física**. 2. ed. vol. 03. São Paulo: Editora Saraiva, 2005d.

\_\_\_\_\_. Manual do Professor. In: \_\_\_\_\_. **Física**. 2. ed. vol. único. São Paulo: Editora Saraiva, 2005e.

SANT'ANNA, Diogo C.; BITTENCOURT, Jane; OLSSON, Sandra. Transposição e mediação didática no ensino de frações. **Bolema**. Ano 20, n. 27: 71-91, Rio Claro, maio de 2007.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação e do Desporto. **Proposta curricular de Santa Catarina**: educação infantil, ensino fundamental e médio. Disciplinas curriculares. Florianópolis: COGEN, 1998.

SANTOS, Sandra Maria de Oliveira. **Critérios para avaliação de livros didáticos de química para o ensino médio**. 2006. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Universidade de Brasília. Brasília.

SAVIANI, Dermeval. **Escola e democracia**. São Paulo: Cortez e Autores Associados, 1983.

\_\_\_\_\_. **Escola e democracia**: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política. 31. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 1997.

\_\_\_\_\_. **História das idéias pedagógicas no Brasil**. Campinas: Autores Associados, 2007.

\_\_\_\_\_. **Pedagogia histórico-crítica**: primeiras aproximações. 10. ed. rev. Campinas, SP: Autores Associados, 2008.

SCHRÖDINGER, Erwin. **O que é a vida?** Aspectos físicos da célula viva. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1997.

SHIROMA, Eneida Oto; MORAES, Maria Célia Marcondes de; EVANGELISTA, Olinda. **Política educacional**. Rio de Janeiro: DP&A, 2000.

TERRAZAN, Eduardo Adolfo. 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.

\_\_\_\_\_. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média.** Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.

TIPLER, Paul Allen. **Física para cientistas e engenheiros.** 4. ed. vol. 03. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

TONET, Ivo. **Educação e concepções de sociedade.** Marília, SP: 1998. Disponível em: <http://www.ivotonet.xpg.com.br>. Acessado em: 15 de maio de 2009.

\_\_\_\_\_. **Educação, cidadania e emancipação humana.** Ijuí: Editora Unijuí, 2005.

\_\_\_\_\_. **Marxismo para o século XXI.** In: TONET, Ivo. *Em defesa do futuro.* Maceió: EDUFAL, 2005b.

TRIVIÑOS, Augusto Nivaldo Silva. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação.** São Paulo: Editora Atlas, 1987.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – PUC . Instituto de Física. **Ensino de física no Brasil:** catálogo analítico de dissertações e teses (1972-1992). São Paulo: s.n., 1992.

\_\_\_\_\_. **Ensino de física no Brasil:** catálogo analítico de dissertações e teses (1992-1995). São Paulo: s.n., 1995.

\_\_\_\_\_. **Ensino de física no Brasil:** catálogo analítico de dissertações e teses (1995-2004). São Paulo: s.n., 2005.

VALENTE, Ligia; *et. al.*  **$E=mc^2$ :** uma abordagem para a física moderna e contemporânea no ensino médio. In: X Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, 2006, Londrina. Atas do X EPEF, 2006.

VERRET, Michel. **Le temps des études.** Lille: Atelier de Réproduction de Thèses, 1975.

VIGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1993.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1994.

VYGOTSKY, Lev Semenovich; LURIA, Alexander Romanovich. **Estudos sobre a história do comportamento:** o macaco, o primitivo e a criança. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

WEBBER, Márcia Cândida Montano. **Inserção de mecânica quântica no ensino médio:** uma proposta para professores. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 2006.

WOOD, Ellen Meiksins. O que é a agenda pós-moderna. In: WOOD, Ellen Meiksins; FOSTER, John Bellamy (Orgs). **Em defesa da história:** marxismo e pós-modernidade. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 1999.

\_\_\_\_\_. **A origens do capitalismo.** Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2001.

WUO, Wagner. **A física e os livros:** uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio. Dissertação de Mestrado. (Mestrado em Educação: História, Política, Sociedade) Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE – Pontifícia Universidade Católica (PUC) – São Paulo, 1999.

\_\_\_\_\_. **A física e os livros:** uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio. São Paulo: EDUC; FAPESP, 2000.

ZANETIC, João. **Física também é cultura.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1989.

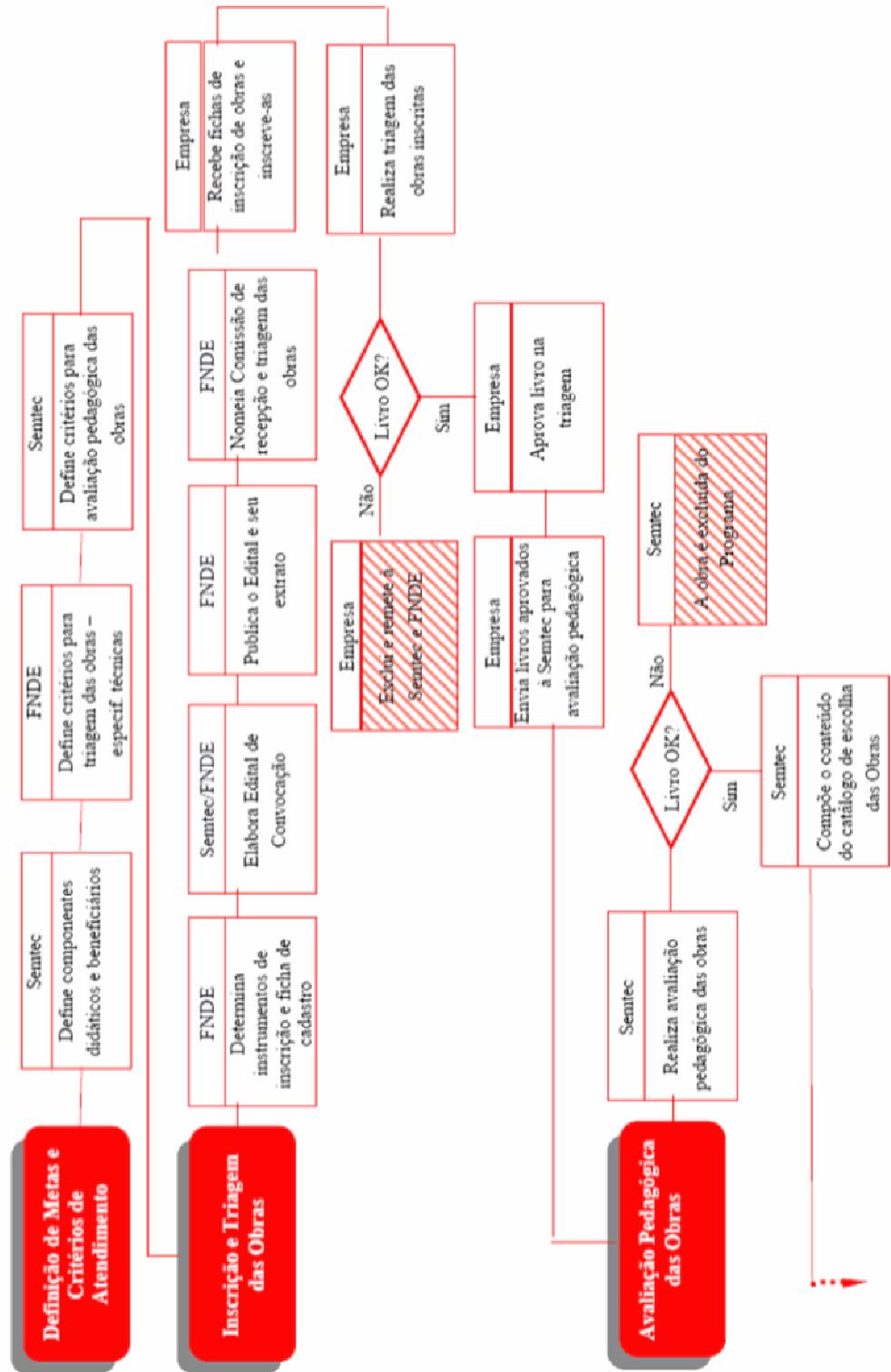
ZOHAR, Danah. **O ser quântico:** uma visão revolucionária da natureza humana e da consciência, baseada na nova física. 13. ed. São Paulo: Best Seller, 1990.

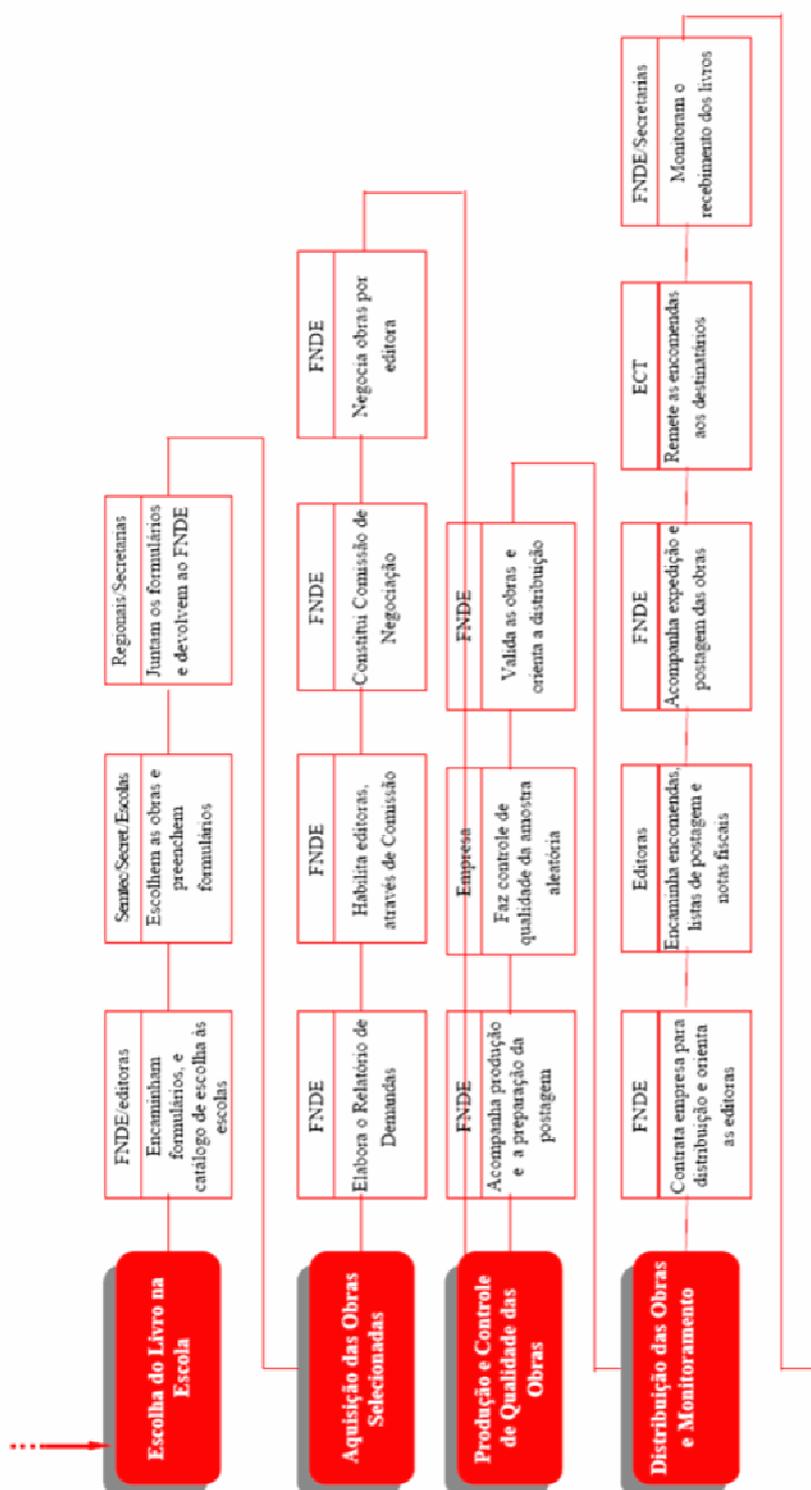
**ANEXOS**

I. Fluxograma Operacional das Atividades do PNLEM

**FLUXOGRAMA OPERACIONAL DO PNLEM**

Fluxograma DE ATIVIDADES





Fonte: BRASIL. Programa nacional do livro do ensino médio (PNLEM). Resolução nº 38 de 15 de outubro de 2003. Brasília: MEC, 2003.

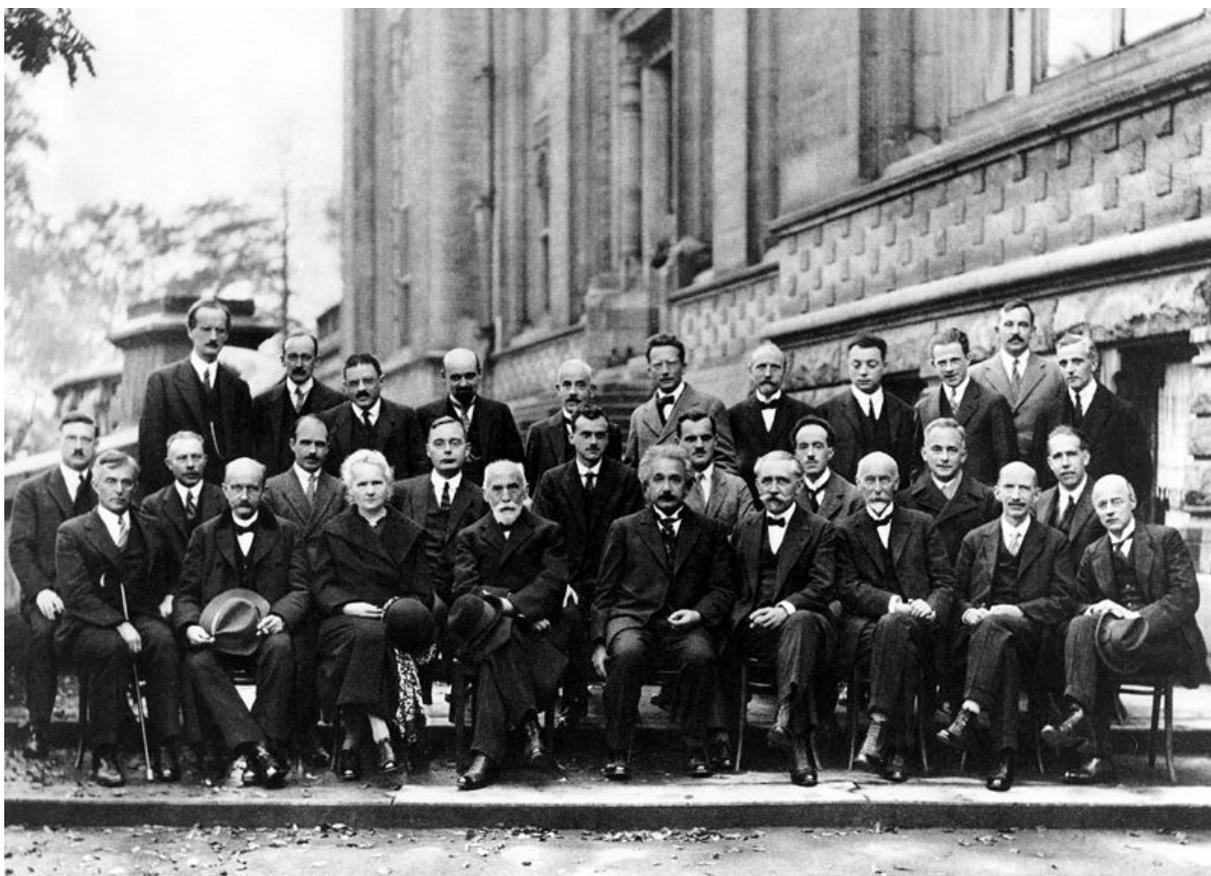
## II. Valores Negociados com as Editoras para o PNLEM 2009

Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação  
Programa Nacional do Livro Didático do Ensino Médio 2009  
Valores Negociados

EDITORA	TIRAGEM TOTAL	TÍTULOS ADQUIRIDOS	TIRAGEM MÉDIA	CADERNOS TIPOGRÁFICOS	RS/ CADERNO	RS/ EXEMPLAR	VALOR TOTAL
SARAIVA	11.691.057	38	307.659	346.756.752	0,3266	9,68	113.187.483,89
MODERNA	9.085.512	48	189.282	232.796.713	0,3077	7,87	71.592.356,05
ÁTICA	7.738.053	36	214.946	231.553.254	0,3455	10,33	79.956.480,45
FTD	6.251.245	24	260.469	162.503.224	0,3344	8,68	54.309.495,86
SCIPIONE	6.079.242	42	144.744	177.901.116	0,3511	10,26	62.420.066,90
NOVA GERAÇÃO	919.333	6	153.222	42.591.818	0,4233	19,60	18.022.859,16
IBEP	563.727	20	28.186	12.696.577	0,4799	10,80	6.088.719,69
ESCALA	342.799	4	85.700	12.051.307	0,4355	15,30	5.247.690,69
POSITIVO	162.669	12	13.556	2.475.379	0,4299	6,53	1.062.792,80
CIA DA ESCOLA	117.398	2	58.699	4.376.066	0,5744	21,40	2.512.857,63
DO BRASIL	82.969	10	8.297	2.215.393	0,4755	12,69	1.052.906,09
BASE	74.346	8	9.293	2.410.361	0,6077	19,69	1.464.209,22
<b>TOTAL</b>	<b>43.108.350</b>	<b>250</b>	<b>172.433</b>	<b>1.230.326.959</b>	<b>0,3389</b>	<b>9,67</b>	<b>416.907.918,43</b>

Fonte: [www.fnde.gov.br/home/index.jsp?arquivo=livro\\_didatico.html#acervo](http://www.fnde.gov.br/home/index.jsp?arquivo=livro_didatico.html#acervo).  
Acessado em 05 de novembro de 2008.

### III. Participantes da Conferência de Solvay, Bruxelas, 1927.



- |                               |                                 |
|-------------------------------|---------------------------------|
| 1. Peter Debye                | 16. Erwin Schrödinger           |
| 2. Irving Langmuir            | 17. Arthur Holly Compton        |
| 3. Martin Knudsen             | 18. Jules-Émile Verschaffelt    |
| 4. Auguste Piccard            | 19. Paul Langevin               |
| 5. Max Planck                 | 20. Louis-Victor de Broglie     |
| 6. William Lawrence Bragg     | 21. Charles-Eugène Guye         |
| 7. Émile Henriot              | 22. Wolfgang Pauli              |
| 8. Paul Ehrenfest             | 23. Werner Heisenberg           |
| 9. Marie Curie                | 24. Max Born                    |
| 10. Hendrik Anthony Kramers   | 25. Charles Thomson Rees Wilson |
| 11. Edouard Herzen            | 26. Ralph Howard Fowler         |
| 12. Hendrik Antoon Lorentz    | 27. Léon Brillouin              |
| 13. Théophile de Donder       | 28. Niels Bohr                  |
| 14. Paul Adrien Maurice Dirac | 29. Owen Willans Richardson     |
| 15. Albert Einstein           |                                 |



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)