



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO  
LINHA DE INVESTIGAÇÃO: EDUCAÇÃO E CIÊNCIA

## **ENSINO DE FÍSICA**

### **MODERNA E CONTEMPORÂNEA E A REVISTA *CIÊNCIA HOJE***

*Dissertação apresentada como exigência parcial para obtenção do título de MESTRE EM EDUCAÇÃO na área de Educação e Ciência, do curso de Mestrado em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina.*

**Marco Antônio Simas Alvetti**

**Orientador: Prof. Dr. Demétrio Delizoicov**

Florianópolis - SC  
março de 1999



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO**

**"ENSINO DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E  
A REVISTA CIÊNCIA HOJE"**

Dissertação submetida ao Colegiado do  
Curso de Mestrado em Educação do Centro  
de Ciências da Educação em cumprimento  
parcial para a obtenção do título de Mestre  
em Educação.

**APROVADO PELA COMISSÃO EXAMINADORA em 04/03/1999**

**Dr. Demétrio Delizoicov**

**Dr. José André Peres Angotti**

**Dr. Frederico Firmo de Souza Cruz**

**Dra. Erika Zimmermann (suplente)**

---

**Profª. Edel Ern**  
Coordenadora do Programa de  
Pós-Graduação em Educação  
CED/UFSC - Portaria 0464/GR/98

**Marco Antônio Simas Alvetti**  
**Florianópolis, Santa Catarina, março de 1999**

***...caos; imprevisibilidade de  
comportamento...o leito não linear  
segue para dentro do Universo...música  
quântica.***

***Chico Science***

***Para meus pais, pelas oportunidades  
que me proporcionaram .***

***Para Marta e Yuri, pelo amor, carinho e  
paciência.***

***Para o prof. José Antônio Guimarães  
Monteiro (em memória).***

## AGRADECIMENTOS

Ao *prof. Dr. Demétrio Delizoicov*, orientador e amigo, por ter compreendido a minha forma “quântica” de produção intelectual, e por ter partilhado comigo a sua dedicação, competente e honesta, à educação popular.

Aos professores do curso de pós-graduação, pelos ensinamentos que oportunizaram.

Às “meninas” do GEPECISC; *Adriana, Alcionete, Clara, Jane, Juliana, Nadir e Vivian*, pela amizade, ajuda e vivências compartilhadas.

À *profª Célia Soares* e aos amigos *Guilhermano, Leninha e Celeste*, pelo “empurrão” inicial.

À *Sônia Salém e Maria Regina Kawamura*, pelo envio do banco de dados, ainda na versão preliminar, elemento fundamental para a realização da pesquisa empírica desta dissertação.

À *Luisa Massarani* pela companhia “virtual” durante os momentos de elaboração, e pela ajuda no capítulo sobre divulgação científica.

Aos colegas, funcionários e alunos do Centro Educacional Setor Oeste, em especial, aos professores *Alexandre, Marcos e Paulo Roberto*, às professoras da Biblioteca, e ao diretor e amigo *Clóvis*.

À família da rua da Amizade: *Luís, Iara, David, Lucas e Ariel*, por ter amenizado a solidão da chegada na ilha, e até hoje, fazer-me pensar na concepção do que é ser amigo.

Aos amigos do “Santinho”: *Nando, Renata, Daniel e Janaína*, pela amizade e incursões “aquáticas” inesquecíveis.

À *Fundação Educacional do Distrito Federal*, em especial, ao pessoal da comissão de bolsas, por oportunizar a realização deste

estudo.

Ao *CNPq*, pelo auxílio financeiro.

A todos que aqui não estão relacionados, mas que participaram de uma forma ou outra, na realização deste trabalho.

Não tenho palavras para agradecer a todos vocês!

## RESUMO

---

Na perspectiva de uma renovação dos conteúdos programáticos escolares, devido à pouca disponibilidade de material didático que insere a Física Moderna e Contemporânea (FMC) no ensino médio, neste trabalho articula-se uma alternativa: a utilização do material de divulgação científica, em particular a revista *Ciência Hoje* (CH), editada desde 1982 pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), que se diferencia das outras publicações nacionais, devido à qualidade da informação veiculada, à confiabilidade da autoria dos artigos e ao seu perfil editorial.

Esta pesquisa avalia as possibilidades pedagógicas dos artigos dessa Revista, para a sua utilização na formação inicial e continuada de professores de Física, como forma de subsidiar a introdução da FMC no ensino médio. Por meio de um banco de dados, que contém registros sobre divulgação científica para o ensino de Física, foram levantados os artigos que são utilizados na análise, considerando os aspectos da conceituação e da linguagem envolvidas no discurso do texto e as suas implicações para o uso pedagógico. Para a devida transposição didática dos artigos, utiliza-se a *abordagem temática*, contextualizando a análise no espaço escolar.

A utilização desse material parece ser uma boa alternativa, se tivermos como meta implantar disciplina(s) específica(s) para abordar a FMC nos cursos de formação de professores, bem como a sua introdução no ensino médio.

## ABSTRACT

---

Facing a renovation of school contents subjects, due to few availability of didactic material wich introduces contemporary and modern physics in high school, this work articulates a alternative: the utilization of popularization of science and technology press material, particularly the publication called *Ciência Hoje*, printed since 1982 by *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência(SBPC)*, wich is different from others brazilian publications, due to information quality, reliability of articles' authorship and its editorial profile.

This research evaluates pedagogic possibilities of this magazines articles, for its utilization in the initial and inservice education of physics teachers in high school.

By a "data bank" that has records about cientific divulging for physics education, were taken articles wich were used in the analysis. It consideres the aspects of its contents and language used in the text speech and its implications for the pedagogic use.

To fullfil the Didactic Transposition of articles, it's used Thematic Approach , contextualizing the analysis in the school.

The use of this material seems to be a good alternative, if it's aimed the criation of specific subjects to approach the contemporary and modern physics in teachers' education as well as its introduction in high school.

## SUMÁRIO

<b>Introdução.....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo I- Por um ensino de física contemporâneo.....</b>	<b>16</b>
1.1A questão do ensino da física no ensino médio.....	16
1.2 Física e cidadania.....	20
1.3 A renovação dos conteúdos programáticos escolares e os conceitos unificadores.....	23
1.4 Abordagem temática e conceitos unificadores.....	28
<b>Capítulo II-A Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.....</b>	<b>36</b>
2. Uma divisão didática da ciência física.....	37
2.1 A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.....	38
2.2 Abordagens metodológicas.....	40
2.3.Uma proposta para o ensino de FMC:Abordagem Temática.....	49
<b>Capítulo III- A divulgação científica e o ensino de física.....</b>	<b>55</b>
3.1.Algumas considerações sobre a comunicação científica.....	56
3.1.1 A gênese do periódico científico.....	58
3.1.2.A democratização do conhecimento científico.....	59
3.2 A SBPC e a Revista Ciência Hoje.....	70
3.3 A divulgação científica e a divulgação científica escolar.....	76
3.4 A transposição didática.....	80
<b>Capítulo IV-A construção de uma proposta de ensino.....</b>	<b>88</b>
4.1 Estabelecendo a pesquisa.....	88
4.2 O procedimento para a avaliação do uso didático dos artigos.....	90
4.2.1 O estudo piloto do material.....	91

4.2.2 A amostra da pesquisa.....	94
4.2.3 Caracterizando a análise dos artigos.....	96
4.3 Uma visão panorâmica dos artigos.....	99
4.3.1 Os artigos e sua relação com a física escolar.....	99
4.3.2 A qualidade da informação veiculada.....	102
4.3.3 Aspectos da linguagem e da transposição didática dos artigos.....	104
4.4 Caracterizando os grupos dos artigos.....	119
4.4.1 Grupo I.....	120
4.4.2 Grupo II.....	122
4.5 Artigos exemplares.....	125
<b>Considerações finais.....</b>	<b>133</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>138</b>
<b>Anexo I.....</b>	<b>149</b>
<b>Anexo II.....</b>	<b>152</b>
<b>Anexo III.....</b>	<b>161</b>
<b>Anexo IV.....</b>	<b>163</b>
<b>Anexo V.....</b>	<b>167</b>

## INTRODUÇÃO

---

Durante os meus dezenove anos de magistério, trabalhando principalmente com o ensino da física, em escolas públicas de nível médio, observava, em periódicos<sup>1</sup>, a produção acadêmica desenvolvida nas três últimas décadas. Essa produção pode ser localizada, por exemplo, consultando-se o catálogo de dissertações de mestrado e teses de doutorado sobre o ensino da física, editado pelo Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP), que contém os resumos dos trabalhos realizados no período de 1972 a 1995. Há, também, o Banco de Dados Enfis (Salém, Kawamura, 1996), que contém registros sobre a produção escrita acerca do ensino da física — desde teses e dissertações a artigos de revistas de divulgação científica do Brasil.

Em 1987, ingressei na equipe de ensino de física do Centro Educacional Setor Oeste — escola da rede oficial de ensino do Distrito Federal. Por meio da experiência com esse grupo, percebi a possibilidade de realizar um trabalho de qualidade na escola pública, a minha opção política como professor-educador.

Afastado do meio acadêmico desde a minha graduação — Licenciatura Plena em Física —, na Universidade Federal de Pernambuco, em 1983, aguardava o momento propício para colaborar com as discussões de novas propostas de ensino, no sentido de mudar práticas tradicionalmente estabelecidas. Ingressei, em março de 1995, no Curso de Mestrado, do Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Licenciado da Fundação Educacional do Distrito Federal, instituição da qual integro o quadro de docentes de 1º e 2º Graus, como concursado, adquiri novo ânimo para continuar a acreditar em mudanças na prática pedagógica de

---

<sup>1</sup> Em especial, o Caderno Catarinense de Ensino de Física, publicação do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, que assino desde 1987.

professores de escolas públicas.

Durante a minha participação no Grupo de Estudos do Ensino de Ciências Naturais de Santa Catarina (GEPECISC), ligado ao programa de Pós-Graduação, que, entre outras atividades, trabalha com a formação de professores e a problemática do livro didático, comecei a delimitar a minha problemática para estudo. Conheci, com maior profundidade, as discussões sobre as deficiências dos livros didáticos de ciências e as alternativas que poderiam ser utilizadas para a melhoria do processo ensino-aprendizagem.

Desde a década de 70, a pesquisa na área de ensino da física vem desenvolvendo parte de sua produção voltada para as novas perspectivas curriculares: inserção da História da Ciência, Física Moderna e discussões acerca da Ciência, Tecnologia e Sociedade no ensino médio.

Diferentes de propostas de melhorias apenas metodológicas, estas, ao contrário, propõem a renovação dos conteúdos existentes nos programas tradicionais da física na escola.

Decorrente dessas discussões e produto de grupos de pesquisa nacionais, hoje, contamos com livros brasileiros destinados à formação de professores, que modificam a apresentação fragmentada dos conteúdos da física .

Os dois universos, os materiais alternativos aos livros didáticos tradicionais e a renovação dos conteúdos nos programas da física escolar, definiram a minha opção de desenvolver uma pesquisa a partir da articulação entre a revista de divulgação científica *Ciência Hoje*, editada pela Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência (SBPC), desde 1982, e a inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.

A minha opção em utilizar a mídia impressa neste trabalho não é excludente, pois acredito que a utilização de outras mídias parece ser um campo bastante promissor, quer para uso na educação, quer como

problema de pesquisa em ensino de ciências.

Procuro, assim, delinear opções didático-pedagógicas que possam auxiliar os professores de física na tarefa de abordar conhecimentos contemporâneos, que, mesmo sendo veiculados pelos meios de comunicação, estão ausentes da maioria dos livros didáticos de física para o ensino médio.

Conhecimentos tais como: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, laser, entre outros, não são contemplados pelos nossos deficientes e parecidos currículos de física. Usualmente, são divididos em blocos tradicionais, tais como: Mecânica, Física Térmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo, normalmente ditados por manuais de ensino. Na prática pedagógica de nossas escolas, esses blocos reduzem-se à Cinemática, às Leis de Newton, à Termologia, à Óptica Geométrica, à Eletricidade e aos Circuitos Simples.

Difícilmente, nesse contexto, são trabalhados conceitos da física desenvolvidos neste Século. Observa-se, nos currículos da física escolar no Brasil, a ausência quase total desses conteúdos. Os livros-texto mal conseguem trabalhar a Termodinâmica e o Eletromagnetismo Clássico, teorias formuladas no final do Século XIX.

Por um lado, para fazer frente a essa situação, os produtos mais recentes da ciência devem estar presentes nos cursos de formação de professores de física. Por outro lado não existem livros-texto de ensino médio que apresentam esses assuntos de forma sistemática — o que abre espaço para a utilização de materiais alternativos. Δ†

Atualmente, há no mercado algumas revistas que atendem à curiosidade dos que não se contentam em aprender apenas os conteúdos científicos existentes nos programas de ciências do ensino fundamental e médio. As publicações *Globo Ciência/Galileu*, *Superinteressante*, *Ciência Hoje*, e *Ciência Hoje das Crianças*, disputam espaços nas bancas de jornais e revistas e nas bibliotecas brasileiras. A revista *Ciência Hoje* contém artigos de autores reconhecidos pela comunidade acadêmico-científica e contempla uma abordagem

multidisciplinar, com pluralidade de visões de um mesmo tema, variedade de recursos, atualidade, com qualidade dos assuntos veiculados. Esses aspectos foram fundamentais para a minha opção de realizar um trabalho sistemático com essa Revista.

Os textos de divulgação científica devem ser inseridos no espaço escolar, mas, de forma diferente da apresentação fria e desinteressante dos conteúdos tradicionais. Nesse sentido, as questões precípuas que permeiam este trabalho são:

- Quais são as potencialidades dos artigos da revista *Ciência Hoje*, sejam de ordem pedagógica, epistemológica ou metodológica, para trabalhar conceitos da Física Moderna e Contemporânea?
- Como utilizar esses artigos de forma sistemática no contexto escolar?

Diante disso, este trabalho procura contribuir para a utilização de material de divulgação científica, em particular a revista *Ciência Hoje* (doravante CH), na formação de professores de física do ensino médio, para inserir assuntos da Física Moderna e Contemporânea (doravante FMC) no conteúdo programático escolar.

Estruturei esta dissertação em quatro capítulos. No capítulo I, apresento a argumentação de autores que defendem a inserção dos conteúdos culturais na escola dita tradicional. No campo da Educação Geral, apoio-me em autores que fundamentam o que vem sendo denominada "educação progressista" e os seus desdobramentos na área do ensino de ciências, em particular, na *abordagem temática* aplicada no ensino da física.

Reforço, nas discussões desenvolvidas, o sentido cultural da ciência. A cultura, nesse caso, é entendida como o conjunto dos valores materiais e espirituais criados pela humanidade ao longo da História. Nessa perspectiva, defendo que os conhecimentos científicos atuais, constituintes da cultura de época, devem ser inseridos ainda no ensino

médio, inclusive como forma de reforçar uma educação para a cidadania.

No segundo Capítulo, realizo um levantamento das iniciativas que procuram inserir a FMC no ensino médio. Mesmo utilizando-me de autores estrangeiros para caracterizar as principais correntes de abordagens metodológicas, para a inserção do assunto, localizo a produção nacional que vem investindo nessa inovação curricular.

No Capítulo III, discuto o universo ainda novo para a área educacional: o jornalismo científico e a divulgação científica. Dessarte, aproximo a produção do material de divulgação científica com a sua transposição didática, visando à formação de professores de física do ensino médio. Apresento uma visão geral da revista CH, abordando o seu histórico, vinculado à SBPC, a sua finalidade e o seu formato editorial. Argumento que vêm crescendo as discussões que procuram inserir no espaço escolar novas linguagens para a apropriação dos conhecimentos científicos, em particular, conhecimentos modernos e contemporâneos.

No Capítulo IV, desenvolvo a dimensão metodológica da pesquisa, revelando os resultados da análise feita com os artigos da CH e definindo as possibilidades pedagógicas para a sua utilização na formação de professores, na perspectiva da inserção de assuntos da FMC.

A análise está vinculada à abordagem temática, por meio do programa proposto no livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992), como forma de articular conhecimentos da ciência física aos da física escolar, e minimizar a fragmentação do conteúdo programático escolar.

Tenho por objetivo, com a pesquisa, sugerir possibilidades que contribuam para a formação, inicial ou continuada, de professores de física no ensino médio.

## CAPÍTULO I

### POR UM ENSINO DE FÍSICA CONTEMPORÂNEO

---

#### 1.1 A questão do ensino da física no ensino médio

A consideração de alguns dados auxilia a contextualizar a preocupação principal deste trabalho. A crise educacional brasileira, particularmente no ensino médio, com um dos mais baixos percentuais latino-americanos de matrícula<sup>2</sup>, vem-se agravando, devido às políticas públicas adotadas pelo governo brasileiro, condizentes com as políticas do Banco Mundial para os países emergentes, segundo documento do SINPRO (1998, p. 19).

Um rápido quadro da situação do ensino médio pode ser exemplificado, pelo fato de que apenas 11% da população entre 18 a 24 anos freqüentam a universidade e, desses, apenas 3,5% estão em universidades públicas (ver documento SINPRO, p. 24). Assim sendo, a grande maioria dos alunos, tanto da rede de ensino pública como da particular, não ingressa na universidade. A partir desses dados, é obrigatória a discussão da questão terminalidade-continuidade.

Professor, majoritariamente de ensino público do ensino médio, tenho sempre me deparado com duas grandes questões: (1) a terminalidade do ensino médio, e (2) o ensino da física para o ingresso na universidade. O debate terminalidade-continuidade divide e acirra as discussões que podem levar a um processo que nos desvia de uma questão mais importante: a qualidade do ensino médio.

Nesse âmbito, concordo com Angotti (1991, p. 79), quando afirma que é a qualidade da escola que deve ser focalizada. Esse autor

---

<sup>2</sup> Segundo dados do IBGE (1996), apenas 25% da população na faixa etária de 15 a 17 anos estão matriculados no Ensino Médio.

alega que ainda não temos um ensino médio configurado e que cabe aos educadores comprometidos lutar pela sua expansão, isto vinculado à sua reformulação.

Terrazan (1994, p. 37-41), tratando da mesma questão, lembra que o ensino da física, nesse nível de escolaridade, é o último contato formal do estudante com essa ciência. Afirma que os aspectos básicos relativos à construção dessa área de conhecimento devem ser contemplados no ensino médio.

Ainda sobre esta questão, propõe que:

*“A Física desenvolvida na escola média deve permitir aos estudantes pensar e interpretar o mundo que os cerca (...) Nesse nível de escolaridade devemos estar formando um jovem, cidadão pleno, consciente e sobretudo capaz de participação na sociedade. Sua formação deve ser o mais global possível, pois sua capacidade de intervenção na realidade em que está imerso tem relação direta com sua capacidade de leitura, de compreensão, de construção dessa mesma realidade.”* (Terrazan, 1994, p. 39)

A nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/96), consoante Hosoume et alii (1998, p. 1), já sinaliza para essas mudanças ao comentar a Resolução do Conselho Nacional de Educação (CNE), de 1<sup>o</sup> de julho de 1998 :

*“(...) o sentido estritamente propedêutico do ensino médio regular, assim como o caráter estritamente instrumental do ensino médio profissionalizante, devem ambos dar lugar a um aprendizado que faça sentido desde logo, independentemente de etapas posteriores da educação e, também, que tenha a universalidade que o treinamento profissional raramente possui.”* (Hosoume et alii, 1998, p. 1)

Nessa perspectiva, o ensino da física no ensino médio não pode privilegiar uma formação que apenas prepare para a universidade, mas, sim, que prepare o indivíduo para uma intervenção mais crítica na

realidade que o cerca.

Como Terrazan (1996) propõe, antes de discutir-se a importância atribuída a uma inclusão de um determinado conteúdo científico em uma programação escolar, é necessário discutir a compreensão crítica do conhecimento científico no conjunto dos conhecimentos.

Assim, torna-se necessário esclarecer a relação que se estabelece entre o conhecimento científico e a cultura na atual configuração social em que vivemos, e a situação das ciências, em particular das ciências naturais, na sociedade e na escola. (Terrazan, 1994, p. 12)

Observam-se, pois, dois aspectos: primeiro, o conhecimento, entendido em um aspecto mais geral, como participante na formação cultural de uma sociedade; segundo, de acordo com Terrazan (1994, p. 14) "decorrência do primeiro, é que 'igualadas', em seus aspectos gerais, as diversas formas de conhecimento de que a humanidade dispõe, pode-se passar a uma caracterização da ciência dentro dos marcos da nossa discussão".

A ciência, entendida por Terrazan como um componente estruturador de uma cultura, pode ser utilizada como uma das alternativas para elaborar-se uma concepção filosófica. Esse caráter epistemológico da ciência auxiliará na definição de concepções que permeiam a postura de quem se propõe a discuti-la.

Professores apresentam posturas filosóficas e educacionais quando estão na sala-de-aula, de forma explícita ou implícita. Um exemplo dessa afirmação é demonstrada nos trabalhos desenvolvidos por Becker (1993) e Borges (1991), em que aparecem, nos grupos estudados, as concepções de ciência e produção de conhecimento, nem sempre percebidas pelos próprios docentes e geralmente associadas a concepções empiristas.

Os professores de física, em particular, transmitem essas

concepções, seja por meio da sua postura pedagógica, do seu discurso ou pelo livro-texto adotado. A determinação dessas concepções é de fundamental importância para que as comparemos com outras, e as discutamos, dialogicamente, com os alunos, para a explicitação do que é a atividade científica e as suas relações com a sociedade.

Essa discussão está distante da realidade da nossa escola, reforçando ainda mais a supremacia da ciência em relação a outras atividades humanas. Somada à nossa realidade escolar, encontra-se a idéia dominante, na sociedade ocidental, de que as ciências naturais são superiores às ciências humanas e outros saberes.

O sucesso dos desenvolvimentos científicos, especialmente aqueles ocorridos na segunda metade do Século passado, explicam, historicamente, a predominância dessas idéias. Os insucessos e abalos em suas bases, e as conseqüências sociais e tecnológicas negativas mais recentes, não foram suficientes para diminuir o esplendor desse período, como relata Terrazan.

*“O progresso científico nesse período foi notável. Seja pela quantidade de informações produzidas, pelas soluções obtidas para os problemas da época, pela geração de novas áreas autônomas do conhecimento, pela criação de inúmeras sociedades de especialistas em vários países ou pelas indústrias nascentes baseadas nos novos desenvolvimentos, a ciência cresceu e transbordou.”* (Terrazan, 1994, p.17)

Neste Século, por um lado, os avanços obtidos em decorrência das duas grandes guerras mundiais, mantiveram o prestígio da sua imagem. Por outro lado, aumentaram as críticas, principalmente, devido às seqüelas deixadas pela indústria bélica. Hoje, convivemos com duas imagens opostas da ciência: uma imagem legítima, a venda dos atraentes produtos tecnológicos atuais, e outra imagem que a responsabiliza por seus resultados maléficos à sociedade e ao Planeta (ver Terrazan, 1996, p. 3).

No ambiente escolar, encontra-se outra contradição. As

disciplinas das ciências naturais, em particular a física no ensino médio, possuem uma importância muito maior do que o interesse por parte dos alunos adolescentes. Nesse sentido, Snyders (1988) alega que a escola tradicional não propicia as devidas satisfações requeridas pelos estudantes, durante os vários anos dedicados aos seus estudos.

Essa falta de interesse, em consonância com o autor, é agravada pela distância da escola com as discussões sobre temas atuais. Como exemplo, tem-se a questão do custo-benefício dos progressos científicos das últimas décadas.

## 1.2 Física e cidadania

A questão levantada ao final do item anterior é consensual no meio acadêmico, mas, ainda não é aceita pela grande maioria dos professores de física do ensino médio, em particular os que trabalham em escolas públicas.

*"(...) como ensinar uma ciência que consideramos importante para a formação da cidadania, quando jovens, futuros cidadãos, não a apreciam e nem a consideram relevante?" (Terrazan, 1996, p. 3)*

Deve-se considerar um aluno como um *"governante em potencial"* (Terrazan, idem), exercendo a sua função pública e igualando-se a todos os outros cidadãos, com direito ao saber e à formação. De acordo com algumas tendências de inovação curricular da área do ensino de física, pode-se estabelecer, quando na ação pedagógica, alguns elementos importantes para a formação da cidadania.

A educação do cidadão deve contemplar a historicidade dos fatos, as suas tradições, de forma a capacitá-lo a inovar os saberes atuais; isto é, não se transforma o que não se visualiza.

Para o exercício da discussão democrática dos aspectos da Ciência e da Tecnologia, o aluno-cidadão precisa conhecer os debates atuais desse tema, gerados em vários segmentos de comunidades,

científicas ou não.

Esses elementos reforçam ainda mais o sentido cultural da ciência. Para Sodré (citado em Zanetic, 1989), a cultura, nesse caso, é entendida como o conjunto dos valores materiais e espirituais, criados pela humanidade ao longo da história.

Consoante Zanetic (1989), o conhecimento científico deve ser inserido nesse conjunto, evitando-se a dicotomia entre cultura humanística e cultura científica. O conhecimento científico deve ser caracterizado como produto da vida social, dessarte marcado pela cultura de época, como parte integrante, influenciando e sendo influenciado pelos outros conjuntos de conhecimento.

Esse aspecto cultural da física está contemplado, também, nas idéias de autores, que, para Pierson (1997), caracterizam a linha de pesquisa que defende que a transformação no ensino de física implica uma renovação do conteúdo programático tradicional e não-somente a melhoria de abordagens metodológicas:

*“Organizada a partir de meados da década de 70, tendo como coordenador principal o Prof. Dr. Luís Carlos de Menezes, hoje podemos identificar esta linha de pesquisa com o trabalho desenvolvido pelo grupo “ Reelaboração de Conteúdo e Formação de Professores”, vinculado ao Departamento Física Experimental do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, formado pelos professores do IFUSP, Prof. Dr. Luís Carlos de Menezes, Prof<sup>ª</sup> Dra. Yassuko Housome, Prof. Dr. João Zanetic, Prof<sup>ª</sup> Dra. Maria Regina D. Kawamura, em colaboração com os professores da Universidade Federal de Santa Catarina, Prof. Dr. Demétrio Delizoicov e o Prof. Dr. José André Angotti, assim como a Prof<sup>ª</sup> Dra. Marta Maria Castanho A. Pernambuco, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.” (Pierson, 1997, p. 149)*

A posição que assumo neste trabalho está em sintonia com as idéias dos autores supramencionados, identificando-se com as posições de educadores progressistas, tais como Freire (1975), Snyders (1988) e

Giroux (1986), e defende a perspectiva da transformação dos conteúdos culturais escolares.

Compondo esse contexto, está a necessidade de introduzir-se, ainda no ensino médio, conhecimentos, que, historicamente, foram produzidos pela humanidade desde os seus primórdios até os nossos dias. Isso se justifica pelo fato de que não se pode participar de discussões sobre a relação risco-benefício da ciência sem conhecer-se as transformações ocorridas, incluindo-se os conhecimentos desenvolvidos nos últimos anos, em particular, a Física Moderna e Contemporânea<sup>3</sup>.

Essa discussão é ainda mais pertinente quando se observa, como mencionado anteriormente, que, no Brasil, a maioria dos alunos matriculados no ensino médio não ingressam nas universidades. Deve-se outrossim considerar, que, nem todos os que ingressam no ensino superior, se dirigirão para carreiras técnico-científicas. Isso significa dizer, que, para muitos, o ensino médio será a última oportunidade para entrar em contato com discussões sistemáticas sobre a ciência e as suas relações com outros saberes.

*“Nesta perspectiva, conteúdos de Física Moderna e Contemporânea correspondem a uma necessidade vital de nossos currículos de física escolar. A própria importância dos temas de física moderna e contemporânea na constituição da física, enquanto área do conhecimento científico, exige sua inclusão nos currículos escolares.”* (Terrazan, 1994, p. 34)

A discussão sobre o papel da ciência física na sociedade não pode ser realizada sem o conhecimento da produção científica da atualidade. A formação do indivíduo deve equilibrar-se entre a aquisição de conhecimentos especializados, decorrentes da sua profissão ou dos seus interesses particulares, e conhecimentos mais universais, mais amplos e abstratos, imprescindíveis para a sua participação na vida societária e exercício da cidadania. O conhecimento dos conceitos e

modelos da FMC insere-se nesses dois níveis formativos.

Não é difícil encontrar-se argumentos sobre a formação inadequada dos professores de física do ensino médio (ver Strieder e Terrazan, 1998, p. 15-17; Costa e Santos, 1998, p. 137-139; Arruda e Villani, 1998, p. 251-253) ou sobre os elementos que devem estar presentes em sua formação (ver Delizoicov, 1995), particularmente, no que se refere ao tratamento de assuntos contemporâneos da física. Diante disso e conciliado com a experiência de vários anos de resistência ao ensino tradicional, mas, nem sempre, praticando um ensino renovado, a opção de intervenção deste trabalho é no espaço da formação de professores.

Busco, desse modo, auxiliar o “professor transformador”, que, consoante Delizoicov (1995, p. 59), “(...) é ser crítico atuando para mudar, no sentido de detectar, desvelar e explicitar as contradições, sociais buscando, consciente e coletivamente caminhos para uma ação emancipatória e transformadora.”.

É, sobretudo, para esse perfil de profissional que se dirige este trabalho, na expectativa de também contribuir para que outros venham a sensibilizar-se com essa perspectiva de atuação.

### **1.3 A renovação dos conteúdos programáticos escolares e os conceitos unificadores**

A interação da ciência física com a organização social e com a cultura, consoante Zanetic (1989,p.5), mudou o papel do ensino de física neste final do século XX. A partir da segunda metade do século XVII, a ciência física sofre influências profundas da sociedade, ao mesmo tempo que influencia vários aspectos da vida social por meio do seu papel na indústria, comércio, organização militar, inclusive nos demais setores culturais. Enfim, focado por esta outra perspectiva, consoante com Zanetic (1989) “a física também é cultura”.

1995

---

<sup>3</sup>No próximo capítulo será melhor explicitado o que significa Física Moderna e Contemporânea.

De acordo com essa posição, Zanetic (1989) argumenta que é necessário discutir o papel da cultura ou das culturas no espaço escolar, eminentemente com relação à renovação dos conteúdos programáticos escolares.

A renovação dos conteúdos recebe significado particular por intermédio de Snyders (1988), educador francês que vem influenciando os seus pares brasileiros, no que diz respeito a questões educacionais comuns ao seu país, contribuindo para a implantação do que vem sendo denominada "educação progressista".

Snyders discorre sobre o fato de que a escola não propicia a satisfação cultural, especialmente o que diz respeito ao mundo técnico-científico e a consideração do balanço custo-benefício da tecnologia, e que apenas aperfeiçoamento metodológico, "dourar a pílula", é insuficiente para a transformação, que só poderá ser atingida via renovação dos conteúdos culturais.

*"Quero sustentar que é a renovação dos conteúdos que suscita a renovação dos métodos, das relações entre professores e alunos, das obrigações e de disciplina, pois aqui estão tantas conseqüências dos conteúdos inculcados (...)." (Snyders, 1988, p.186)*

É importante que discirnamos entre o que é um conteúdo cultural e o conteúdo do programa a que estamos acostumados a lidar no dia-a-dia escolar. Quando se refere a conteúdos, conforme argumenta Angotti (1991), Snyders não está referindo-se às "garrafas do saber", a conteúdos fragmentados do ensino tradicional, mas, a conteúdos ligados a conceitos universais, supradisciplinares.

Já na Introdução do seu livro *Alegria na Escola*, Snyders diz que:

*"(...) nossa escola tem uma terrível necessidade de ser transformada. Esta renovação, quero afirmar que só pode se realizar a partir de uma renovação do que há de essencial na*

*escola, específico na tarefa da escola: a cultura, cujo acesso e participação são permitidos aos jovens pela escola. Daí minha preocupação constante: renovar a escola a partir de uma transformação dos conteúdos culturais.”* (Snyders, 1988, p.11)

Snyders diferencia-se de outros autores ao utilizar o termo *alegria* na discussão da teoria educacional:

*“Popularizar a alegria escolar não me parece uma tarefa impossível, quaisquer que sejam as dificuldades com as quais ela se choca quando em contato com os fatos.”* (Snyders, 1993, p.190; grifo meu)

Nesse caso, *alegria* refere-se à satisfação encontrada nos ganhos culturais, que, somente a escola pode proporcionar:

*“Na escola, trata-se de conhecer alegrias diferentes que as da vida diária; coisas que sacodem, interpelam, a partir do que os alunos mudarão algo em sua vida, darão um novo sentido a ela, darão um sentido a sua vida. Se é preciso entrar na classe, é porque, no pátio, vocês não atingem o grau mais elevado de liberdade, nem de alegria.”* (Snyders, 1988, p.14)

Snyders utiliza categorias tais como *cultura primeira* e *cultura elaborada*, mas, considera-se incapacitado para construir uma teoria das culturas, como ele mesmo revela:

*“Sou totalmente incapaz de construir uma exposição teórica sobre a cultura, as culturas e de definir em que elas consistem. Seria necessário enciclopédias, um enciclopedista. Na verdade, gostaria de adotar uma perspectiva mais limitada e provavelmente mais segura: evocar alguns exemplos, pensando antes de tudo na cultura dos jovens, uma vez que se tratará finalmente de confrontos com o escolar.”* (Snyders, 1988, p.23)

Segundo Angotti (1991, p. 81), a *cultura primeira* está associada ao "senso comum" de Gramsci, às concepções alternativas, enquanto a *cultura elaborada* associa-se ao conhecimento

sistematizado, apoiado em teorias gerais que permitem sínteses em direção às totalidades.

Snyders (op. cit.) não se refere à *cultura elaborada* como cultura elitista, a partilhada pelas camadas sociais mais favorecidas, mas está-se referindo à análise mais crítica, consciente e organizada da realidade. Defende a apropriação da *cultura elaborada* no âmbito escolar da educação formal e afirma que a sua apropriação não pode ser efetivada sem a ruptura com a cultura primeira. A *cultura elaborada* não é um refinamento da *cultura primeira*, do mesmo modo que a *cultura elaborada* não é uma consequência natural do desenvolvimento da *cultura primeira*.

Somente por meio dessa ruptura é que se estabelecerá uma continuidade entre ambas as culturas, ou seja, uma continuidade que se concretiza pela ruptura. Dessa forma, *cultura primeira* e *cultura elaborada* convivem por meio de um processo de continuidade-ruptura.

*“A relação que não cessei de evocar entre cultura primeira e cultura elaborada é uma síntese complexa de continuidade e de ruptura, onde nenhum dos dois elementos anula, engole o outro.” (Snyders, 1988, p.87)*

Deslocando-nos para a área do ensino das ciências naturais (doravante CN) podemos rever a discussão de Snyders no trabalho desenvolvido por Angotti (1991, 1993).

Angotti afirma, que, assim como a cultura elaborada, o conhecimento científico requer um processo de ruptura com o senso comum, saber prático, associado às experiências vividas no cotidiano. E alerta que não se trata de substituir um pelo outro por meio do processo educacional:

*“Um conhecimento diretamente ligado, preso ao senso comum é utilizado por todos, mesmo por aqueles que atingiram níveis de ‘cultura elaborada’. Ocorre que os comportamentos associados a tal conhecimento só podem ser criticados e comparados ao*

*sistematizado por esses poucos que transitam entre as duas culturas, ou nos níveis de cultura. A grande maioria fica a depender somente do senso comum, sem poder dimensioná-lo e criticá-lo. Permanece imersa e aprisionada.”*(Angotti, 1991, p. 102)

Esse processo tão importante de mudança não é auxiliado pelo ensino das CN, que mais parece um "senso comum maquiado" (ver Angotti, 1991, p. 102).

Angotti esclarece, que, o que é necessário para a aquisição dos conhecimentos de Ciência e Tecnologia (doravante C&T) é o estabelecimento do conflito, da ruptura com o senso-comum do alunos, sintonizado com um conhecimento estruturado e ligado às discussões epistemológicas atuais.

Aparentemente fragmentado, o conhecimento científico possibilita uma abordagem mais universal, já que se apóia em teorias gerais, fazendo com que a discussão dos conflitos existentes na relação C&T incorporem-se no cotidiano pedagógico, fato que não acontece no ensino da física da atualidade.

Diante da necessidade de mudar o quadro do ensino das CN, uma forma de abordá-lo é por meio da utilização de conceitos que estejam vinculados a uma ordenação mais estruturada dos saberes, relacionados com conceitos supradisciplinares, denominados por Angotti (1993, p. 103) "conceitos unificadores" (doravante C.U.), para que, concomitantemente, evitem a fragmentação e constituam-se canais de comunicação com o "conhecimento crítico em ciências sociais".

O conceito, sempre presente nas leis e teorias, é o elemento que pode ligar a teoria à prática. Como diz Angotti (1993, p. 191), "é o 'regular transferível' para inúmeras outras situações aplicáveis dessas poucas leis e teorias".

Por meio da sua característica de invariância, o conceito pode ser utilizado como orientador na aquisição dos conhecimentos em CN, diminuindo a desconexão entre os saberes ensinados, tanto para os

alunos como para os professores.

Os conceitos unificadores, ao mesmo tempo que estão apoiados por aspectos epistemológicos e pedagógicos, podem trazer para o espaço escolar a articulação entre o conhecimento científico e os processos tecnológicos atuais, devido à sua característica mais aberta e relacional, em oposição aos "famigerados" conteúdos.

Em outro sentido, os conceitos unificadores procuram enfrentar o conflito entre o objeto e a sua idealização, encontrando suporte teórico parametrizado pela necessidade de enfrentamento da tensão entre fragmentos e totalidades do conhecimento científico (ver Angotti, 1993, p. 192).

#### **1.4 Abordagem temática e conceitos unificadores**

A inserção do ensino de conceitos contemporâneos no ensino médio, em particular a FMC, requer uma concepção nova de currículo, que, simultaneamente, contemple uma educação para a cidadania e aspectos epistemológicos da ciência física.

Uma concepção tradicional do ensino da física, mais próxima a idéias empiristas sobre a ciência, e fragmentária, por excelência, pode repetir com o ensino de conceitos da FMC o que realiza com os desconexos conteúdos programáticos tradicionais. Uma proposta, que pode diminuir a possibilidade de que isso ocorra, encontra-se na *abordagem temática*.

A abordagem do programa escolar, por meio dos C.U., utiliza elementos da *abordagem temática* (ver Freire, 1975; Snyders, 1988). Nessa abordagem, a estruturação curricular é elaborada a partir de temas que envolvam contradições em que a sociedade está imersa e que proporcionem a renovação dos conteúdos programáticos escolares em uma dimensão crítica. É o caso, por exemplo, do tratamento dos conhecimentos paradigmáticos da física, especialmente os contemporâneos, relacionados com as suas aplicações tecnológicas,

bem como com as suas implicações socioeconômicas, ao se abordar o tema custo-benefício da Ciência e Tecnologia, conforme propõe Snyders (1988).

A *abordagem temática* tem orientado a formação continuada de professores de ciências e o currículo de escolas do Ensino Fundamental (1<sup>a</sup> a 8<sup>a</sup> séries) de redes oficiais (ver Pontuschka, 1993; Pernambuco, 1994); a produção de material didático-instrucional de CN (ver Pernambuco, 1988, 1990) e da física para professores do ensino médio (ver Delizoicov e Angotti, 1992).

A concepção de Freire (1975), do *tema gerador*, assim como a de *tema* por Snyders (1988), sofrem grande influência com as crenças, idéias hegemônicas, contradições e situações problematizadoras dos grupos que freqüentam a escola, tornando a definição dos mesmos tarefa difícil de ser empreendida. Já os C.U., por estarem associados ao conhecimento científico e tecnológico, simultaneamente dimensionados pelos aspectos pedagógicos e epistemológicos, podem facilitar a escolha dos temas significativos, diminuindo o universo de opções e, conseqüentemente, a fragmentação:

*“Os Conceitos Unificadores são complementares aos Temas e carregam para o processo de ensino-aprendizagem a veia epistêmica: na medida em que identificam os aspectos mais partilhados (em cada época) pelas comunidades de C&T, sem negligenciar os aspectos conflitivos.”* (Angotti, 1993, p.193)

Angotti também defende a *convivência* entre a abordagem temática e a escola de características de unitária, entendida diferentemente de escola única (ver Pimenta, Gonçalves, 1990). Por meio de temas que encerrem grandes contradições nacionais, temas emergentes e atuais, como, por exemplo, FMC, será possível inserir, culturalmente, um conhecimento ainda distante das populações.

Quatro conceitos unificadores propostos e caracterizados por Angotti (1991) — transformação, regularidade, energia e escala — tornam possível uma articulação estruturada entre os temas e as

situações neles envolvidas, com conceitos, definições, leis, modelos e teorias, que compõem os paradigmas das ciências, da física particulamente.

O *C.U. transformação*, considerado o mais simples dos quatro, engloba as transformações que ocorrem com a matéria viva e ou não-viva, no espaço e no tempo. As transformações aqui podem ser trabalhadas desde de um nível elementar, a transformação de uma planta, por exemplo, até níveis mais aprofundados, abstratos, como as transformações da energia. Por meio da análise e da síntese das diversas formas de transformações, pode-se chegar a uma melhor compreensão do conhecimento científico e das suas implicações tecnológicas.

O *C.U. regularidade* categoriza e agrupa as transformações por meio de regras, semelhanças, ciclos abertos ou fechados, repetições e ou conservações no espaço e no tempo. Pode ser entendida como a regularidade das transformações, estabelecendo o vínculo que a ciência faz entre transformações e regularidades.

*“Em linguagem matemática, escrevemos que várias Transformações (T) são dependentes (ou “função”) de pelo menos uma Regularidade (R), ou  $R = R(T)$ .”*(Angotti, 1993, p.195)

Sempre presente nas especulações anteriores à Ciência Moderna, mas, aceita e socializada apenas em meados do Século XIX, o conceito energia incorpora os dois anteriores e, em consonância com Angotti (1993, p. 195), é *“um sutil ‘camaleão’ do conhecimento científico”*. Diferente da definição estática dos livros didáticos, da “capacidade de realizar trabalho”, esse conceito adquire várias formas: pode transformar-se espacial e temporalmente, tanto na dinâmica dos objetos quanto na dos fenômenos e sistemas, concomitantemente a que se pode conservar nessas distintas formas ou se degradar quando na forma de calor. Tem forte característica transdisciplinar e interliga os conhecimentos específicos da C&T e as suas relações com a sociedade — por exemplo, a utilização de fontes alternativas de energia.

O conceito *escala* assume o papel dimensionador dos eventos estudados, e também, dos processos de transformações e regularidades. Pode-se referir a dimensões ergométricas, macro ou microscópicas, em nível espacial, durações normais, instantâneas ou remotas, em nível temporal, inclusive possibilitando introduzir a discussão dos limites de validade das teorias:

*“Quanto às restrições de domínios de validade das teorias clássicas da mecânica e do eletromagnetismo, estão presentes pistas nas escalas, que apontam para elementos de teorias contemporâneas. Por exemplo, ao escrevermos Raios X e ‘gama’ enquanto ‘fótons’, ao sugerirmos os acoplamentos espaço-tempo e massa-energia. Em cada situação, professores e educandos terão opções para busca de materiais que subsidiam um conhecimento novo, não localizado facilmente nos livros didáticos com que estão familiarizados, às vezes viciados, em adotar como única fonte de saber.”* (Angotti, idem, p.156)

Ao contrário da importância dada às unidades enquanto dimensão no ensino tradicional<sup>4</sup>, o *C.U. escala* pretende contribuir para a capacidade de estimar, dimensionar com relativa precisão, atividade típica do trabalho científico, em particular dos físicos.

Esse conceito pode aproximar o mundo escolar do mundo vivido, como, por exemplo, no estudo da relação do tempo com a energia térmica, produzida por um aparelho elétrico, e a sua relação com o valor pago pelo fornecimento da energia elétrica.

Por sua vez, na perspectiva da abordagem temática, a programação dos conteúdos programáticos e o seu desenvolvimento didático-pedagógico em sala-de-aula, articulada com os conceitos unificadores, é proposta em um modelo dialógico (ver Delizoicov, 1991), que se fundamenta nas características essenciais do processo de "codificação-problematização-descodificação", desenvolvido por Paulo

---

<sup>4</sup> A análise dimensional que era um dos tópicos do programa tradicional do ensino de Física do Ensino médio e de certa forma, trabalhava o conceito *escala*; foi abolida há alguns anos.

Freire (1975).

Esse modelo procura realizar as rupturas necessárias entre a cultura primeira e a cultura elaborada, “via problematização e aquisição de conhecimentos, a partir da dialogicidade tradutora a ser estabelecida em torno de situações significativas e temas geradores”.(Delizoicov, 1991, p.159)

Em outros termos, esse processo pode permitir que um fenômeno e/ou situação codificado, seja decodificado, via diálogo e problematização, devidamente mediado pelo professor.

Delizoicov (idem) fundamenta-se epistemologicamente em autores atuais tais como Kuhn (1975) e Bachelard (1978), apoiando-se pedagogicamente em educadores progressistas, assim como na sua prática educacional em projetos das CN (ver Delizoicov, 1982; Angotti, 1982; Dal Pian, 1990; Pimenta, 1990). Uma atuação educacional, com estas características, definem grupos de pesquisa, pesquisadores e pesquisa na área do ensino da física, surgidos no Brasil após a década de 70, como evidenciado na tese de doutorado de Alice Pierson (1997).

O meu objetivo é que esse modelo propicie rupturas, a partir de conhecimentos científicos, organicamente articulados com os conceitos universais da física e temas.

Esse modelo didático-pedagógico, segundo Delizoicov (1991, pp. 181-182), divide-se em três momentos: (i) problematização inicial; (ii) organização do conhecimento, e (iii) aplicação do conhecimento.

Há uma apresentação mais didática desses três momentos no livro *Física*, dos professores Angotti e Delizoicov (1992).

A problematização inicial consiste em associar o conteúdo a ser abordado ao universo dos alunos, levantando-se questões e situações do grupo, onde o professor deve servir mais como facilitador do que como fonte de informações, sempre observando os assuntos do tópico, unidade ou tema central, organizando as discussões de forma estruturada, evitando a perda da continuidade dos momentos

pedagógicos.

É interessante que o professor e os alunos levantem outras questões e/ou situações, além das sugeridas no programa, levando em consideração a região e o universo local.

No segundo momento, *organização do conhecimento*, serão aprofundados definições, conceitos, relações e leis, com a devida orientação do professor, como forma de sistematizar os conhecimentos da física necessários ao desenvolvimento do programa e da problematização inicial, com a orientação do professor.

No terceiro e último momento, *aplicação do conhecimento*, como o próprio título define, é feita a abordagem sistemática do conhecimento que vem sendo incorporado para analisar e interpretar situações com ele relacionadas.

Esse momento pretende mostrar que o conhecimento, além de ser uma construção histórica, é acessível a qualquer cidadão, que dele pode fazer uso.

Os três momentos também permitem trabalhar as seguintes contraposições, apresentadas no mesmo livro (ibidem, p.23), que representam influências no plano pedagógico, na interação professor-aluno:

1-) extensão x profundidade:

A discussão dessa contraposição pode ser resumida em duas perguntas-chave:

*“-A veiculação do conhecimento em sua extensão implica o ensino enciclopédico e de caráter apenas de divulgação científica?*

*-A veiculação do conhecimento em profundidade significa apenas conhecer tópicos de Cinemática, Termometria, Óptica geométrica ou qualquer outro?” (Delizoicov e Angotti, 1992, p.23)*

Estas perguntas são respondidas através da argumentação de o professor deve estabelecer um equilíbrio entre os dois elementos

mesmo com a interferência das condições existentes no seu local de trabalho.

É possível uma abordagem em profundidade do tema central proposto no livro evitando o corte sumário de tópicos importantes existentes nos programas tradicionais em decorrência da falta de tempo, dificuldade do assunto, etc.

#### 2-) processo x produto:

Esta contraposição discute a ausência de discussões mais atuais do processo de construção histórica da física, o que não é atendido por simples biografias de cientistas famosos ou apêndices históricos.

Sugere-se novamente o equilíbrio entre os dois elementos acima já que ao mesmo tempo que a física altera, ela também é alterada pelo contexto histórico-social das sociedades.

#### 3-) cotidiano x distante:

Esta contraposição fala da abordagem da física do cotidiano, estabelecendo uma conexão entre conhecimento científico e suas possibilidades de aplicação na vida prática.

#### 4-) senso comum x conhecimento sistematizado:

Aborda uma linha de pesquisa recente em ensino de física: As concepções espontâneas, que representam o "choque" conceitual entre conhecimentos anteriores e os conhecimentos veiculados na escola. A falta de atenção nesta contraposição pode levar ao ensino de "*situações de quadro-negro*" na escola e a utilização apenas do senso comum em situações vivenciadas fora dela.

#### 5-) diálogo x monólogo:

Esta contraposição discute o papel do professor não apenas como transmissor de conhecimentos e informações, mas sim como "problematizador" do processo de ensino-aprendizagem.

#### 6-) desafio x verdade:

Esta contraposição incentiva a dialogicidade entre professor e aluno, evitando a monotonia dos cursos tradicionais de física.

A idéia é, que, ao sistematizar os conhecimentos científicos por meio dos momentos pedagógicos, o professor ao mesmo tempo em que realiza a ruptura dos seus paradigmas conceituais dos conhecimentos da ciência física, apropria-se de um modelo didático-pedagógico que possibilitará a almejada renovação dos conteúdos programáticos escolares.

Os *momentos* também podem servir como otimizadores das tarefas pedagógicas:

*“(...) a sua utilização não se restringe às atividades de sala de aula ou à organização de programas escolares. São utilizados também para organizar reuniões, desencadear um processo na escola, planejar o trabalho das equipes.”* (Pernambuco, 1994, p. 139)

Neste trabalho, as abordagens educacionais estão direcionadas para o ensino médio, especialmente, para a formação inicial e continuada de professores de física, na perspectiva curricular da inserção da FMC.

## **CAPÍTULO II**

### **A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO**

---

No capítulo anterior explicitarei alguns pressupostos que caracterizam uma abordagem educacional progressista. Dessa forma localizei o ensino de física como um aliado que pode trazer contribuições significativas ao processo de formação de cidadãos críticos e conscientes, capacitados a ler e interpretar o mundo, o seu contexto e, assim atuar na perspectiva de transformação.

Neste capítulo focalizo um aspecto dessa perspectiva educacional, ou seja, apresentando discussões que relacionam ciência física e física escolar, procurando inserir conceitos da Física Moderna e Contemporânea no ensino de física.

Sem querer esgotar o assunto, uma vez que o levantamento foi panorâmico, a revisão bibliográfica que realizei, demonstra que nas últimas décadas, tem estado presente a preocupação dos pesquisadores da área em inserir conhecimentos contemporâneos , inclusive na formação de professores.

## 2. Uma divisão didática da ciência física

Para definir o que é FMC, dividirei o desenvolvimento da ciência física em três períodos (Akrill citado por Sun e Lau, 1996, p.165):

I-Física Clássica (Física Newtoniana e eletromagnetismo clássico)

II-Física Moderna

III-Física Contemporânea

Segundo este autor, a Física Clássica corresponde ao período compreendido entre o estabelecimento da Física Newtoniana e da teoria clássica do eletromagnetismo até o final do século 19.

A Física Moderna corresponde ao período que vai desde o final do século 19 até a segunda guerra mundial.

A Física Contemporânea inicia na década de 40 (após o início da segunda guerra mundial) e vai até os dias de hoje.

Ostermann e Moreira (1998), também consideram a Física Contemporânea iniciando-se na década de 40.

Para efeitos desta pesquisa estou considerando a Física Contemporânea utilizando como critério a produção da ciência e tecnologia, e suas relações com a sociedade. Para definir o início do período da Física Contemporânea, tendo como marco a Segunda Guerra Mundial, utilizo como referência as palavras de Moreira (1998, p.28):

*“(...) foi a culminância de um processo de reordenamento econômico político e militar do mundo. Instaurou também, e definitivamente a ciência como matriz essencial para novos avanços tecnológicos. O dramático fim da guerra, selado pela explosão das bombas atômicas em Hiroshima e Nagasaki, no Japão, deixou claro o poder que a ciência e a técnica haviam gerado. No pós-guerra uma intensa produção acadêmica, com muitas aplicações tecnológicas dela resultantes, contribuiu para que os Estados Unidos assumissem definitivamente o papel central não só na ciência e na tecnologia, mas*

*também na economia mundial. Na Física de 50 anos atrás, algumas novas teorias, descobertas e invenções registrariam essas mudanças."*

A contextualização da ciência atual, como particularizada no trecho acima, exemplifica como características históricas, políticas e culturais, podem estar presentes nos conhecimentos contemporâneos da física.

## **2.1 A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino médio**

No Brasil, pode se considerar que a preocupação em aproximar o ensino de física do ensino médio, da ciência física deste século inicia de forma mais ampla na década de 60, a partir do "efeito sputinik" (Oliveira, 1992, p.86).

Através da influência de vários projetos estrangeiros, tais como o PSCS, BSCS, CBA, Chemstudy, amplamente analisados (Hodson; Gil-Pérez, citados por Oliveira, 1992, p.86), o nosso ensino experimentou a tentativa de ingressar na discussão de conceitos mais contemporâneos da ciência.

Essa tentativa vem crescendo desde a década de 70 e a produção de vários trabalhos acadêmicos pode ser constatada através do Banco de Dados *Enfis* (Salém e Kamawura, 1996) e pelos catálogos de dissertações e teses (IFUSP, 1992; 1996).

Utilizando a tese de doutorado de Terrazan (1994), produção referencial com relação a essa nova perspectiva curricular no país, pode entender-se como vêm sendo desenvolvidas iniciativas nesse sentido.

Quatro grandes projetos brasileiros podem ser citados como precursores nacionais da introdução de conceitos modernos da física, são eles o *PEF*, Projeto de Ensino de Física, o *PBEF*, Projeto Brasileiro de Ensino de Física, o *FAI*, Física Auto-Instrutiva, e mais recentemente o *GRAF*, Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (Terrazan, 1994, p.51).

Os três primeiros datam do início da década de 70 e já foram

bastante analisados nos últimos anos, já o *GRAF* teve seus volumes editados no início da década de 90, vem sendo aplicado e analisado através de vários trabalhos acadêmicos ( Satiro; Ambrózio; Laranjeiras; Pereira; Piassi citados por Pierson, 1997, p.171-190). Em março de 1997, através de sua tese de doutorado, Alice Helena Campos Pierson, estabelece com maior rigor as bases teóricas deste projeto, localizando-o de forma mais clara no conjunto das diversas correntes atuais do ensino de Física no país.

Terrazan (1994,p.53) destaca dentre os projetos estrangeiros traduzidos ou utilizados no Brasil, e que continham assuntos da Física Moderna: o *PSSC*, Physical Science Study Committee, o *HPP*, Harvard Project Physics e o Nuffield com dois níveis, *NSTP*, Nuffield Science Teaching Project e *NAS*, Nuffield Advanced Science. Os dois primeiros produzidos nos E.U.A, respectivamente na década de 60 e no início da década de 70, e o último na Inglaterra em meados da década de 60.

Por outro lado, Delizoicov (1995,p.2)afirma:

*"Quais conhecimentos contemporâneos e como incluí-los no currículo são problemas a serem enfrentados pelos agentes dos institutos de formação de professores física."*

Segundo Ostermann (1998, p.111), existe consenso hoje, em nível internacional, entre físicos e professores de física, quanto a necessidade de inserir no ensino médio, assuntos de Física Contemporânea nos currículos de física escolar.

Em agosto de 1992 realizou-se em Gramado-RS, a V Reunião Latino-Americana de Educação em Física. Um dos grupos de trabalho, coordenado por Eduardo Adolfo Terrazan e com participação de 15 pesquisadores de vários países (Argentina, Brasil, Colombia, Espanha, México e Uruguai) discutiu o seguinte tema; "A Física Contemporânea no ensino da física e a formação do professor de física". Em suas recomendações finais, considerando-se que "a Física Clássica, a Moderna, a Contemporânea e a atual constituem uma unidade" (RELAEF,92), sugerem que:

“(..) 2- Nos cursos específicos de Física Contemporânea ( na formação de professores) deve-se fazer uma seleção de temas atuais e seus tratamentos devem estar de acordo com o desenvolvimento dos conceitos físicos observando-se as mudanças mais importantes em relação à Física Clássica. A seleção de tópicos deve ser flexível e aberta, permitindo que estas disciplinas possam ser utilizadas periodicamente como cursos de atualização para os professores em exercício...

3- Nas disciplinas tais como Didática, Ensino de Física, Instrumentação para o Ensino, Prática de Ensino, etc..., incluir a discussão das formas de desenvolver os temas de Física Moderna e Contemporânea nos cursos de ensino médio.

4- Deve-se implementar a produção de material didático necessário que contemple os conhecimentos dos professores secundários e dos especialistas da Universidade, através da participação conjunta dos mesmos.” ( Terrazan, 1994,p.7; grifo meu)

As iniciativas em nosso país nesse sentido ainda são discretas e mesmo havendo uma tendência em atualizar nossos programas de física no ensino médio, na prática, muito pouco tem sido realizado (Ostermann, et alii 1998, p.7).

Por esse motivo utilizarei um trabalho referencial nesse sentido (Terrazan,1994) para dar um panorama das principais correntes metodológicas internacionais na área de ensino de ciências e de física.

## **2.2Abordagens metodológicas**

Terrazan (1994) realizando um levantamento sobre a temática do ensino de FMC na escola média identifica três vertentes representativas de abordagens metodológicas para a introdução do assunto, particularmente da Física Moderna. O autor caracteriza, contextualiza e analisa cada uma das seguintes abordagens:

1 □ Explorando os Limites dos Modelos Clássicos.

2 □ Evitando Referências aos Modelos Clássicos.

3 □ Escolhendo Tópicos Essenciais.

A primeira proposta é defendida por Daniel Gil Pérez e Jordi Solbes (1988;1993), do grupo de pesquisa da Universidade de Valência, na Espanha. Apresenta-se em bases construtivistas, respeitando a evolução histórica dos conceitos físicos.

Segundo estes autores:

*“1-A introdução da Física Moderna é feita sem tomar como ponto de partida as dificuldades insuperáveis que originaram a crise da Física Clássica, os limites de sua validade, sem tentar mostrar as diferenças entre a visão clássica e a moderna sobre o comportamento da matéria.*

*Definitivamente, o ensino de Física Moderna é caracterizada por uma introdução desestruturada que simplesmente justapõe (às vezes misturando) as concepções clássicas e as modernas, prejudicando portanto, a correta compreensão de ambas e proporcionando uma imagem deformada (muito linear) de como se desenvolve a ciência e da própria metodologia científica.*

*2-Conseqüentemente, a referida apresentação dificulta que os alunos tenham uma mínima compreensão, nem ao menos qualitativa, das idéias e conceitos fundamentais do novo paradigma.*

*3-Cabe inclusive esperar que a referida apresentação, pela sua própria orientação que mascara a ruptura conceitual presente na Física Moderna, seja acompanhada da introdução pelos mesmos textos, de erros em torno de conceitos fundamentais.” (Gil-Pérez et alii, 1988, p.17; tradução minha)*

Este grupo tem publicado vários trabalhos relatando seus resultados de investigações sobre o ensino de Física Moderna nas escolas espanholas.

Através da análise de 42 livros didáticos utilizados na Espanha para o ensino médio, foram identificados vários erros conceituais graves que são reforçados pelos textos. Estes erros referem-se a quatro aspectos fundamentais da Física Moderna:

- a □ A relação massa-energia;
- b □ dualidade onda-partícula;
- c □ relações de indeterminação;
- d □ idéia de partícula elementar.

Para cada um destes aspectos os autores (ibidem, p.19) apresentam uma constatação do erro mais freqüentes encontrados nestes livros, relacionados a seguir:

- são comuns afirmações de possíveis transformações massa/energia, inclusive tendo sido encontrado o mesmo tipo de erro em textos de nível universitário americanos (Lehrman citado por Gil Pérez et alii, 1988);
- normalmente os textos reduzem a dualidade onda-partícula somente ao aspecto ondulatório ou somente ao corpuscular;
- freqüentemente interpreta a indeterminação quântica como falta de precisão dos instrumentos ou como pura aleatoriedade;
- interpretação das partículas elementares através de uma concepção mecanicista, onde são consideradas elementos 'últimos', sem estrutura interna.

Terrazan (1994,p.73) ressalta que nessa análise, quase todos os livros contribuem para uma visão distorcida dos procedimentos da atividade científica. Fica evidenciado que na sua maioria, os textos não fazem qualquer referência ao caráter não-linear do desenvolvimento da física, às dificuldades que originaram a crise da Física Clássica e suas profundas diferenças com a Física Moderna.

Gil Pérez e Solbes (1993) propõem um programa de atividades

para os alunos, baseadas em orientações construtivistas, como forma de superar as dificuldades no tratamento da Física Moderna em sala de aula. Nesse programa os alunos são incentivados a buscar soluções frente à situações-problema, de maneira a reconstruir o conhecimento científico e também perceberem algumas características da pesquisa científica. A introdução ao estudo da Física Moderna basea-se em quatro atividades:

*“A.1. Rever alguns aspectos das principais contribuições (inclusive as aplicações tecnológicas) do que é denominada Física Clássica (isto é, a física construída, por exemplo, desde Galileo até Maxwell).*

*A.2. Formar a imagem do conceito de matéria compatível com à Física Clássica(particularmente, com relação aos conceitos espaço,tempo, corpo e radiação.)*

*A.3. Reconhecer que a física é construída a partir do que é denominado ‘senso comum da física’, que não é capaz de resolver problemas relevantes. Reconhecer, ao mesmo tempo, que todos os físicos que vieram antes de Galileo, não possuíam o novo paradigma clássico.*

*A.4. Perceber que a Física Clássica conseguiu explicar praticamente todos os fenômenos conhecidos, constituindo-se num corpo coerente de conhecimento que falhou em uns poucos casos. Enumerar alguns destes problemas.” (ibidem, p.258;tradução minha)*

Todo o programa de atividades foi aplicado para cerca de 180 alunos na faixa etária de 16 a 18 anos, e os resultados foram comparados com aqueles alunos que foram submetidos ao ensino tradicional, o grupo de controle. Evidenciou-se uma aprendizagem significativamente maior do grupo experimental, onde apenas uma pequena porcentagem não conseguiu perceber a existência de uma crise no desenvolvimento da física do final do século 19.

Houve uma redução do número de alunos que não foram capazes de estabelecer a diferença entre a Física Clássica e a Física Moderna, assim como daqueles que mantinham a conceituação errada da relação massa/energia ou sobre a dualidade onda-partícula.

Terrazan (1994,p.75) afirma que pensar a utilização da Física Moderna e Contemporânea a partir dos limites da teoria da Física Clássica pode adequar-se a nossa realidade educacional, pois diferentemente da realidade espanhola, onde a FMC é trabalhada com alunos do ensino médio, em nossos programas escolares não existe esse assunto.

Como será visto no capítulo IV, o tratamento empírico que desenvolverei, não se aprofundará nesse tipo de especificidade do conteúdo da FMC, mas por outro lado, é de fundamental importância que essa discussão esteja presente na intervenção junto a professores de física, para que não se repita os mesmos erros apontados nos resultados apresentados anteriormente.

A segunda proposta é desenvolvida por Helmut Fischler e Michel Lichtfeldt (1992a; 1992b), da Universidade Livre de Berlim, Alemanha. Argumentam os defensores dessa proposta que o uso de conceitos e modelos clássicos ou semiclássicos como referência para uma abordagem da formulação da Física Quântica interfere negativamente na conceituação mental elaborado pelos alunos (Terrazan, 1994), ou seja, defendem uma posição quase oposta à anterior.

Estes autores, em linhas gerais, colocam que a aprendizagem da Física Quântica por parte dos alunos é dificultada caso se utilize concepções semiclássicas, tais como o modelo de Bohr e o conceito do dualismo onda-partícula (Fischler e Lichtfeldt,1992b, p.181).

São analisados três textos didáticos ingleses, apontados como exemplo de abordagens diferenciadas que introduzem os conceitos quânticos, são eles: "*Understanding Physics for Advanced Level*" (Breithaupt citado por Fischler e Lichtfeldt,1992b,p.182); "*Advanced*

*Physics*”(Duncan citado por Fischler e Lichtfeldt,1992b, p.182); “*Nuffield Advanced Physics Course*” (NAS citado por Fischler e Lichtfeldt,1992b, p.182).

Fischler e Lichtfeldt utilizam como elemento de análise dos textos acima, a maneira como é apresentado o modelo atômico de Bohr. Segundo estes autores, é o texto de Breithaupt, o que mais dificulta o entendimento dos conceitos quânticos, pois é o que mais detalha o modelo de Bohr, inclusive relacionando o momento angular ( $m.v.r$ ) de um elétron que se move em órbita circular, com a expressão  $h/2\pi$ .

O texto do NAS fica numa posição intermediária, apresentando os conceitos mais de acordo com a Física Moderna, mas por vezes mesclando concepções clássicas com as quânticas. Por outro lado, o texto de Duncan, utiliza apenas um único parágrafo para tratar do modelo de Bohr. Os autores após a análise, apresentam cinco premissas básicas para a introdução da Física Quântica no nível médio (Fischler e Lichtfeldt,1992b, p.183-184):

- I. evitar a referência à Física Clássica.
- II. introduzir o estudo do efeito fotoelétrico utilizando as características dos elétrons e não a dos fótons.
- III. utilizar a interpretação estatística dos fenômenos observados, evitando usar descrições dualistas.
- IV. introduzir a relação de incerteza de Heisenberg no início do estudo da Física Quântica.
- V. Evitar trabalhar com o modelo atômico de Bohr quando estiver utilizando o átomo de hidrogênio.

Com relação às premissas acima deve-se fazer alguns questionamentos:

Como utilizar as características do elétrons e não as dos fótons, sendo o efeito fotoelétrico um fenômeno tão importante na definição da corpuscularidade da luz?

Como utilizar a interpretação estatística dos fenômenos sem mencionar a interferência e medida, conceitos esses dualistas?

Como introduzir incerteza sem referência a conceitos clássicos e/ou ondulatórios?

Mesmo não tendo a intenção de dar respostas a estas questões, é importante que se discuta estes elementos ao trabalhar-se assuntos da FMC no ensino médio.

Por outro lado, a partir de suas premissas , os autores apresentam a seguinte seqüência programática para a introdução da Física Quântica (ibidem, p184):

- I. Difração de elétrons.
- II. Experimento de dupla fenda.
- III. Princípio de incerteza de Heisenberg.
- IV. Quantização da energia para um potencial poço-quadrado e para o átomo de Hidrogênio .
- V. .Experimento de Franck-Hertz e análise espectroscópica.
- VI. .Objetos quânticos de luz: fótons.
- VII. .Problemas de interpretação (Causalidade na Física Moderna, interpretação de Copenhagen, etc).

Os resultados da aplicação desse programa para alunos secundaristas de 11 cursos de física de Berlim foram considerados positivos se comparados com os resultados dos alunos de outros 14 cursos do grupo de controle. Os alunos do segundo grupo, incorporaram o novo fenômeno utilizando antigas idéias mecanicistas, e os conceitos da Física Quântica foram adquiridos apenas a nível verbal, sendo posteriormente abandonados.

Terrazan (1994,p.78) comenta que se deve atentar para o fato de que o professor do nível médio de Berlim tem uma boa formação com

relação aos conceitos da Física Moderna e dispõe de amparo oficial, através de treinamento em serviço, caso queiram aplicar a nova abordagem.

Ainda segundo este autor, mesmo considerando-se que a nossa realidade é outra, “introduzir conceitos já dentro de uma formulação mais atualizada, desprovida de imagens presas aos conceitos clássicos, pode parecer razoável.” (idem, ibidem)

Concordo com este autor, pois as concepções de ciência dos professores de física em nosso país, em sua grande maioria, como citado no capítulo I (Becker, 1993; Borges, 1991) estão mais associadas à concepções empiristas, e inserir assuntos de FMC em cursos de formação de professores utilizando modelos semiclássicos poderia agravar essa situação.

Finalmente, a terceira proposta, defendida por Arnold Arons (1990), da Universidade de Washington, E.U.A, situa-se numa zona intermediária em relação às anteriores. Mesmo respeitando a evolução histórica dos conceitos físicos, Arons argumenta que não se pode trabalhar todos os conceitos da Física Moderna no nível médio, sendo suficiente trabalhar alguns conceitos como: elétrons, fótons, núcleos, estrutura atômica e talvez os primeiros aspectos qualitativos da relatividade (Terrazan, 1994).

Do mesmo modo que Terrazan (1994), a perspectiva que estamos adotando para o ensino de FMC no ensino médio, está de acordo com alguns pontos desta proposta de Arons, no entanto, destaca-se que a escolha destes tópicos essenciais pode levar a resultados negativos.

*“É uma idéia interessante, coerente, mas ao mesmo tempo perigosa. No limite desta argumentação pode-se facilmente entrar em defesa dos 'pré-requisitos' sem maiores críticas. Corre-se também o risco de produzir uma programação tipo 'colcha de retalhos', sem a unidade necessária (...)” (Terrazan, 1994, p.81)*

Terrazan (1996) propõe que alguns tópicos essenciais também devem ser estabelecidos, mas de forma a constituir-se numa rede, que estejam interrelacionados entre si e a estrutura interna da ciência física, destacando que:

*“Numa programação de um curso de física escolar, é necessário se estabelecer um equilíbrio entre: o significado e a importância que um conceito, modelo ou teoria científica pode assumir num contexto escolar específico e a sua importância relativamente a sua posição dentro do universo da ciência física.” (p.6)*

Ao se caracterizar a física como área do saber interrelacionada com outras áreas de conhecimento e com os aspectos sociais e tecnológicos, é fundamental que se construa e compreenda um quadro conceitual que ressalte a física como uma totalidade, ao contrário do que vem sendo feito na maioria dos currículos atuais da física escolar, particularmente no ensino médio, mesmo quando não se ocupam em abordar FMC. Além disto, é necessário que a inserção desse assunto evite a utilização de uma matemática mais complexa daquela abordada no ensino médio.

Uma pesquisa realizada por Ostermann e Moreira (1998, p.111) atualiza essa última abordagem, pois segundo eles:

*“Este trabalho tem como objetivo aplicar a técnica Delphi (Linstone e Turoff, 1975) para investigar entre físicos, professores de física e pesquisadores em ensino de física brasileiros, buscando o consenso, que temas de Física Contemporânea deveriam ser ensinados na escola média (...) não está claro que tópicos contemporâneos deveriam ser abordados na escola média. É neste sentido que esta pesquisa busca ser uma contribuição para o tema.”*

Os resultados dessa pesquisa demonstraram que são os seguintes tópicos que, segundo as informações dos professores e pesquisadores consultados, devem estar presentes numa possível inclusão no currículo de física no ensino médio: efeito fotoelétrico, átomo

de Bohr, leis de conservação, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares e relatividade restrita.

Deve-se atentar para o fato de que os tópicos acima envolvem aspectos diferentes, por exemplo: a radioatividade é um fenômeno, o átomo de Bohr refere-se a um modelo e a relatividade, uma teoria. Será a forma de trabalhar didaticamente estes tópicos que determinará os inter-relacionamentos entre fenômenos, teorias e modelos.

Utilizarei estes tópicos no capítulo IV para balizar a pesquisa empírica desta dissertação, os quais servirão como referência para se discutir a presença dos mesmos no material a ser analisado.

Observei em alguns trabalhos estrangeiros mais recentes, que procuram inserir FMC no ensino médio (Lawrence, 1996; Davies, 1997; Field, 1997; Cuppari et alii, 1997; Li, 1997; Sun e Lau, 1996) que essas três abordagens são utilizadas juntas ou separadas, sem que haja uma preocupação por parte dos autores em identificar-se com alguma delas.

Li (1996) relata em seu artigo, a história recente sobre as mudanças no ensino de física na China, onde o autor declara que pouco tempo de aula tem sido reservado para inserir conhecimentos contemporâneos como maser, laser, ótica-não linear, etc. Ainda assim o trabalho mostra através de uma tabela que no seu país, desde 1952, são dedicadas, pelo menos oito horas de ensino de Física Atômica e Nuclear nos cursos de física de nível médio.

### **2.3. Uma proposta para o ensino de FMC: Abordagem Temática:**

No Brasil, algumas iniciativas pioneiras vem contribuindo para inserir assuntos da FMC no ensino médio. Tomando-se como base os trabalhos apresentados no XII Simpósio Nacional de Ensino de Física, realizado em Belo Horizonte, em janeiro de 1997, pode-se constatar que dos mais de duzentos trabalhos inscritos (entre comunicações orais e

painéis), pelo menos 20 se referiam diretamente ao ensino de FMC, seja a nível de formação de professores ou para utilização no processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Menezes e Hosoume (1997,p. 58):

*“A necessidade de ensinar a Física Quântica, mesmo diante da fragilidade dos conhecimentos de Física Clássica pelos alunos, leva à conclusão de que não se deve aceitar a idéia restritiva de pré-requisitos, que tende a julgar jovens adolescentes incapazes de perceber a complicada lógica quântica, antes de dominarem todo o instrumental clássico.”*

O autor acima conduz o projeto para o ensino médio do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), citado anteriormente (ver item 2.1), vinculado ao Departamento de Física da USP, com mais de dez anos de existência. Como citado anteriormente, produziu três volumes de livros direcionados para professores de física.

Outra iniciativa que demonstra a importância que vem sendo dada ao ensino de FMC pode ser evidenciada na publicação editada pela Sociedade Brasileira de Física, através de um número especial da Revista Brasileira de Ensino de Física (SBF,1997), contendo artigos de vários autores, que tratam de assuntos da mecânica quântica. Mesmo utilizando matemática superior, mas com uma linguagem técnica acessível, essa publicação pode auxiliar na formação inicial ou continuada de professores de física do ensino médio para o estudo de conceitos atuais da mecânica quântica.

O livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992), já citado no capítulo I(ver item 1.4) como exemplo de uma *abordagem* temática, é outra publicação dirigida para professores de física, que inclui em sua proposta conceitos da FMC<sup>4</sup> e tem sido objeto de trabalhos acadêmicos da área de ensino de física (ver Auler, 1995; Auth, 1996; Camargo, 1996).

Utilizarei a proposta deste livro para o curso de física no

ensino médio, para orientar o tratamento didático do material empírico desta dissertação, como explicitarei no capítulo IV.

A minha escolha em utilizar essa proposta justifica-se pelo fato de que o livro contém referenciais teóricos da *abordagem temática* desenvolvidos no capítulo I, em particular, os *conceitos unificadores e os momentos pedagógicos*.

Além disto, a inclusão em seu programa de assuntos da FMC e as sugestões de leituras de livros e artigos de divulgação científica se identificam com a articulação que está sendo feita nesta dissertação. A seguir farei uma rápida apresentação dessa publicação.

Na apresentação do livro explicita-se a clientela atendida: alunos de licenciatura em física e professores de física do 2<sup>o</sup> grau.

Uma pergunta fundamental (inclusive já colocada no início desta dissertação) abre a apresentação do trabalho:

*“Para que serve o ensino de física no 2<sup>o</sup> grau?”* (Delizoicov e Angotti, 1992, p. 13)

Ao mesmo tempo que deve atender a formação científica, também deve aproximar-se de situações vividas pelos alunos, tanto de ordem natural quanto de origem tecnológica, independente da possibilidade do aluno dirigir-se para o terceiro grau ou para algum curso vinculado as disciplinas da área das ciências naturais.

Os autores colocam que o ensino médio pode ser considerado nível terminal de escolaridade:

*“Portanto pode parecer difícil a utilização desta proposta pelos professores que atuam com uma preocupação exclusiva em preparar os alunos para exames vestibulares.”* ( Delizoicov e Angotti, 1992; grifo dos autores)

É proposta uma temática central: Produção, distribuição e consumo da energia elétrica, e sugerida atividades e leituras que deverão ser "adaptadas" pelo professor, conforme o grupo alvo.

Os autores levantam uma outra questão quando mencionam a utilização do livro didático:

*“Esta proposta não é determinada por orientações de livros didáticos, mas recorreremos a eles com o objetivo de utilizá-los como instrumentos que contribuem para o desenvolvimento do trabalho docente.”* ( Delizoicov e Angotti,1992, p14)

O livro propõe uma outra abordagem para o ensino de física mas contando com a participação do professor, contendo orientações e bibliografia que poderão subsidiar o trabalho de adaptação da proposta.

As orientações gerais( *ibidem*, p.17) iniciam comentando a evolução do ensino de física desde a década de 70, e a ligação deste trabalho com as novas tendências, colocando-se também como uma nova abordagem seja de ensino ou de pesquisa.

A ciência física, considerada pelos autores como área de conhecimento construída, contém elementos importantes para que o cidadão os utilize na sua leitura e intervenção da realidade, posição esta, presente na abordagem do tema central deste livro: Distribuição e consumo de energia elétrica, que associados a outros temas mais específicos realiza uma conexão entre o conhecimento em física e as situações de relevância social, reais , concretas e vividas, e também de sua aplicabilidade nessas ou em outras.

A ementa do programa é apresentada por meio de unidades e tópicos específicos, cujo os desdobramentos são de responsabilidade do professor, seguindo a posição dos autores de utilizar a participação ativa dos mesmos, de maneira a contextualizar o curso com a realidade vivida pelos seus estudantes.

Os pressupostos para a elaboração do programa ( *ibidem*, p.22) definem a fundamentação teórica do trabalho, que pode ser encontrada com maior aprofundamento nas teses de doutorado dos autores (Delizoicov, 1991; Angotti, 1991), já discutidas no capítulo I desta dissertação.

A apresentação do programa não se restringe à compartimentalização das áreas da física de ensino médio, assim como transcende a fragmentação das disciplinas de ciências naturais, abordando diversas formas de "processos de transformação", buscando "regularidades", conceitos esses supradisciplinares.

Define-se a característica supradisciplinar mencionada acima através dos "conceitos unificadores", cuja outra função é a de reduzir a fragmentação dos conteúdos e auxiliar na ligação das partes com o todo.

Os conceitos unificadores permitem uma maior "movimentação" entre as fronteiras anteriormente estabelecidas, presentes principalmente nos livros didáticos tradicionais.

Define-se então os quatro conceitos unificadores: processos de transformação, ciclos e regularidades, energia e escalas.

A definição dos conceitos unificadores procurou privilegiar o estudo dinâmico da física "que efetivamente busca uma aproximação com a natureza na sua contínua evolução no tempo" (ver Delizoicov e Angotti, 1992, p.23).

A origem dos temas também pode ser encontrada internamente na própria ciência e a utilização dos mesmos é pautada por aspectos de ordem didática e curricular.

No final de cada tópico do programa são apresentadas algumas leituras que poderão enriquecer o que foi discutido anteriormente, estimulando os leitores a utilizarem com maior frequência periódicos especializados editados por grupos que possuam credibilidade da comunidade acadêmico-científica. Dentre essas leituras destacam-se vários artigos da revista *Ciência Hoje*, que na sua maioria, constituíram a amostra do tratamento empírico dos artigos da análise que será desenvolvido no capítulo IV.

Neste capítulo, delinee os elementos didáticos-pedagógicos que servirão como subsídio para a avaliação do material de divulgação científica, considerando-se suas possibilidades para uso na formação de

professores de física, objetivando a inserção de assuntos da FMC no ensino médio. No próximo capítulo, serão discutidos os elementos da área da comunicação que definem a divulgação científica e suas características educacionais. Dessa forma procura-se estruturar teoricamente o tratamento metodológico que será realizado no capítulo IV.

### CAP. III

## A DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E O ENSINO DE FÍSICA

---

O termo Jornalismo Científico foi durante muito tempo interpretado como Divulgação Científica. A veiculação de notícias sobre fatos científicos em jornais, revistas, e outros meios de comunicação, vem crescendo muito nas últimas décadas, da mesma forma que o estudo e pesquisa das formas de apresentar esses fatos.

Hoje em dia existe uma quantidade considerável de material do Jornalismo Científico<sup>5</sup> e da Divulgação Científica, mas ainda não se dispõe de uma quantidade expressiva de literatura atualizada que defina teoricamente as diferenças entre essas duas modalidades de comunicação (Hirata, 1994, p. 10).

Massarani (1998) em sua dissertação de mestrado, num dos trabalhos mais recentes sobre a divulgação científica no Brasil, aborda a questão numa perspectiva histórica. Essa autora, com larga experiência em divulgação científica, também declara que não pretende “buscar uma definição delimitada e restritiva” (ibidem, p. 11) sobre esse termo.

Mesmo não tendo como objetivo aprofundar-me nessa questão, é necessário considerar alguns elementos que permeiam as discussões procedentes da área da comunicação, sobre as diferenças entre o jornalismo científico e a divulgação científica. Na verdade, busquei retirar desses debates os aspectos educacionais de ambas, a fim de subsidiar a inserção da informação científica no espaço escolar, na perspectiva de renovação dos conteúdos programáticos escolares.

---

<sup>5</sup> Sobre esta afirmação pode-se observar o artigo de Bueno (1989, p. 121-146) que contém vasta bibliografia sobre o jornalismo científico, dentre livros, artigos de revistas e jornais.

### 3.1. Algumas considerações sobre a comunicação científica

Segundo Hernandez-Cañadas (1987,p.16) o ato de comunicar consiste nos seguintes elementos: fonte(quem comunica), mensagem(o que se comunica), o canal(de que forma se comunica) e o receptor(para quem se comunica).

Um caso particular da comunicação: a comunicação científica, é definida por Garvey(citado por Hirata, 1994,p.10)através do conjunto de atividades ligadas com a produção, disseminação e uso da informação desde o instante em que um cientista concebe sua idéia para a pesquisa, até que a informação sobre os resultados dessa pesquisa seja constituída como conhecimento científico.

*“Assim sendo, neste tipo de comunicação, a fonte é um pesquisador, um cientista, um gerador do conhecimento científico; a sua mensagem está constituída por um grupo de dados que conformam o que chamaremos de informação científica.”*  
(Hernandez-Cañadas,1987, p.16)

A informação, nesse caso, pode ser transmitida através de diversos canais, divididos em canais informais ou canais formais de comunicação, onde os receptores podem ser outros cientistas ou pessoas de fora da comunidade científica, por assim dizer, o público em geral.

O autor coloca que o subsistema informal de comunicação da ciência se inicia quando o cientista define uma idéia de pesquisa, “que depois de amadurecida, é comunicada aos seus pares, com o intuito de receber críticas, sugestões, principalmente no que se refere a aspectos metodológicos, apoio e encorajamento para seguir adiante na sua investigação”(ibidem, p.17).

Consiste numa informação de circulação restrita, direcionada a pequenos grupos, sem regras nem padronizações, onde sua divulgação se dá à critério do cientista. Ainda fazem parte desse subsistema, as conversas entre pares, cartas e comunicações a conferências.

Segundo Braga(1974)outras formas de canais informais de comunicação podem ser as reuniões, por exemplo, em centros de pesquisa, onde especialistas se encontram por um período de curta duração, constituindo um "colégio invisível", mesma concepção do termo empregada pelos cientistas que se reuniram para fundar em 1660, a Royal Society.

Nesse meio, a circulação de informação é tipicamente integrativa e avaliativa, permeada por "barreiras linguísticas, econômicas, psicológicas e políticas." ( ver Hernandez-Cañadas, 1987, p.17).

Por outro lado, no subsistema de comunicação formal, a informação é dirigida para um universo mais amplo, transmitido através de regras e padrões de apresentação, onde seu fluxo é mais livre e irrestrito.

Ainda segundo Hernandez-Cañadas, esse tipo de informação é realizada através de veículos especializados, onde o artigo de periódico constitui-se no principal canal utilizado, tais como: livros, relatórios, monografias e pré-publicações (pré-prints).

Da mesma forma que a comunicação informal, a circulação da informação no domínio da comunicação formal é avaliativa e integrativa, com a existência de barreiras lingüísticas, econômicas, psicológicas e políticas.

A fase em que o cientista elabora sua pré-publicação para avaliação e publicação num periódico especializado é a fase que demarca a fronteira entre os domínios informal e formal da comunicação científica. Caso seja aceita para publicação, o seu conteúdo torna-se de domínio público, não sendo mais o autor quem vai disseminar a informação ali contida (Hernandez-Cañadas, 1987, p.18).

Afirma que a informação veiculada num artigo de periódico poderá ser utilizada pelos leitores de diversas maneiras, tais como: fonte de informação, pesquisa, catalogação e banco de dados. A pesquisa que

desenvolvi neste trabalho, como será visto no próximo capítulo, bem demonstra essa afirmação.

O autor ainda coloca que com o tempo, a informação contida no artigo transforma-se num escrito mais acurado e reavaliado, no formato de um livro ou tratado, que de uma forma geral, define como os resultados de uma pesquisa se convertem, gradativamente, em parte integrante do conhecimento.

Nesse tópico, procurei delinear alguns elementos importantes da área da comunicação para que se possa tratar dos assuntos que abordarei a seguir.

### **3.1.1 A gênese do periódico científico:**

Pode-se dizer que a literatura científica ocidental originou-se na correspondência trocada entre cientistas, formando redes, que posteriormente deram origem às academias e sociedades científicas. A melhora no sistema postal na Europa foi um dos fatores que facilitou a rápida difusão do conhecimento científico, tanto na forma manuscrita quanto na impressa. A correspondência entre cientistas não era privada e circulava entre indivíduos ou grupos interessados na leitura das “novidades científicas”. ( Hernandez-Cañadas, 1987, p. 20)

Reis(1979, p131)comenta que:

*“Antes do moderno jornalismo, qual o conhecemos com seus periódicos populares, a informação circulava em cartas noticiosas, não raro clandestinas e perseguidas pelas autoridades. Da matéria dessas cartas, acrescida de novidades colhidas em outras fontes, como atas e correspondências entre banqueiros, nasceram os primeiros jornais, que em geral noticiavam mais o que era estrangeiro, por menos visado pela polícia, e nada tinham da palpitação e atualidade dos periódicos de hoje.”*

Através da leitura dessas correspondências nas reuniões da

Royal Society, em 1665, nasceu o "*Philosophical Transactions*", um dos primeiros jornais científicos (Dick citado por Reis, 1972, p.131). Foi somente a partir do século XIX que o periódico científico atingiu o seu aspecto atual, ao mesmo tempo que o livro, antes principal veículo de informação científica, passou a ter papel secundário como tal.

*"A característica do moderno jornal científico, que é a publicação de artigos originais bem documentados sobre trabalho realizado pelo autor, só mais tarde surgiu, vencendo a resistência de numerosos cientistas, que nessa mudança viam prática imoral quando comparada à dignidade do livro."* (Reis, 1972, p.132)

O periódico científico surge como forma mais rápida de disseminação das descobertas científicas, economicamente mais viável, permitindo a publicação de trabalhos de muitos autores ao mesmo tempo. ( Hernandez-Cañadas, 1987, p.20)

Um outro tipo de periódico surge a partir dos periódicos científicos modernos, com a função de servir "de registro e forma de difusão científica para a sociedade em geral." (ibidem, p.23). Esse tipo de periódico chamado de divulgação científica, apresenta uma forma diferente, onde a intenção é utilizar uma linguagem mais acessível para um público de não-especialistas, onde a sociedade, como um todo, pode informar-se dos acontecimentos do mundo científico.

### **3.1.2. A democratização do conhecimento científico:**

No Cap.I, desenvolvi uma argumentação onde o ensino deve contemplar aspectos culturais, contemporâneos e que estimulem o espírito de cidadania. Na área da comunicação científica também existe a preocupação em colocar a sociedade a par dos acontecimentos da ciência, como forma de ferramentar o cidadão para que participe mais criticamente das decisões governamentais. Tanto a área educacional quanto a área da comunicação comungam na necesssidade de inserir novos conhecimentos para a formação de um cidadão crítico e atuante,

em particular, aquele pertencente a parcela da população que pôde usufruir de alguns anos de escolarização.

Como Petrucci(1989,p.1) afirma, a maneira como o desenvolvimento científico e tecnológico vem mudando, provoca várias transformações e repercussões nos campos, econômico, **cultural**, ético, permeando as decisões de caráter político. Essas transformações estão presentes no dia a dia da população, seja nas relações mais próximas ou mais distantes, inclusive no que diz respeito ao físico, afetivo, profissional e **cultural**.

A autora, da área da comunicação, se aproxima das questões levantadas nos capítulos anteriores sobre a renovação dos conteúdos programáticos escolares, quando afirma:

*“A forma e o grau de intensidade de participação da população no processo de desenvolvimento e de transformações que vêm ocorrendo na sociedade, assim como a possibilidade de usufruir e de se apropriar dos resultados e avanços da ciência e tecnologia, depende, em grande parte, do grau de informação e compreensão que o Estado, os pesquisadores, a classe política, professores, profissionais da comunicação, trabalhadores em geral, e demais segmentos da sociedade tenham sobre o processo científico e tecnológico.” (ibidem, p.1; grifo meu)*

A autora comenta que a democratização do conhecimento científico e tecnológico vem sendo cada vez mais discutido através de documentos, congressos, seminários, etc.

Ainda assim uma pesquisa bianual realizada pela Fundação Nacional da Ciência dos Estados Unidos, onde a pergunta sobre o movimento relativo entre a Terra e o Sol foi respondida incorretamente por 55% dos cidadãos entrevistados, demonstrou, como definido por comunicadores e cientistas: “a ponta do iceberg da ignorância.” (Lewenstein, 1995)

Barros(1998,p.76) cita a mesma pesquisa quando se refere à

pouca importância dada à *alfabetização científica* nos currículos escolares de ciências, particularizando para a situação do nosso país.

Segundo Almeida(1984), existem três argumentos que justificam a divulgação dos conhecimentos científicos para o público em geral: o progresso da ciência, fatores sociais e por último, justiça.

O primeiro argumento justifica-se pelo fato de que quanto mais pesquisadores tiverem contato com os acontecimentos de outras áreas, maior será o intercâmbio de idéias, processo fundamental para o desenvolvimento de novas áreas de conhecimento.

O segundo defende que problemas sociais podem ser melhor resolvidos através da colaboração de um número maior de cientistas. O terceiro, mais voltado para o público em geral, justifica-se pelo fato de que o cientista que recebe dinheiro público para suas pesquisas, por uma questão ética, deve dar o retorno em termos de informação para o cidadão que paga impostos.

Além destes argumentos também pode-se adicionar o papel educacional da divulgação científica(Maltus citado por Hernandez-Cañadas, 1987). Esse fator tem um especial interesse para este trabalho, pois articula do ponto de vista da comunicação, a inserção da divulgação científica no espaço escolar.

Para Ziman(1979) a obrigação do pesquisador não se resume em acrescentar volumes aos arquivos bibliográficos, mas ao contrário, contribuir com sua pesquisa para a estruturação da ciência e transformar a informação em conhecimento público.

Algumas controvérsias existem com relação às diferenças do jornalismo científico e divulgação científica.

Segundo Bueno(1985), o uso indiscriminado do termo jornalismo científico tem contribuído para "legitimar algumas imprecisões e ambiguidades conceituais". Este autor utiliza Pasquali(1979)para conceituar três elementos importantes no quadro teórico do jornalismo científico; difusão, disseminação e divulgação.

Pasquali afirma que a difusão e a divulgação se direcionam para um público universal, enquanto a disseminação está mais voltada para a comunidade de especialistas.

No entanto, esse autor exclui a utilização do termo difusão quando se trata de comunicar informações de ciência e tecnologia em particular, pois entende que esse tipo de informação se restringe a um público especializado.

Para Bueno(1985) essa restrição não existe, pois considera o termo difusão como de caráter global, que circunscreve, inclusive, os demais termos citados. Afirma que difusão científica se refere “a todo e qualquer processo ou recurso utilizado para veiculação de informações científicas e tecnológicas.” (p.1421).

Bueno afirma que a difusão científica abrange periódicos especializados, bancos de dados, os sistemas de informação acoplados aos institutos e centros de pesquisa, serviços de bibliotecas, reuniões científicas, as seções especializadas das publicações de caráter geral, as páginas de jornais e revistas destinadas à ciência e tecnologia, o cinema de caráter científico, incluindo também os chamados colégios invisíveis.

Este autor coloca que o conceito de difusão científica, visto dessa forma, incorpora a divulgação científica a disseminação científica e o próprio jornalismo científico, e pode dividir-se em dois momentos: difusão para especialistas e difusão para o público em geral.

De outra forma, o conceito de disseminação da ciência e tecnologia pressupõe a transferência de informações, transcritas através de códigos especializados, a um público formado por especialistas e também possui dois níveis.

O primeiro é a disseminação entre pares, ou seja, entre especialistas da mesma área do conhecimento ou áreas afins, possuindo duas características: o público ao qual se dirige é especializado, com um conteúdo específico e com um código fechado em relação a informação

transferida. Revistas de geologia, física ou ortodontia são exemplos de veículos desse nível de disseminação

O segundo nível, é a disseminação extrapares, ou seja, para especialistas fora da área de conhecimento do objeto da disseminação. Diferencia-se do primeiro por seu código em que a informação é transferida, embora fechado, tenha a possibilidade de tradução. Tem-se ainda, nesse caso, um público especializado, embora não necessariamente naquele domínio específico. Uma revista de economia política ou de ciências sociais poderia ser um exemplo, pois pode ser lida por diferentes especialistas, e não obrigatoriamente por economistas, cientistas políticos ou sociólogos(Bueno,1985,p.1421).

Assim sendo, o conteúdo dessas publicações contribui para que haja interesse por parte dos diferentes especialistas. Também deve-se considerar as situações onde são disseminadas, intencionalmente, informações especializadas, para uma audiência também especializada. Como exemplo dessa situação, pode-se considerar um curso de homeopatia para médicos alopatas.

O autor explica que nestes dois níveis não se pode falar em difusão para o público em geral, visto que o código, o conteúdo e mesmo o próprio ambiente em se efetiva a disseminação eliminam, a princípio, os não especialistas.

Já a divulgação científica, segundo Bueno, muitas vezes denominada de popularização ou vulgarização científica, abarca a utilização de recursos, técnicas e processos para veicular as informações da ciência e tecnologia para o público não especialista.

Segundo Pasquali citado por Bueno(1985):

*"(...) entende-se por divulgação o envio de mensagens elaboradas, mediante a recodificação de linguagens críticas a linguagem omnicompreensíveis, à totalidade do público receptor disponível."*(p.1421)

Mas Bueno ressalta que a divulgação não utilize como canal

de comunicação, apenas a imprensa:

*"É importante frisar que a divulgação científica não se restringe ao campo da imprensa. Inclui os jornais e revistas, mas também os livros didáticos, as aulas de ciências do 2º grau, os cursos de extensão para não especialistas, as estórias em quadrinhos, os suplementos infantis, muitos dos folhetos utilizados na prática de extensão rural ou em campanhas de educação voltadas, por exemplo, para as áreas de higiene e saúde, os fascículos: produzidos por grandes editoras, documentários, programas especiais de rádio e televisão, etc." (p.1422; grifo meu)*

O grifo acima ressalta mais uma indicação que vem orientando este trabalho no sentido da utilização do material da divulgação científica no âmbito escolar.

Por outro lado, Castilho(1997, p.5), baseada em pesquisas realizadas nos conteúdos de um número significativo de livros didáticos de ciências naturais, chama a atenção para o fato de que muitos desses materiais veiculam uma visão distorcida da ciência, da tecnologia e de quem a produz, apresentando o conhecimento como acabado, determinista, descontextualizado e desatualizado.

Para Santos(citado por Bueno,1985, p.1422), a distinção entre o jornalismo científico e a divulgação científica está no objetivo do comunicador da mensagem, afirmação com a qual Bueno(1985, p.1422)discorda, pois acredita que na prática o que define a diferença entre um e outro são as características específicas do código utilizado e da formação do profissional encarregado da comunicação.

José Reis, divulgador pioneiro em nosso país<sup>6</sup>, utiliza ambos os termos de forma indiscriminada:

*"Por divulgação entende-se aqui o trabalho de comunicar ao*

---

<sup>6</sup> Uma descrição panorâmica da contribuição deste autor pode ser encontrada no artigo de autoria do mesmo:"O Caminho de um Divulgador" (Reis, 1982, p.800-816). Dentre outros prêmios devido as contribuições deste autor para a divulgação científica no país, foi instituído pelo CNPq, em 1978(PETRUCCI,1989,p.04), o prêmio que leva o seu nome, voltado para iniciativas desta natureza

*público, em linguagem acessível, os fatos e princípios da ciência, dentro de uma filosofia que permita aproveitar os fatos jornalisticamente relevantes como motivação para explicar os princípios científicos, os métodos de ação dos cientistas e a evolução das idéias científicas.”* (Reis citado por Bueno 1985, p.1422)

Reis sempre ressaltou o papel educacional da divulgação científica:

*“Há muito chegamos à convicção de que a ciência, em nosso país custeada quase que exclusivamente pelos cofres públicos, requer, para o apoio que merece, a compreensão da comunidade. Mas esse entendimento não se consegue, ao contrário do que parecem imaginar muitos cientistas, pela mera exaltação dos méritos da ciência; atinge-se pela paciente educação do povo a respeito do que ela faz e das implicações e suas conquistas (...) É indiscutível, ao menos em nosso meio, o relevante papel que os cientistas têm tido na adoção de melhores métodos de ensino das ciências e, e por extensão, do ensino em geral.”* (Reis, 1974, p.657)

Esses pronunciamentos desse importante divulgador, feitas ainda na década de 70, em muito se identificam com as argumentações feitas nos capítulos anteriores sobre a importância de inserir os conhecimentos científicos contemporâneos no ensino, como forma de preparar o estudante para exercer a sua cidadania.

Por outro lado, como argumentado por Bueno (1985, p.1421), “o rigor conceitual obriga-nos a distinguir jornalismo científico da divulgação científica”. O primeiro, definido através da estrutura conceitual do jornalismo em geral, deve apresentar as seguintes características: *atualidade, universalidade, periodicidade e difusão.*

*“Na prática, isso significa dizer que ele (o jornalismo científico) se define:pela atualidade, ocupando-se de fatos (eventos e descobertas)ou pessoas (cientistas,tecnólogos, pesquisadores) que estejam direta ou indiretamente relacionados com o momento*

*presente; pela universalidade, abrigando os diferentes ramos do conhecimento científico; pela periodicidade, mantendo o ritmo das publicações ou matérias, certamente antes em conformidade com o desenvolvimento peculiar da ciência do que com o próprio ritmo de edição dos veículos jornalísticos (oportunidade, segundo Groth); e pela difusão, o que pressupõe a sua circulação pela coletividade.”*  
(Groth citado por Bueno, 1985, p.1421)

Mello(1983, p.24) conceitua o jornalismo científico como “processo social que se articula a partir da relação ( periódica/oportuna ) entre organizações formais ( editoras/emissoras ) e coletividade (públicos/receptores) através de canais de difusão (jornal/revista/rádio/televisão/cinema ) que asseguram a transmissão de informações (atuais) de natureza científica e tecnológica em função de interesses e expectativas (universos culturais ou ideológicos).”

Sem querer prolongar-me neste debate, em linhas gerais, pode-se definir o jornalismo científico por meio de seis funções básicas: informativa, educativa, social, cultural, econômica e político ideológica(Bueno,1985). Dessas, obviamente, a que mais interessa para esse trabalho é a função educativa.

Segundo Bueno, a função educativa tem merecido maior atenção de estudiosos e profissionais da área. Acuña ( citado por Bueno, 1985, p.1424) ressalta que o jornalismo científico tem um componente educativo importante ao discutir a ética científica, podendo servir para fundamentar idéias e condutas da coletividade. Ainda afirma que aumenta a responsabilidade do jornalista no papel de educador, caso emita a crítica ou o simples comentário da informação que está veiculando.

Calvo Hermano(citado por Bueno, 1985, p.1425) afirma que as atividades de vulgarização científica e do ensino são complementares, mas com a diferença de que na última o processo de “realimentação” está sempre presente. Bueno (ibidem) discorda dessa posição citando Paulo Freire quando denuncia que a relação professor-

aluno nem sempre é dialógica, por isso, ausente de uma plena realimentação.

Mas o jornalismo científico como prática educativa apresenta problemas tais como: reducionismo da informação, ausência de uma mensagem didática e positiva, falta de rigor científico, tendência ao sensacionalismo e falta de fontes seguras de informação.

De uma forma geral, Mello (1982,p.19) argumenta que o “jornalismo contemporâneo tem uma ideologia própria, que se manifesta através de duas características básicas: sensacionalismo(para vender a notícia é preciso despertar as emoções do público consumidor) e a atomização (o real é percebido não em sua totalidade, mas em seus fragmentos: política, economia, esporte, ciência, etc).”

Talvez aí esteja uma das características marcantes que diferenciam a divulgação científica do jornalismo científico. A primeira pode conter características como as relacionadas acima, mas a sua periodicidade e seu público leitor fazem a diferença no objetivo da informação.

Outra questão importante a se destacar refere-se a atividade de divulgação científica realizada por um profissional não especializado, como destacado por Freire-Maia (1990,p.211):

*“O mais grave problema da divulgação científica pela imprensa é decorrente, no entanto, dos jornalistas não especializados. As notícias são divulgadas sem uma apreciação crítica e sem avaliação correta de todos os aspectos envolvidos.”*

Epstein (1997,p.22-39) cita um caso sobre os efeitos negativos da publicação prematura de uma notícia da área médica, iniciada por um periódico científico internacional e depois seguida por vários outros, inclusive por um jornal nacional de larga circulação. As questões levantadas por ele como: “O que faz com que um tema latente emergja subitamente na mídia de divulgação científica?” (...) “Quais as vantagens e desvantagens para o público num sentido geral, em se divulgar temas

de saúde ainda controversos?”, implicam numa discussão que foge aos objetivos deste trabalho, mas serve como subsídio para avaliar-se a qualidade da informação científica veiculada por um periódico de divulgação científica.

Certamente que um profissional da área de comunicação não pode dominar todos os conhecimentos científicos dos artigos que publica, da mesma forma que o profissional da área da ciência e tecnologia não pode dominar as especificidades da comunicação para um público em geral. Necessário se faz então que haja uma ação conjunta entre ambos profissionais, e essa é mais uma “pista” para definir o perfil editorial de um periódico de divulgação científica que veicule informação de qualidade.

Por último cabe ressaltar que neste capítulo, toda a discussão que realizei aborda um veículo de informação; o texto impresso em papel, que não é o único, e muito menos o “predileto” dos jovens da atualidade como colocado por Kawamura (1998,p.87). A autora referindo-se ao impacto das novas linguagens tecnológicas na sociedade atual, em particular no âmbito escolar, comenta:

*“Faz parte da política editorial de vários jornais de circulação diária, no resto do mundo e no Brasil, o aumento da utilização de imagens e de textos breves, com a concomitante diminuição de escritos mais longos e, em geral, mais profundos.” (idem, ibidem)*

Pode parecer que está faltando uma discussão mais abrangente, pelo fato de que a divulgação científica na atualidade não se resumir na informação impressa, mas por outro lado, deve-se considerar que as informações contidas nos novos meios de comunicação serão “alimentadas” por aquelas contidas nos meios tradicionais.

*“Sabemos que a escrita e a literatura têm espaço garantido na vida cultural futura e serão incorporadas a novas formas de expressão, da mesma forma que a oralidade sobrevive até hoje. Da mesma forma como o vídeo não significou o fim do cinema, nem a*

*fotografia o fim da pintura.*” (ibidem,p.100)

Consoante com Kawamura(1998), destaco:

*“Com certeza, como viajantes do mesmo barco, falta-nos perspectiva histórica para compreendermos as mudanças que estão em curso. Mas com mais certeza ainda, o que não podemos é ignorar essas mudanças.”* (idem;101)

De certa forma, o papel das novas tecnologias estão inseridas neste trabalho, pois no capítulo IV será mostrado como um Banco de Dados foi de fundamental importância na análise dos dados empíricos constantes da pesquisa, demonstrando suas possibilidades de utilização por parte de professores do ensino médio.

Após as discussões destes últimos itens pode-se concluir que na perspectiva adotada nesta pesquisa, ou seja, formação de professores de física, é na veiculação da informação científica através dos artigos da divulgação científica que se encontra elementos da área da comunicação com maiores possibilidades de uma utilização pedagógica. Mesmo que o jornalismo científico, como colocado anteriormente, possua sua função educativa, outras características mais ligadas ao jornalismo em geral(o sensacionalismo por exemplo), diminuem a possibilidade de utilização dos seus artigos para o tratamento aqui pretendido.

A seguir será traçado um pouco da história e do perfil de uma revista de divulgação científica, em particular, utilizando-se das discussões anteriores para justificar a sua utilização como objeto de estudo desta dissertação.

### 3.2 A SBPC e a Revista Ciência Hoje

Neste tópico apresento um rápido histórico da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência(SPBC) e da criação de um de seus veículos de divulgação: a revista Ciência Hoje. Procuo assim, justificar a utilização dessa revista como objeto de análise deste trabalho, já que hoje conta-se com outras publicações nacionais que procuram divulgar o conhecimento científico contemporâneo.

A SBPC surge num momento crítico da vida nacional. Adhemar de Barros após ser eleito governador de São Paulo em janeiro de 1947, retira preciosos recursos financeiros das universidades e instituições de pesquisa paulistas (Carvalho,1998, p.19 ). Essa atitude provoca indignação de muitos cientistas que convencidos da importância de associações como a Royal Society e a Associação Americana para o Avanço da Ciência(AAAC), decidem partir para a criação de uma sociedade nacional para “defesa da ciência no Brasil.”(idem,ibidem)

Segundo Videira(1998, p.22), a “década de quarenta é singular para nosso país”, marca o fim do Primeiro Governo Vargas, em 1945, coincidindo com a queda de outros regimes totalitários de países europeus. Durante a década de 30 criam-se e reformulam-se importantes instituições de pesquisa e ensino no país, tais como: a Universidade do Distrito Federal ,criada em 1935, a Universidade de São Paulo, criada em 1934 e o Instituto Oswaldo Cruz, que é reestruturado na segunda metade da década. Por outro lado, somente na década de 40 é que se consolida o que foi criado até aquela época.

Ainda segundo Videira(ibidem, p.24), nesse período contribuíram para tornar uma época singular no desenvolvimento da ciência no país,o número de cientistas, brasileiros e estrangeiros que trabalhavam aqui. Um dos principais periódicos científicos brasileiros, os *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, passava a ser publicado regularmente, caracterizando a atividade científica profissional.

Um grupo de cientistas, inclusive, Maurício Rocha e Silva, que

recém havia descoberto a bradicinina<sup>7</sup>, reúnem-se no dia 8 de junho de 1948 no Instituto Biológico para discutir o estatuto da sociedade e eleger “os membros que cuidariam da sua elaboração: Jorge Americano, José Reis, Paulo Sawaya, José Ribeiro do Valle, Gastão Rosenfeld e Rocha e Silva. ‘Esse dia marca o início da SBPC’, considerava Rocha e Silva.”(Carvalho,1998,p.19)

Depois de um mês, após várias reuniões um grupo bem maior, no prédio da Associação Paulista de Medicina, assina a ata de fundação da SBPC. Em outubro de 1949, realiza-se em Campinas, a primeira reunião anual da Sociedade e em abril, ocorre o lançamento do primeiro número da revista *Ciência e Cultura*, publicação científica da SBPC, mais voltado para a disseminação científica, até hoje em circulação. A partir deste período em diante, com reuniões anuais realizadas em várias regiões do país, a Sociedade passou a crescer não só numericamente, ganhando credibilidade tanto no âmbito científico, quanto no político.

Segundo o farmacologista Sérgio Henrique Ferreira, atual presidente da Sociedade:

*“A política de ciência no país, a partir dos anos 50, esteve voltada para a formação de pessoal, para a estruturação da pós-graduação no país, através de um modelo que, inclusive, se mostrou muito produtivo, e a SBPC teve papel fundamental nesse processo. Mas ela não se limitou a atuar apenas nesse campo, pois sempre teve claro que falar de desenvolvimento científico de um país envolve também falar de ensino em todos os níveis - do primário à pós-graduação; estimular e fortalecer as sociedades científicas e difundir o conhecimento científico. A existência da SBPC é um estímulo, uma presença no país, porque nestes 50 anos alcançou credibilidade.”*(Szklo e Ivanissevich, 1998, p.9)

---

<sup>7</sup> A descoberta da bradicinina, em 1948, é um dos orgulhos da produção científica nacional. Esta substância, pesquisada até hoje, está presente na base do desenvolvimento dos medicamentos anti-hipertensivos, e ironicamente, é importada pelo nosso país. (CARVALHO E ESTRADA, 1998, p.37). A descoberta desta substância e a SBPC são consideradas irmãs gêmeas, comemorando juntas o seu aniversário (CARVALHO, p.19)

A SBPC desde sua criação vem sofrendo várias reformulações, e além de ter sido a incubadora de outras sociedades científicas nacionais, lutou pela criação do Conselho Nacional de Pesquisa(CNPq), das FAPs(fundações de amparo à pesquisa) e do Ministério da Ciência e Tecnologia, auxiliando no crescimento e diferenciação da ciência brasileira.(idem,ibidem)

Atualmente suas reuniões anuais contam com a participação de cerca de 70 sociedades e associações científicas de diversas áreas, onde:

*"(...)professores e estudantes discutem seus programas de pesquisa. Temas e problemas nacionais e regionais são debatidos com participação franqueada ao público em geral. Através de suas secretarias regionais promove simpósios, encontros e iniciativas de difusão científica ao longo de todo o ano. Mantém ainda quatro projetos nacionais de publicação:a revista Ciência e Cultura(1948) e a revista Ciência Hoje(1982),que se destinam a públicos diferenciados, o Jornal da Ciência Hoje (1986) e a revista Ciência Hoje das Crianças (1986). "* (SBPC,1998.p.87)

Dentre essas publicações, a revista *Ciência Hoje*(CH), por estar mais voltada para a divulgação científica, será mais explorada neste trabalho.

Antes de ser apresentada em 7 de julho de 1982, na abertura da 34ª Reunião Anual da SBPC, realizada em Campinas, muitas articulações foram realizadas para que isto acontecesse. Segundo Alberto Passos Guimarães Filho, editor-fundador e atual membro do Conselho Diretor da revista:

*"As condições que propiciaram o surgimento da revista Ciência Hoje se relacionam intimamente ao processo que fez da SBPC a maior sociedade científica do país (...) Em 1978, Roberto Lent redige uma proposta para a criação de uma revista brasileira de divulgação científica, a partir de uma discussão que tivemos.(...) Depois de longas discussões, o nome Ciência Hoje é escolhido*

*para o projeto. Em fins de 1978, as discussões do grupo conduzem ao texto “Ciência Hoje - uma revista de difusão científica”, amplamente distribuído para a comunidade científica. (...) Por quase três anos, o projeto praticamente não avança, até que, em maio de 1980, a diretoria da SBPC decide formar uma comissão para estudar a criação de uma revista de divulgação científica. José Goldemberg, então presidente da sociedade, convida Darcy Fontoura de Almeida, José Reis, Henrique Krieger e Alberto Passos Guimarães Filho para formar a comissão. (...) No início de 1982, finalmente, surgem as condições necessárias à realização do projeto.” (Guimarães Filho, 1992, p.40-41)*

Através do financiamento do CNPq, Finep e da própria SBPC, a revista teve como editores fundadores: Roberto Lent, Alberto Passos Guimarães Filho, Darcy Fontoura de Almeida e Ennio Candotti, e um conselho editorial com nomes de vários estados. (idem, ibidem).

Em seu editorial de apresentação declara que:

*“Tem a intenção de manter aberto um canal de comunicação direta entre a comunidade científica e o público leitor...” (SBPC, 1982, p.6)*

O primeiro número teve uma tiragem de 15 mil exemplares, mas precisou ser reeditado devido a inesperada venda nas bancas de revista. Seis meses após o seu lançamento já tinha quatro mil assinantes e no final de 1982, recebe menção honrosa do prêmio José Reis, faturando o mesmo no ano seguinte. Em março de 1987, a partir do número 29, passa a ter publicação mensal. ( Weingrill, C. et alii, 1992, p.38)

A partir de sua publicação surgem o *Jornal da Ciência Hoje* e o encarte infantil, *Ciência Hoje das Crianças*, destinado ao público infantil, editado no número 27 da revista, tornando-se mais tarde uma publicação independente, inédita em termos nacionais e internacionais. Ao longo de sua existência a CH editou números especiais tais como: *Caos e o Meio Ambiente*, *Amazônia*, *Nordeste*, etc. Também foram publicados volumes especiais, tais como: *Amazônia e Eco-Brasil*. (idem.

ibidem.)

Na verdade essa revista faz parte de um grande projeto onde inclui-se o *Informe Ciência Hoje*, o *Jornal Ciência Hoje*, a revista *Ciência Hoje das Crianças*, o *BBS (Bulletin Board System)*, CD-rom's, o *Ciência Hoje on line*, a publicação direcionada à professores *Ciência Hoje na Escola*. (Massarani, 1997)

A essa família acima veio juntar-se o suplemento *Technologia*, que aborda a produção tecnológica nacional e mais recentemente, na revista CH de número 140, foi lançada uma nova publicação, "o número zero do suplemento especial *Explora!*, dedicado a estudantes e professores de ensino médio que gostam de aprender juntos através de experiências" (SBPC, 1998, p.1).

O primeiro número da revista CH, além dos artigos, continha as seções: *Tome Ciência*, *Tecnologia*, *Documento*, *Humor*, *Resenhas de leitura*, *Perfil* e *É bom saber*. Atualmente, impulsionada por uma nova concepção, segundo editorial da revista nº140 (julho de 1998), declara que:

*" (...) em seus 16 anos de vida, Ciência Hoje jamais inovou tanto de uma vez só (...) Esta edição é mais que especial para a equipe que faz a revista. É especial porque ela inaugura um projeto gráfico arrojado, calcado em mudanças na linha editorial que vêm acontecendo ao longo do último ano (...) Sem perder o rigor e a qualidade científica de seus artigos, Ciência Hoje tem procurado atingir um público cada vez mais amplo, adotando uma linguagem mais simples e didática (...) E agora presenteia o leitor com um projeto gráfico moderno, ágil e elegante, para facilitar a leitura da revista e tornar suas páginas ainda mais bonitas."* (SBPC, 1998, p.1; grifo meu)

As seções da revista sofreram várias mudanças ao longo do tempo, mas pode-se citar características de algumas delas<sup>8</sup>:

<sup>8</sup> Será tomado como referência a revista CH de n.119, de abril de 1996.

A seção '*Cartas*' procura ser o canal de conversação com o leitor, onde são feitas inclusive correções de artigos anteriores; '*Um Mundo de Ciência*' constitui-se em artigos curtos sobre várias áreas da ciência, que podem ser tomados de periódicos científicos nacionais ou internacionais; '*Entrevista*', como o próprio nome já diz, procura entrevistar personalidades reconhecidas da comunidade científica nacional e internacional; '*Perfil*' apresenta histórico e produção científica de importantes cientistas; '*Resenha*' apresenta livros de autores reconhecidos que tratam de assuntos das mais diversas áreas do conhecimento científico. Outras seções tais como '*É Bom Saber*', '*Ciência em Dia*', seguem as mesmas características da seção '*Um Mundo de Ciência*', mas tratando de aspectos diferentes da produção científica atual.

O rigor e a qualidade científica dos artigos são características que justificam a utilização dessa revista como objeto de estudo...e não foram descobertas por acaso. O Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino de Ciências Naturais de Santa Catarina (GEPECISC), ligado ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal de Santa Catarina, a exemplo de outros grupos (Sousa et alii,s/d), tem se debruçado sobre as possibilidades didáticas dos materiais de divulgação científica, em particular, a revista *Ciência Hoje das Crianças*(doravante CHC).

A escolha do GEPECISC em trabalhar inicialmente com essa publicação, justifica-se pelo seu caráter multidisciplinar e público, com assuntos relativos às ciências humanas, exatas, biológicas, cultura geral e popular, onde suas matérias são escritas por autores reconhecidos pela comunidade acadêmica, interessados em divulgar ciência. Dentre outras atividades, o GEPECISC (1996) elaborou um Banco de Dados, atualmente com mais de 500 artigos da CHC, de modo a subsidiar as atividades de formação de professores e o uso didático dos artigos.

Por outro lado, tendo participado das atividades do GEPECISC durante a realização das disciplinas do mestrado, observei que as

características da CHC eram a “herança” da revista CH, como deveria de ser. Junta-se a essas características o histórico citado anteriormente, qualificando ainda mais essa publicação para uma pesquisa acadêmica.

Mais especificamente com relação a área de ensino de física pode-se citar que a revista CH, segundo um levantamento inicial no Banco de Dados *Fisbit* (Salém e Kawamura, 1996b), contendo artigos de divulgação científica relacionados com a física, apresenta 199 de um total de 291 registros, somente dessa revista, que se relacionam com a Física Moderna e Contemporânea. A pesquisa empírica apresentada no capítulo IV será baseada neste levantamento.

Este item demonstrou que a revista CH apresenta características tais como qualidade, rigor e procedência acadêmica das informações veiculadas. Todos os artigos, com raras exceções, são de autores reconhecidos pela comunidade acadêmica nacional e internacional, o que diferencia essa publicação das outras publicações existentes no mercado.

Não se pretende invalidar a utilização de outras publicações de divulgação científica, ao contrário, este trabalho pode definir parâmetros para a utilização de qualquer material de divulgação científica, em particular, para a renovação dos conteúdos programáticos escolares.

A escolha inicial por utilizar a publicação da SBPC, em síntese, justifica-se pelo seu perfil acadêmico e tradição junto à história cultural recente de nosso país.

### **3.3 A divulgação científica e a divulgação científica escolar:**

Cabe aqui diferenciar a divulgação científica como tal e a divulgação científica para professores de física. Enquanto no primeiro caso fala-se do público em geral que necessariamente não domina conceitos técnico-científicos, no segundo, ao contrário, lida-se com uma clientela cuja área de atuação possibilita uma outra leitura dos artigos da revista CH.

Mesmo não sendo considerados como uma comunidade de especialistas das áreas de conhecimentos abordadas nos artigos, caracterizando uma disseminação científica, por outro lado, também não se pode dizer que um professor ou futuro professor de física é um público em geral.

Além de possuir um maior conhecimento de termos técnicos presentes nestes artigos, a sua leitura é carregada de uma intencionalidade pedagógica, ou seja, a leitura pode subsidiar o aumento do seu universo de conhecimento da física escolar articulado com a estrutura interna da ciência física.

Nesse caso, o material de divulgação científica possibilita uma intervenção didático-pedagógica na formação de professores, aqui particularizada pela inserção curricular da FMC no ensino médio.

Além disto, o uso de material de divulgação científica justifica-se, em parte, devido ao fato de que a maioria dos livros didáticos<sup>9</sup> atualmente existentes no mercado não atendem a função de desenvolver a FMC no ensino médio de forma sistemática e atualizada (Santos et alii, 1996, p.1; Garcia Molina e Abril, 1997, p.74)

Terrazan(1994) ainda que numa rápida análise, confirma essa situação, ressaltando que o livro *Curso de Física* (Luz e Álvares, 1993), dos autores Beatriz Alvarenga e Antônio Máximo, que dentre outras qualidades, procura inserir conceitos contemporâneos.

Por outro lado, é crescente a argumentação segundo a qual:

*"Não é necessário um levantamento minucioso para constatar que está havendo uma crescente preocupação com a difusão de conhecimentos científicos para um público amplo e diversificado... Como ficam a escola, o ensino formal de ciências e da física nesse contexto? Que respostas têm sido dadas, no espaço*

---

<sup>9</sup> A poucos dias de encerrar a revisão desta dissertação tive a oportunidade de conhecer a sexta edição do livro texto de física para o ensino médio do autor PARANÁ(1997), publicado pela editora Ática, que numa visão geral, insere de forma sistemática vários elementos da História da Ciência, Física do cotidiano, FMC, CTS, etc. Mesmo estando vinculada ao programa tradicional de física, esta obra apresenta uma característica inovadora em relação a outros livros texto.

*escolar, para essa demanda?”(Salém e Kawamura,1996c,p.17)*

Propõe-se, então, a abertura de um canal de comunicação com outros agentes: aqueles representados pela divulgação científica (Bueno,1985).

Nesse campo de debates pode-se encontrar dois autores que foram utilizados no capítulo I, os quais defendem a apropriação dos conteúdos culturais no âmbito escolar. Zanetic(1998) utiliza textos literários de escritores e cientistas para estabelecer a relação entre a literatura e a cultura científica, onde se referencia no trabalho de Snyders(1993), que por sua vez desenvolve uma discussão da inserção dos conteúdos culturais na escola através da análise de obras literárias universais.

Mesmo tratando-se de textos literários, em última análise, indicam necessidades de buscar-se outros canais de comunicação entre conhecimento científico e conhecimento escolar, numa perspectiva cultural.

Num outro trabalho, voltado para utilização de textos de livros de divulgação científica no ensino de física,Almeida e Silva também ressaltam o seu aspecto cultural :

*“(...) como o contato do estudante com a ciência fora da escola se entrelaça com a ciência escolar?Qual o papel da leitura nesse entrelaçamento?De que maneira o hábito de leitura de livros didáticos determina novas leituras?*

*O texto de divulgação científica assume um papel importante na tentativa de se responder essas questões (...) É um texto que pode fazer parte do nosso universo cultural de leitura juntamente com romances, contos, poesias, jornais e revistas (...)” (1998,p.73)*

Fica claro aqui que a utilização da divulgação científica está de acordo com a fundamentação teórica que permeia este trabalho, como explicitado nos dois primeiros capítulos.

Almeida(idem,1998, p.55) afirma que é considerável a

bibliografia sobre pesquisas que associam questões de linguagem, leitura, escrita e educação em ciências. Mas a perspectiva desta dissertação está mais voltada para possibilidades pedagógicas dos textos de divulgação científica, portanto neste momento não será aprofundado uma discussão nos aspectos linguísticos desses materiais.

Kawamura e Salém(1998) realizaram uma pesquisa onde procuraram determinar um referencial de análise do material de divulgação, tentando explicitar potencialidades ou identificar limitações para a sua utilização em sala de aula. Este trabalho se aproxima muito do que aqui vem sendo desenvolvido, pois segundo as autoras:

*"Não se pretendeu apontar materiais bons ou limitados, mas essencialmente explicitar os elementos que possibilitem a um professor a caracterização e seleção de diferentes tipos de materiais segundo seus próprios objetivos." (ibidem, p.217)*

Contudo, as mesmas autoras em outro trabalho(idem,1996), argumentam que os textos de divulgação científica devem ser inseridos no espaço escolar, mas de forma diferente da apresentação fria e desinteressante dos conteúdos tradicionais. Assim, Almeida(1998,p.54) também destaca que o simples uso ou substituição de textos de um tipo por outros de natureza diferenciada pode não mudar a qualidade da atividade pedagógica.

*"Um texto com características totalmente divergente das do manual didático pode ser trabalhado pelo professor e visto pelo estudante segundo os mesmos" hábitos de leitura", que um e outro foram construindo em anos de escolarização." (idem,ibidem)*

Essa discussão é fundamental, pois determina uma hipótese deste trabalho:a utilização do material de divulgação para a inserção de assuntos da FMC nos cursos de formação de professores de física, implica em que a atividade pedagógica esteja permeada por uma abordagem não tradicional, aqui representada pela *abordagem temática*.

Por outro lado, num estudo realizado por Salém e

Kawamura(1996c) relativamente aos livros de divulgação científica, onde vários desses livros foram analisados como meios a serem utilizados no espaço escolar, destacam-se as seguintes limitações:

*"Não são operacionais, falta formalizar, não estão estruturados para uso em sala de aula;são, muitas vezes abertos demais, com textos longos e linguagem sofisticada. Tornam difícil a avaliação do aprendizado. Enfim,não são didáticos." (p.7;grifo do autor)*

Ao considerá-los, portanto, como material com potencial para auxiliar, de algum modo, no ensino de ciências naturais, de física particularmente, uma necessária adaptação se faz necessária.

De modo semelhante pode-se constatar que artigos de revistas de divulgação científica também têm limitações para uso didático em sala de aula, uma vez que não foram produzidos e editados com essa finalidade.

A seguir será apresentada uma proposta que procura dar subsídios para uma estruturação didática do material de divulgação científica, em particular, dos artigos da revista CH relacionados à FMC. Esta busca por uma leitura pedagógica dos materiais de divulgação científica, mais voltada para o ensino de ciências do que para um público em geral,estabelece portanto o que se pode chamar uma 'divulgação científica escolar', ambas modalidades voltadas para a formação sócio-político-cultural do cidadão.

### **3.4 A transposição didática**

Uma forma de inserir o material de divulgação científica no contexto escolar pode ser articulada através do trabalho de

Castilho(1997), onde utiliza elementos da *transposição didática* para dar subsídios teóricos à utilização didática desses materiais.

O conceito de transposição didática foi desenvolvido pelo sociólogo Michel Verret em 1975 e posteriormente utilizado no campo da matemática, por Yves Chevallard, em 1985, repercutindo posteriormente no meio dos pesquisadores de didática das ciências de áreas como biologia, física, química, entre outras(ibidem,p9).

O subtítulo do trabalho de Chevallard, "Do saber sábio ao saber ensinado"(no original "Du savoir savant au savoir enseigné"), trata dos círculos do saber. Segundo este autor alguns conteúdos do saber científico destinado a ser trabalhado na escola, podem sofrer um conjunto de transformações que o tornam apto a compor o conjunto dos objetos a serem ensinados. Para este autor existem três tipos de saberes:

O "savoir savant" ou saber sábio (saberes produzidos pela comunidade científica, dentro de seus estatutos e critérios compartilhados); o "savoir a enseigner" ou saber a ensinar (saberes produzidos pelos autores de livros didáticos, especialistas da disciplina, professores e opinião pública) e o "savoir enseigné" ou saber ensinado (o saber que realmente é ensinado na sala de aula).

O processo para que um objeto do saber se transforme em objeto de ensino, num sentido mais amplo, é denominado de transposição didática. (Chevallard citado por Castilho, 1997,p.10)

Através de estudos feitos sobre as transformações que o conhecimento científico sofre desde sua produção até chegar no âmbito escolar, pode-se observar que a natureza do conhecimento é alterada, pois perde a dimensão dos problemas em que o pesquisador estava inserido, suprime-se a história a qual estava ligada a pesquisa e fragmenta-se o saber, não levando-se em conta as redes de relações com outros conceitos. (Chevallard citado por Castilho, 1997,p.10).

Sobre estas transformações, referindo-se especificamente ao

saber transmitido nos livros texto ( Pinheiro citada por Alves Filho, 1998,p.152 ) :

*“Os livros textos dos cursos universitários de carreira científica se caracterizam pela descontextualização. Seus autores, cientistas, valorizam a observação e a experimentação de tal modo, que desenvolvem um efeito de dogmatização. A reestruturação e reorganização do saber científico se apresenta em seqüências cronológicas diferentes, com omissão de partes ou processos de produção ou ainda cronologias invertidas. Se continuarmos nos livros textos do ensino médio, iremos constatar uma descontextualização mais profunda. É nessa literatura que novos elementos passam a fazer pressão, contribuindo para uma maior descaracterização e simplificação.*

Astolfi e Develay(1995)afirmam que a transposição didática cria, por vezes, novos objetos de saber que não apresentam equivalência com o saber de referência, criando-se uma “epistemologia escolar” distinta da epistemologia do saber produzido pela comunidade científica:

*“(...) a escola nunca ensinou saberes(“em estado puro”, é o que se desejaria dizer), mas sim conteúdos de ensino que resultam de cruzamentos complexos entre uma lógica conceitual, um projeto de formação e exigências didáticas.” (ibidem, p.51)*

As transformações sofridas pelo conhecimento, ao longo do processo de transposição e como ela ocorre, consiste o objeto de estudo da transposição didática, que por sua vez, leva ao exercício de uma vigilância epistemológica, ou seja, analisar à distância, a deformação, entre objeto do saber e o objeto de ensino. (Arsac citado por Castilho,1997,p.10).

Exercer a vigilância epistemológica é pensar que a fabricação de um objeto de ensino das disciplinas científicas começa muito antes da escola. É pensar que as configurações que assumem os saberes escolares não são fruto apenas dos desejos do sistema didático. As

transformações decorrentes da textualização do saber e as pressões exercidas por outros agentes externos ao ambiente escolar, influenciam fortemente a modelagem do saber a ensinar (Perrelli, 1996, p.82)

Para Astolfi e Develay (1995) três pontos devem ser considerados nas mudanças do estatuto epistemológico que se operam a partir do "savoir savant" ou saber sábio.

O primeiro ponto está ligado às modificações efetuadas entre o contexto da produção do conhecimento e a lógica subjacente na disseminação científica entre pares. Dito de outra forma, os pesquisadores, a partir de seus registros particulares, realizam a textualização dos mesmos com o fim de disseminar os resultados do conhecimento produzido e nesse processo ocorre, geralmente, que as angústias, incertezas, 'erros' e motivações pessoais são suprimidas em nome de uma pseudouniversalização dos resultados obtidos.

O segundo ponto se refere à seleção do conteúdo programático escolar - "savoir a enseigner" ou saber a ensinar, ligado ao projeto educativo que se pretende desenvolver.

Nesse caso, Castilho (1997, p.11) propõe a utilização de um projeto educacional em bases filosófica-epistemológica de progressista, mesma proposta defendida neste trabalho e desenvolvida no capítulo I.

O terceiro ponto a ser considerado refere-se à sistematização didática. Astolfi e Develay (1995) reportam-se a pesquisas que buscam analisar os processos e os resultados das transformações já efetuadas e daquelas em andamento, para identificar possibilidades e elementos que permitam construir proposições sistemáticas de transposição didática.

A partir das considerações deste terceiro ponto, e juntamente com as discussões dos capítulos anteriores, pode-se explicitar como sistematizar os artigos da revista CH, para sua utilização didática, em particular, para abordar conceitos da FMC na formação de professores de física.

Astolfi e Develay (1995) salientam que é ao nível da elaboração

curricular que se deve introduzir conceitos como: 1-práticas de referência (Martinand citado por Astolfi e Develay, 1995); 2-níveis de formulação de um conceito (Host et alii citado por Astolfi e Develay, 1995); 3-tramas conceituais (Giordan e Astolfi citado por Astolfi e Develay, 1995).

O primeiro pode ser entendida como uma crítica à transposição didática que se limita somente ao 'texto do saber', ou seja, o conteúdo programático escolar isolado:

*“Essas práticas são, por exemplo, atividades de pesquisa, de engenharia, de produção, domésticas, culturais, que podem servir de referência a atividades científicas escolares, e a partir das quais se examinam os problemas a resolver, os métodos e atitudes, os saberes correspondentes.”* (Grando, 1995)

Nessa perspectiva, a inserção de assuntos da FMC existentes nos artigos da revista CH, como defendido anteriormente, podem atender a necessidade de reformular as metodologias, atitudes e principalmente à renovação dos conteúdos programáticos escolares. A proposta apresentada por Arons, no capítulo II, onde a inserção dos assuntos de FMC deve ser feita através de tópicos essenciais, pode ser utilizada para trabalhar com os artigos da revista.

O segundo, níveis de formulação de um conceito, refere-se a variedade de enunciados necessárias à construção progressiva de um conceito em função dos níveis de escolaridade dos alunos e dos problemas propostos. Assim sendo, são considerados aspectos psicogenéticos, epistemológicos e lingüísticos.

No capítulo I foi desenvolvida a fundamentação teórica dos *conceitos unificadores* que procuram redefinir a concepção de “conteúdo” no ensino de ciências:

*“Os educadores não detalham o conceito de ‘conteúdo’ quando o abordam. De maneira muito geral, entendemos conteúdos como ‘o conhecimento que deve ser transmitido, ou aquilo que se costuma ensinar nas escolas’. São os ‘judas’ da malhação pedagógica para*

*alguns, são deuses intocáveis que dão passagem ao saber crítico para outros. Provocam intenso debate porque consistem justamente no núcleo de apoio que justifica a instituição escolar.*

*Conteúdos são limitados pela aprendizagem, são universais embora possam adquirir ênfases distintas para latitudes e longitudes diversas. São as bases do saber conquistado pelas gerações anteriores, para transferência e implementação e mesmo transformação pelas gerações atuais e futuras. São tudo isso, talvez mais. Estão presentes em cada área, reconhecidos, geralmente conhecidos pelos docentes, contém um traço inercial que dificulta sua oxigenação, atualização e, mais ainda sua substituição por outro.” (Angotti, 1991,p.111)*

Em sua tese de doutorado, Angotti ao tratar do conceito unificador *energia* , afirma que:

*“Os professores de física, química e biologia enfrentam dificuldades na leitura de periódicos de divulgação atualmente nas bancas, como ‘Ciência Hoje’ da SBPC, principalmente os artigos sobre tópicos contemporâneos do seu campo de formação, mais ainda artigos sobre tópicos contemporâneos ou não fora do seu campo de atuação. Energia está lá, permeando todos esses artigos. Mesmo implicitamente, está lá!” (ibidem, p.137)*

Os conceitos unificadores, devido as suas dimensões pedagógicas e epistemológicas, podem balizar a utilização dos ‘conteúdos’ presentes nos artigos da revista CH, inclusive atendendo aos aspectos epistemológicos do conhecimento científico.

Por outro lado , a fundamentação teórica dos *momentos pedagógicos* apresentada no capítulo I, permite atender aos aspectos psicogenéticos quando defende o processo de ruptura com o conhecimento da cultura primeira, caracterizado pelas ‘concepções espontâneas’ dos alunos.

*“A aquisição dos paradigmas da ciência deverá ocorrer num*

*processo de ruptura com aquele conhecimento prevalente para que seja possível a continuidade da interpretação dos fenômenos, via conhecimento produzido pela ciência e não pelo conhecimento vulgar.” (Delizoicov, 1991,p.62)*

O tratamento metodológico para leitura dos artigos da revista CH através dos *momentos pedagógicos* pode possibilitar a pretendida ruptura, nesse caso, como colocado por Carvalho e Gil-Pérez(1995,p.14),objetivando o professor no sentido de realizar a “ruptura com visões simplistas sobre o ensino de ciências”.

Retomando as indicações feitas por Astolfi e Develay, finalmente o terceiro ponto, as tramas conceituais que:

*“(...) trata-se de diferentes conceitos que distribuem em forma de uma rede ou trama e evoluem para elucidar uma mesma noção. Dentre outras características a trama conceitual permite múltiplas entradas, encaminhamentos modulados, os enunciados são hierarquizados entre si e o conjunto resulta em resumo orientado. Ela pode ser elaborada para atender ao desenvolvimento de um programa anual ou simplesmente ao estudo de um capítulo.” (Castilho,1997,p.14).*

Para atender a essa orientação pode-se lançar mão da proposta contida no livro *Física* (Angotti e Delizoicov,1992). Como especificado no capítulo II, este livro contempla os elementos da *abordagem temática* discutidos anteriormente, apresentando um programa de um curso de física de ensino médio, incluindo uma ementa especificando unidades e tópicos.

Essa proposta pode subsidiar a estruturação das ‘tramas conceituais’para a utilização dos artigos da revista CH, organizando-os dentro de uma programação escolar. A utilização dessa proposta também justifica-se, em parte, pelo fato de que os autores inserem assuntos da FMC no programa, inclusive citando artigos da revista CH como leituras recomendadas no final de alguns tópicos.

Essa breve apresentação dos elementos da transposição didática demonstra que esse pode ser um caminho para instrumentalizar a utilização dos artigos da revista CH numa perspectiva didático-pedagógica, em particular na formação de professores de física. Nesse contexto, Castilho(1997,p.14)conclui que:

*“(...) os cursos de formação de professores podem contribuir para instrumentalizá-los para uma ‘vigilância epistemológica’ da transposição didática, quer a nível dos programas oficiais de ensino quer a nível da divulgação do conhecimento científico.”*

Nesse capítulo, procurei justificar a presença da divulgação científica dentro do espaço escolar, em particular, na utilização dos artigos da revista CH relativos a FMC para formação de professores de física. No próximo capítulo apresentarei o tratamento investigativo dos artigos, explicitando como as discussões feitas anteriormente foram inseridas neste processo.

## **CAPÍTULO IV**

### **A CONSTRUÇÃO DE UMA PROPOSTA DE ENSINO**

---

#### **4.1 Estabelecendo a pesquisa**

Nos capítulos anteriores foi possível delinear os pressupostos teóricos que irão compor o tratamento dos artigos da revista *Ciência Hoje*(CH), em particular, aqueles que se referem aos assuntos de FMC. Situei a perspectiva deste tratamento no campo pedagógico, onde os elementos da comunicação discutidos no capítulo III serviram principalmente como parâmetros para subsidiar a justificativa da minha opção em utilizar o material de divulgação científica, em particular, a revista CH.

Os fundamentos teóricos que desenvolvi nos capítulos I e II contemplam uma abordagem educacional progressista e um ensino de física do ensino médio voltado para a formação da cidadania, identificado com os constituintes culturais da sociedade. Essa perspectiva conduz a uma proposta de ensino transformadora que permeia a avaliação pedagógica dos artigos da revista. Neste capítulo resgatarei os aspectos relevantes do tratamento dos artigos da revista nas suas dimensões descritivas e analíticas.

A inserção dos assuntos da FMC que discuti no capítulo II servem como catalisadores dessa nova interação, contrapondo-se a

apresentação tradicional do conteúdo programático escolar.

A abordagem supradisciplinar dos conceitos da física escolar, através dos conceitos unificadores serão usadas para localizar os artigos no espaço escolar, realizando a necessária transposição didática como defendido no capítulo III.

Respaldo nessa perspectiva de renovação dos conteúdos programáticos o que pretendo é avaliar as possibilidades pedagógicas dos artigos da revista CH para utilização na formação de professores de física do ensino médio, procurando inserir assuntos da Física Moderna e Contemporânea.

Levantei os artigos por meio do Banco de Dados Fisbit(Salém e Kawamura, 1996b) referente a artigos de divulgação científica. Na versão utilizada constam cerca de 200 títulos entre artigos, perguntas de leitores, entrevistas ou notícias publicados em periódicos ou jornais, além de centenas de livros. As principais fontes são: revista Ciência Hoje e Ciência Hoje das Crianças; Superinteressante; Globo Ciência; revistas especializadas com matérias sobre ensino de ciências ou física, jornal Folha de São Paulo e O Estado de São Paulo; livros de divulgação científica publicados em língua portuguesa e alguns paradidáticos.

Para esta pesquisa foram relacionados ao todo 199 artigos que tratam de conceitos da FMC, dentre os 291 registros existentes das várias seções da revista Ciência Hoje (artigos, perguntas, box e notícias), compreendido cronologicamente entre o início da revista, em 1982, até dezembro de 1996.

Esse estudo sobre os artigos será caracterizado através dos aspectos da conceituação e da linguagem envolvidos, tendo em vista as suas implicações para o uso pedagógico. Dessa forma, procurei subsidiar uma prática de ensino transformadora utilizando os artigos da revista.

A forma como foi articulada cada etapa desta análise, os subsídios utilizados e a reflexão dela extraída, é o que apresentarei a

seguir.

## 4.2 O procedimento para a avaliação do uso didático dos artigos

Para o tratamento dos artigos, devido a própria característica da amostra, optei pela análise documental numa perspectiva qualitativa, em particular, pela análise de conteúdo, ou seja, "um conjunto de técnicas de análise das comunicações, visando, por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, obter indicadores quantitativos ou não, que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção das mensagens" (Bardin citado por Triviños, 1995, p.160).

O desenvolvimento da análise de conteúdo pode ser dividida, metodologicamente, em três momentos: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados e interpretações.

O primeiro momento consiste na escolha do material a ser pesquisado, na formulação das hipóteses, na determinação dos indicadores que definirão as regras de recorte de categorização e codificação (Bardin, 1994) e no ensaio das técnicas de análise.

O segundo momento consiste na administração das técnicas definidas no primeiro momento, sobre o material a ser pesquisado.

O terceiro e último momento consiste nas operações estatísticas, na síntese e seleção dos resultados, e nas inferências e interpretação dos mesmos. Finalmente, os resultados da análise serão usados com fins teóricos ou pragmáticos.

As operações estatísticas não serão utilizadas neste trabalho, optando por uma abordagem qualitativa dos resultados, como sugerido por Triviños (1995):

*"Talvez pela influência positivista, Bardin enfatiza os aspectos 'quantitativos' que podem ser enfocados pelo método. Nós, ao invés, ressaltamos, precisamente, a importância do método no campo da pesquisa qualitativa." (p.160)*

A seguir apresentarei como estas etapas foram operacionalizadas nessa pesquisa.

#### **4.2.1 O estudo piloto do material**

Para o estudo piloto foram escolhidos 15 artigos, apresentados no anexo I, do total de 199 relacionados a Física Moderna e Contemporânea da revista *Ciência Hoje*, levantados previamente no Banco de Dados Fisbit, com os quais realizei um estudo piloto. Esses artigos são sugestões de leituras existentes no livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992), citados como referências no final de cada tópico.

As datas dos artigos, em sua maioria, estão compreendidas entre os anos de 1982 (Ano da publicação do primeiro número) e 1987, e apenas um datado de 1996.

Neste momento pretendi levantar algumas características que deveriam ser avaliadas nos artigos e até avaliar se o material poderia ser usado para inserir assuntos da FMC.

Neste estudo piloto as seguintes características foram consideradas:

1. Assunto em relação à ciência física.
2. Assunto em relação à física escolar.
3. Conceitos Unificadores.
4. Relação ciência física x contexto escolar
5. Linguagem (Presença de termos técnicos e matemáticos)
6. Concepções

Com respeito ao primeiro item, a maioria dos artigos se relacionam ao eletromagnetismo, seja ele clássico ou quântico, em segundo lugar se relacionam com a Mecânica Quântica, e na mesma proporção aqueles relacionados com Termodinâmica, Teoria Geral da Relatividade, Gravitação e Interações Fortes .

Com exceção de três artigos, na maioria das vezes não tive problemas para identificar o assunto, sendo para isto necessário 'desligar-me' da tendência fragmentária de abordar os conteúdos programáticos da física escolar. Assim, por exemplo, um artigo de Astronomia pode estar relacionado à Teoria da Relatividade Geral, à Mecânica Quântica, Eletromagnetismo, etc. Observei qual o tema principal que estava sendo abordado no artigo, procurando identificar o caráter universal do mesmo.

Nesta pequena amostra observei a predominância de conceitos anunciados a partir do início deste século.

O conceito unificador que mais se destaca é o da energia, devido ao seu caráter supradisciplinar e "camaleonesco" dentro do conhecimento científico, vindo a seguir o conceito regularidades, devidamente ligado ao conceito transformações, pois procurei identificar aquele que se apresentava com maior evidência no conteúdo do artigo. Dessa forma, o conceito que apresentou maior dificuldade de ser identificado, foi o de escalas.

A dificuldade de encontrar um único conceito isolado na maioria dos artigos(11), demonstrou a potencialidade da utilização dos mesmos para explorar os artigos de forma não fragmentada.

Com relação a contextualização da ciência física numa programação escolar, observei que apenas um artigo não apresentava coerência entre o seu conteúdo e a sua utilização didática. Todos os outros artigos atendiam a essa relação.

A linguagem técnica e matemática era adequada para a utilização na formação de professores, necessitando em alguns casos de alguns pré-requisitos tais como conceitos da mecânica quântica e elementos para interpretar gráficos um pouco mais elaborados.

Já para a utilização direta em sala de aula, faz-se necessário alguns 'nivelamentos' matemáticos e uma escolha mais criteriosa. Devido a forma de apresentação de alguns artigos, as vezes, muito

monótona, tornando a leitura pouco atraente para alunos já acostumados com linguagens mais modernas, inclusive existentes nos materiais de divulgação científica voltados para o público leitor jovem.

Todos os artigos são escritos por autores procedentes de instituições reconhecidas pela comunidade científica, relacionadas a seguir:

1. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas.
2. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica.
3. Dept. de Filosofia da Universidade de Campinas.
4. Instituto Astronômico e Geofísico da USP.
5. Instituto de Física e Química da USP-São Carlos.
6. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
7. Instituto Tecnológico da Aeronáutica/Centro de Tecnologia Aeroespacial.
8. Observatório Nacional(Dois).
9. Petrobrás.
10. Universidade Católica do Chile.
11. Universidade de São Paulo(USP).
12. Universidade do Estado de São Paulo.
13. Universidade Federal de Pernambuco.
14. Universidade Federal Fluminense.

Com a análise desta pequena amostra inferi que os artigos apresentavam viabilidade para serem utilizados de forma sistemática em cursos de formação. Apresentavam riqueza de temas associados à Física Moderna e Contemporânea, contextualizados com sua aplicação escolar.

Demonstravam possibilidade de serem balizados através dos conceitos unificadores e trabalhados por meio dos momentos

pedagógicos.

Apareceram várias concepções, demonstrando também a riqueza dos artigos para uma utilização em análises de conteúdos sobre produção de conhecimento, epistemologia, história da ciência, etc. Esse também poderia ser um outro recorte, mas que não será explorado nesta dissertação.

A linguagem era adequada para utilização na formação de professores, sendo necessário alguns nivelamentos para adaptar-se à utilização didática. Outra característica editorial refere-se a qualidade da informação, já que os artigos eram escritos por autores reconhecidos, procedentes de instituições reconhecidas.

#### **4.2.2 A amostra da pesquisa**

Este primeiro momento também serviu para encontrar na amostra dos 199 artigos levantados inicialmente, aqueles que seriam melhor aproveitados para uma avaliação pedagógica. Observei que os artigos apresentavam uma estruturação mais adequada para a utilização didática, o mesmo não acontecendo com todos os registros de outras seções da revista, tais como box, notícias e perguntas. Os artigos, além de serem mais extensos, apresentavam o assunto abordado de forma mais completa, com uma maior quantidade de informações, incluindo em alguns casos, sugestões de leitura e indicando outros artigos da própria revista, relacionados ao tema tratado. Isto serviu como critério para definir a amostra inicial, resultando em 144 artigos, os quais estão relacionados no anexo II.

Na tabela da próxima página podemos observar a distribuição dos artigos, onde utilizei como critério de agrupamento, o número de vezes que a palavra-chave (existente no banco) aparece no conjunto dos 144 artigos levantados.

As palavras-chave desta tabela são aquelas que apresentam um significado mais amplo com relação às outras existentes em cada registro levantado no banco *Fisbit* (Salém e Kawamura, 1996b).

*Tabela 1: Agrupamento dos registros utilizando as palavras-chave do banco de dados Fisbit.<sup>10</sup>*

PALAVRA-CHAVE	N. DE ARTIGOS PARA CADA PALAVRA-CHAVE	TOTAL PARCIAL
ASTRONOMIA	26	26
ENERGIA NUCLEAR	12	12
CAOS E FRACTAL ENERGIA ÓPTICA(LINEAR E NÃO-LINEAR)	08	24
FÍSICA QUÂNTICA	07	07
HISTÓRIA DA CIÊNCIA	06	06
ESTRUTURA DA MATÉRIA	05	05
COSMOLOGIA	04	04
ASTROFÍSICA CRISTAL LÍQUIDO FÍSICA E MEDICINA FÍSICA NUCLEAR MEIO AMBIENTE RAIO CÓSMICOS	03	18
ACELERADOR DE PARTÍCULAS ÁTOMO ENERGIA ELÉTRICA ENERGIA SOLAR ESTRUTURA CRISTALINA PARTÍCULAS ELEMENTARES PROGRAMA ESPACIAL RADIAÇÃO RADIOATIVIDADE RELATIVIDADE SISTEMA SOLAR	02	22
ARMA NUCLEAR ATMOSFERA CIÊNCIA E ARTE CRIOGÊNIA ELETROMAGNETISMO ENERGIA HIDROELÉTRICA FENÔMENO CRÍTICO FOTOQUÍMICA FUSÃO NUCLEAR GEOFÍSICA GRAVITAÇÃO MAGNETISMO MECÂNICA ESTATÍSTICA PERCOLAÇÃO RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA SISTEMA GRANULAR SISTEMA NÃO-LINEAR SOL SUPERFLUIDO VIAGEM ESPACIAL	01	20
<b>TOTAL DE ARTIGOS</b>		<b>144</b>

No passo seguinte, estabelecida a minha hipótese de que **os artigos da revista podem ser usados para inserir assuntos de FMC**, procedi a construção da ficha de análise, apresentada no anexo III,

<sup>10</sup> O agrupamento das palavras-chave utiliza como único critério, o número de vezes que as mesmas aparecem no conjunto dos 144 artigos..

fundamentada nas discussões desenvolvidas nos capítulos I, II e III.

Esta análise foi subsidiada pela proposta de que a inserção desses assuntos deve ser feita a partir de uma proposta de ensino não tradicional, nesse caso, particularizada pela abordagem temática através dos conceitos unificadores, visando dois níveis de formação de professores do ensino médio: inicial e continuada.

Apliquei a análise em uma amostra ampliada de 82 artigos<sup>11</sup>, relacionados no anexo IV, onde referenciei cada artigo por um número, que a partir de agora servirão para facilitar a identificação dos mesmos. Nos próximos itens serão apresentados os detalhes da análise, os subsídios utilizados, resultados e reflexões.

#### 4.2.3 Caracterizando a análise dos artigos

Com a intenção de introduzir didaticamente assuntos da FMC nos cursos de formação de professores, utilizei os seguintes critérios para articular a análise dos dados referentes aos artigos:

- 1  A contextualização dos assuntos dos artigos com relação aos conteúdos programáticos escolares.
- 2  A linguagem utilizada no artigo.
- 3  A possibilidade de transposição didática do artigo.

A operacionalização dos critérios foi realizada da seguinte forma:

- a  Utilizar a proposta apresentada no livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992) para localização do assunto do artigo dentro de uma programação escolar.
- b  Considerar a linguagem apresentada no texto em dois níveis: linguagem matemática e linguagem técnica. Avaliar esses dois níveis através da perspectiva da divulgação científica para professores de física, ou seja, no sentido de

---

<sup>11</sup> A disponibilidade das revistas e o tempo para análise, definiram este número de artigos, dentre o total de 144 artigos levantados.

utilizar uma linguagem acessível a essa clientela.

- c□ Identificar a presença dos conceitos unificadores e a possibilidade de utilizar os momentos pedagógicos como dinamizadores da transposição didática do artigo.

Considerando que a linguagem é uma referência marcante na definição do material de divulgação científica, como argumentado no capítulo III, observei que poderia servir como elemento aglutinador da análise, pois apresentava características que possibilitariam agrupar os artigos sem perder inferências com os outros critérios adotados.

No universo dos 82 artigos analisados, cronologicamente distribuídos desde a criação da revista em 1982 até os últimos registros do Banco *Fisbit* de dezembro de 1996, pude dividi-los em três grupos:

- I□ Artigos com uma linguagem técnica elaborada.
- II□ Artigos com uma linguagem técnica acessível mas com uma linguagem matemática elaborada.
- III□ Artigos com uma linguagem técnica e matemática acessíveis.

Para definir a linguagem técnica considerei a quantidade de termos mais específicos de uma certa área de conhecimento presentes no artigo.

Mesmo sendo veiculados em uma linguagem de divulgação científica, e passando por uma revisão de linguagem (edição de texto) pelos editores da revista, alguns artigos apresentavam termos que não poderiam ser traduzidos para uma linguagem mais simples, devido ao fato de que isso poderia distorcer a informação apresentada.

Sobre essa questão Almeida argumenta que:

*“Não queremos defender que toda a produção científica possa ser comunicada em linguagem comum, sabemos que isso é impossível ou a linguagem não seria constitutiva dessa produção (...)”*

(Almeida, 1998, p.62)

Considerarei um artigo com linguagem técnica elaborada quando haviam muitos termos específicos presentes no texto.

Para definir a linguagem matemática observei a presença ou não de matemática superior, em formalismos, gráficos, etc.

Considerarei a linguagem matemática acessível quando o artigo não continha matemática superior.

No primeiro grupo (linguagem técnica elaborada), encontrei 4 artigos, isto é, 5% da amostra, independente da presença ou não de matemática superior. Abaixo relaciono os artigos, onde a primeira coluna, como explicitado anteriormente, refere-se ao número do mesmo no anexo IV.

*tabela 2: artigos com linguagem técnica elaborada.*

n <sup>o</sup>	título
11	Uma teoria matemática descreve as mudanças de fase: o exemplo da Percolação
28	Alta tensão por um fio
42	Harmonia das bandas cristalinas
44	A grande explosão

No segundo grupo II (linguagem técnica acessível e linguagem matemática elaborada), encontrei 13 artigos, ou seja, 16% da amostra.

*tabela 3: artigos com linguagem técnica acessível e matemática elaborada.*

n <sup>o</sup>	título
27	Nas malhas da energia
33	Táquions
34	Luz e matéria: As surpresas da interação
46	Fenômenos de Agregação
48	A Dança dos Spins
49	A desordem inevitável

50	O infinito em cores
51	Caos na Mecânica Quântica?
52	Caos no mundo atômico e subatômico
61	Controle do átomo: passos em direção aos avanços do próximo século
68	Epidemia: Uma questão para a Física?
75	Separando isótopos com lasers
80	O que avalanches de grãos de arroz podem revelar aos físicos?

No terceiro grupo (linguagens acessíveis) encontrei 65 artigos, totalizando 79 % da amostra. Pelo fato de serem muitos artigos utilizei o próprio anexo IV para relacionar este grupo, sendo estes indicados por meio de asteriscos (\*).

A partir destes grupos pude identificar as características dos artigos mais adequados como referenciais para uma utilização do material de divulgação científica na formação de professores na perspectiva de balizar o ensino de FMC no ensino médio.

Nos próximos itens apresentarei mais detalhes dos artigos de cada grupo.

### 4.3 Uma visão panorâmica dos artigos

Formatei os 82 artigos analisados num banco de dados para facilitar o acesso as informações necessárias que apresentarei a seguir.

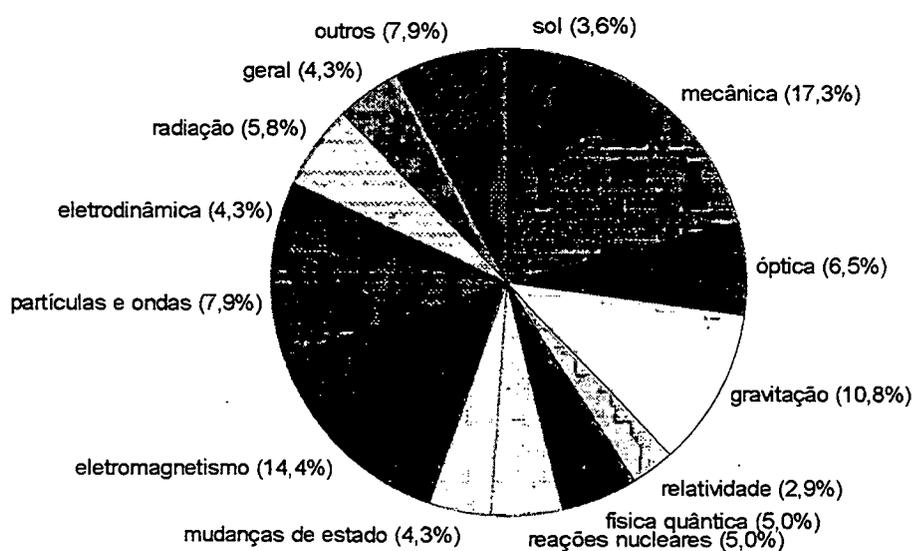
#### 4.3.1 Os artigos e sua relação com a física escolar

Por meio do livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992), em particular, utilizando o diagrama que mostra a rede formada pelos diversos assuntos da ementa do programa ( ibidem, p. 18-19), pude relacionar os conceitos da FMC tratados nos artigos com a física escolar. Como discutido no capítulo II, busquei avaliar o equilíbrio entre o conceito da ciência física e sua contextualização na física escolar.

Esse outro olhar para o conjunto de artigos, localizados no

Banco de Dados *Fisbit* a partir das palavras-chaves relacionadas a FMC, segundo a tabela 1 (pág.95), permitiu classificá-los, por exemplo, considerando os **conceitos, modelos e teorias da física** empregados em cada artigo para a compreensão/explicação do(s) fenômeno(s) nele analisado(s), fornecendo um enquadramento capaz de caracterizá-lo segundo critérios mais próximos do currículo da física escolar. O gráfico a seguir sintetiza a distribuição para os 82 artigos analisados levando em conta esse aspecto, que fornece subsídios que auxiliam professores de física do ensino médio a promover um ensino na perspectiva de uma Abordagem Temática.

Neste gráfico não estou privilegiando fenômenos, modelos ou teorias, pois a referência para apresentação desta distribuição está relacionada a trama conceitual proposta no livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992, p.18-19), referente a temática desenvolvida no livro.



*Gráfico 1: Distribuição dos assuntos da física escolar presentes nos artigos da amostra.*

Procurei agrupar os conhecimentos e tópicos da ementa do programa, de tal modo que um mesmo artigo pode estar contemplado em mais de um item desta distribuição. Na denominação dos grupos acima pode-se notar que além dos grandes blocos da física escolar

(mecânica, eletromagnetismo, etc), usei também como critérios, assuntos específicos (sol, radiação, etc). Isto se deve ao fato de que alguns artigos possuíam características mais gerais do que outros.

Para simplificar a visualização, agrupei em 'outros' os assuntos: termodinâmica, circuitos elétricos, aparelhos elétricos, lei de Ohm, ligação química, ciclo de água e calor.

Agrupei alguns assuntos tais como caos, percolação, cosmologia, de áreas de conhecimentos mais contemporâneas, no conjunto 'geral'. Neste caso, esses conhecimentos abrangem diversos assuntos da programação escolar.

A distribuição dos assuntos que apresentei no gráfico 1 demonstra que os assuntos vinculados à mecânica(17,3%) e ao eletromagnetismo(14,4%) são os que mais estão presentes. Deve-se lembrar que esses assuntos estão associados a artigos sobre conhecimentos da FMC, e quando me refiro a tópicos tais como mecânica ou eletromagnetismo, não estou me referindo necessariamente à Física Clássica.

Fenômenos, teorias e modelos, tais como: relatividade(2,9%); Física Quântica(5%); reações nucleares(5%); gravitação(10,8%); partículas e ondas(7,9%), mais diretamente associados à FMC, também estão presentes na distribuição do gráfico 1.

Segundo o estudo de Ostermann e Moreira(1998, p.113) os temas da FMC sugeridos para serem abordados no ensino médio, foram: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares e relatividade restrita.

No gráfico 1 encontram-se vários destes temas, inclusive de forma implícita em certos assuntos. Por exemplo, no conjunto das partículas e ondas pode-se incluir o efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, radioatividade, ou ainda, a dualidade onda-partícula.

Essa constatação corrobora minha opção por inserir assuntos da FMC através de *tópicos essenciais*, consoante com Arons(1990), como argumentei no capítulo II.

Os artigos que analisei levando em conta esse aspecto, também fornecem subsídios que podem auxiliar professores de física do ensino médio a promover um ensino na perspectiva de uma *abordagem temática*.

#### 4.3.2 A qualidade da informação veiculada

Para inferir sobre a qualidade da informação dos artigos defini dois aspectos: autores e instituições. Dentre os 82 artigos da amostra, apenas em um não continha a autoria do texto.

A tabela apresentada no anexo V relaciona os autores, o número de artigos publicados na amostra dos 81 artigos e suas respectivas instituições.

Na tabela abaixo relaciono aqueles autores que escreveram dois ou mais artigos na amostra analisada:

*Tabela 4*

<b>Autor</b>	<b>nº de art.</b>
Bagnato, V.S.	02
Bertulani, C.A.	02
Kirchhoff, V.W.J.H	02
Matsuura, O. T.	03
Moreira, I. C.	03
Pacheco, J. A. F.	03

Alguns autores escreveram com relativa frequência para a revista, mas na sua grande maioria, não identifiquei autores que

escrevem artigos habitualmente<sup>12</sup>.

Caso a parte é o do autor Ildeu de Castro Moreira, do Departamento de Física da UFRJ, que já participou da equipe editorial da revista CH, tem grande experiência em divulgação científica e recentemente orientou a dissertação de mestrado de Luisa Massarani(1998), já citada anteriormente<sup>13</sup>. Mais adiante voltarei a mencionar esse autor, mostrando mais detalhadamente um artigo de sua autoria.

A relação das instituições dos autores da amostra confirma o que havia mencionado no capítulo III, ao justificar a utilização da revista CH para esta análise. Observa-se que dentre as instituições reconhecidas, existem universidades, centros de pesquisa, órgãos públicos da área tecnológica, nacionais e internacionais.

Na tabela abaixo relaciono as instituições dos autores que publicaram mais de dois artigos na amostra analisada:

*tabela 5*

<b>Instituição</b>	<b>nº art.</b>
Univ. de São Paulo	13
Univ. Fed. do Rio de Janeiro	12
Observatório Nacional	08
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	07
Pont. Univ. Católica/RJ	05
Inst. Nacional de Pesquisas Espaciais	04
Univ. de Campinas	04
Univ. Fed. Fluminense	04
Univ. Fed. de Minas Gerais	04

<sup>12</sup> Deve-se atentar para o fato de que a amostra dos 81 artigos refere-se somente a assuntos da FMC.

<sup>13</sup> Veja comentários desta dissertação no capítulo III.

Univ. Fed. de Pernambuco	03
Univ.Est. de São Paulo	02

Almeida ao comentar a sua opção por utilizar textos produzidos por cientistas, afirma que:

*“(...) Estes (os cientistas) conhecem cada condição e cada procedimento do processo de produção das idéias que visam divulgar, freqüentemente sabem inseri-las numa visão global da ciência a que essas idéias pertencem e, talvez o mais importante, é provável que, além de resultados e procedimento, julguem importante divulgar valores associados à sua produção.”* (Almeida, 1998, p.63)

Esta fala da autora, ao mesmo tempo que subsidia a minha opção em utilizar a autoria dos artigos como um dos critérios para avaliar a qualidade da informação, também corrobora a argumentação da transposição didática do ‘saber sábio’, quando afirma que o cientista pode julgar que valores surgidos da pesquisa devem ser compartilhados pelo público a que se dirige.

Os aspectos da autoria dos artigos que observei neste item, servem como parâmetro para a análise da qualidade da informação de qualquer material de divulgação científica que seja inserido no espaço escolar.

#### **4.3.3 Aspectos da linguagem e da transposição didática dos artigos**

Coloquei estes dois aspectos no mesmo item desta visão panorâmica porque a linguagem técnica e matemática utilizada nos artigos, como caracterizei anteriormente, está associada a escolha daqueles textos que são mais adequados como referenciais para uma utilização do material de divulgação científica na formação de professores na perspectiva de balizar o ensino de FMC no ensino médio, como apresentado no trabalho de Alvetti e Delizoicov (1998,p.232-234).

Retomando a divisão dos artigos por intermédio da linguagem técnica e matemática, encontrei os seguintes resultados:

No grupo I (linguagem técnica elaborada), relacionados na tabela 2 encontrei 4 artigos que apresentam uma grande quantidade de termos e expressões específicas da área de conhecimento abordada.

Um exemplo deste grupo pode ser dado pelo artigo *Alta tensão por um fio*" (Pires e Vaccari, 1986), onde o autor utiliza vários termos técnicos específicos de sua área, como podemos observar no trecho abaixo:

*"O sistema de transmissão em CC não apresenta problemas de perda de sincronismo por consistir numa operação assíncrona."*(p.53)

Nesse grupo a utilização dos textos merecem uma maior tradução para uma linguagem mais acessível, mesmo assim podendo ser usados didaticamente.

No grupo II (linguagem técnica acessível e linguagem matemática elaborada), relacionados na tabela 3 encontrei 13 artigos que lançam mão de formalismo matemático e físico-matemático de nível superior tais como: integrais, equações de transições de estados (ver Terry, 1986, p.40-46), transformações de Lorentz (ver Recami et alii, 1986, p.48-59), etc.

Cabe ressaltar, no entanto, que nem sempre a não utilização de linguagem matemática elaborada facilita a atividade docente no processo de ensino-aprendizagem de determinados conteúdos programáticos escolares. É o caso do artigo *"A estranha natureza da Realidade Quântica"* (Brown, 1983, p.24-32), exemplar no assunto que aborda mas mesmo não explicitando matematicamente a formulação e as conseqüências do uso da função de onda, pode constituir-se em dificuldade de entendimento para professores não familiarizados no estudo da Mecânica Quântica, com seus desdobramentos no ensino de ensino médio. O trecho a seguir exemplifica esta situação:

*“Uma vez conhecidas o estado de um sistema em um dado instante de tempo e a lei que governa sua evolução futura, esta teoria nos diz quais são os resultados possíveis de futuras medições efetuadas no sistema, atribuindo probabilidades a cada um desses resultados.” (p.26)*

Caso este artigo fosse utilizado num curso de formação continuada de professores de física de ensino médio seria mais eficiente introduzir a equação de Schrödinger tentando associá-la a equações da matemática e ao estudo de probabilidades a nível de ensino médio, mostrando suas semelhanças e diferenças.

No grupo III (linguagem técnica e matemática acessíveis) encontrei 65 artigos (ver relação no anexo IV) com uma linguagem acessível para professores de física, ou seja, termos técnicos e formalismo matemático condizente com a física escolar do ensino médio.

Em alguns casos a linguagem acessível é acompanhada por uma apresentação gráfica atraente com fotos, diagramas e desenhos, como é o caso do artigo *“A matéria superaquecida-supercomprimida”* (Bertulani, 1988,p.48-54), que bem poderia ser parte de um livro texto do ensino médio, pois, como será visto mais adiante, conjuga características de um texto didático.

Na página seguinte pode-se observar uma das páginas do artigo.

De fato, até hoje a física nuclear não teve grandes necessidades da existência dos quarks para descrever com precisão um núcleo normal e seus estados excitados: o núcleo pode ser imaginado como um conjunto de núcleons 'pontuais' que interagem entre si, e para que complicar ainda mais este problema já tão difícil? A maioria dos físicos nucleares não arreda o pé deste fato, mas alguns afirmam que há evidências experimentais de fenômenos nucleares em que a estrutura quarkônica do núcleon é decisiva. Um destes fenômenos, ainda controverso, é o chamado efeito EMC (colaboração elétron-múon, uma das experiências do CERN). Seus resultados não concordam com os modelos teóricos que supõem ser o núcleo um conjunto de núcleons sem estrutura. A experiência dá indícios de que os quarks de núcleons adjacentes poderiam passar de um para outro ou formar uma sacola contendo seis quarks. Seria como se dois núcleos formassem uma molécula em que os quarks fossem compartilhados. Outra possível explicação independe da existência dos quarks: é a de que os elétrons e os múons (que possuem propriedades semelhantes às do elétron mas massa cerca de duzentas vezes maior) utilizados na experiência interagem com as correntes de píons virtuais dentro do núcleo. Muito se tem discutido acerca da origem do efeito EMC, mas ainda não se concluiu de forma definitiva se são realmente os quarks dentro dos núcleos que estão sendo vistos neste efeito.

Outro indício da existência de efeitos gerados pela estrutura de quarks dos núcleos é o chamado efeito Centauro, observado pela Colaboração Brasil-Japão em raios

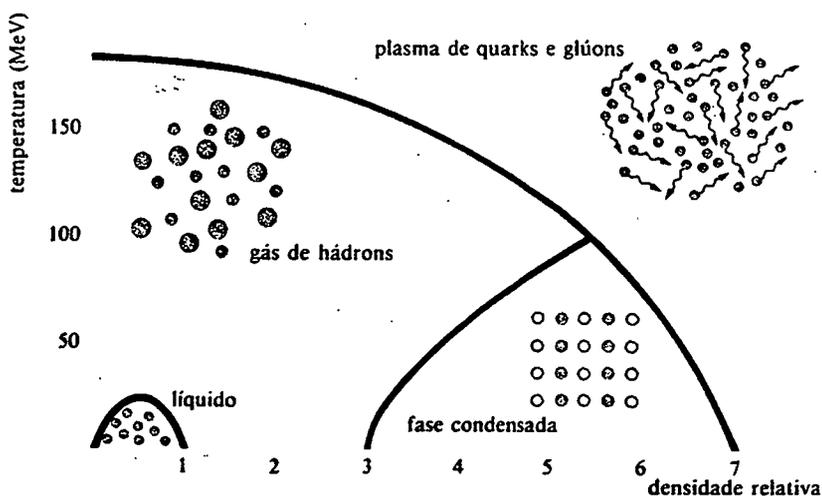


Fig. 8. Diagrama de fase de matéria nuclear. O eixo horizontal representa a densidade nuclear em unidades de  $Q_0$  (a densidade de um núcleo normal); o eixo vertical representa a temperatura em unidades de energia (megaelétron-volts).

cósmicos. Esse efeito se resume na observação de um número muito maior do que se poderia esperar de traços decorrentes de uma colisão nuclear relativística, localizados na parte inferior da câmara detectora usada em Chacaltaya. A chuva de traços registrada deve-se à produção de píons neutros na colisão do raio cósmico (geralmente um próton a altas energias) com um núcleo no ar ou no interior da câmara. Os píons e as outras partículas produzidas na colisão colidem novamente com outros núcleos e mais píons neutros são produzidos. Eles vivem pouco tempo ( $0,83 \times 10^{-16}$  segundos) e se desintegram em dois fótons que são registrados nos filmes de raios X

da câmara. O que se vê no final é uma chuva de traços. O fato de que eles se multiplicam demasiadamente sobretudo na parte inferior da câmara não pode ser explicado pelas teorias tradicionais e talvez seja uma evidência dos efeitos da estrutura quarkônica dos núcleos e dos píons que participam das colisões.

Há várias maneiras de produzir núcleos em condições anormais (figura 7). Pode-se introduzir no núcleo um hiperon, ou seja, uma partícula lambda ( $\Lambda$ ) ou sigma ( $\Sigma$ ) que também é um bárion (formado por três quarks) e não sofre a influência do princípio de exclusão de Pauli no núcleo. Um hiperon poderia ocupar o mesmo estado quântico de um dos núcleons e se aproximar dele muito mais do que qualquer outro núcleo. O resultado seria uma mistura local de quarks, em virtude da interpenetração das 'sacolas' de hádrons. Além disso, um dos quarks do hiperon é diferente dos quarks encontrados nos núcleons (possui um número quântico diferente), sendo chamado de quark 'estranho'. Sua influência na estrutura do núcleo é objeto de grande curiosidade científica. Os núcleos assim formados são conhecidos como hipernúcleos.

A maneira mais óbvia de criar uma mistura de quarks seria comprimindo os núcleons em um núcleo, até que eles se interpenetrassem, ou aquecendo-os de modo que o seu movimento térmico — e o dos píons produzidos — levasse à interpenetração das suas sacolas (figura 8). Aquecendo-se a matéria nuclear, que para pequenas densidades é inicialmente como um líquido, ela se transforma num gás de hádrons (núcleons e píons). Aquecendo-a ainda mais, ela se transformará numa mistura ou plasma, de quarks e glúons, em decor-

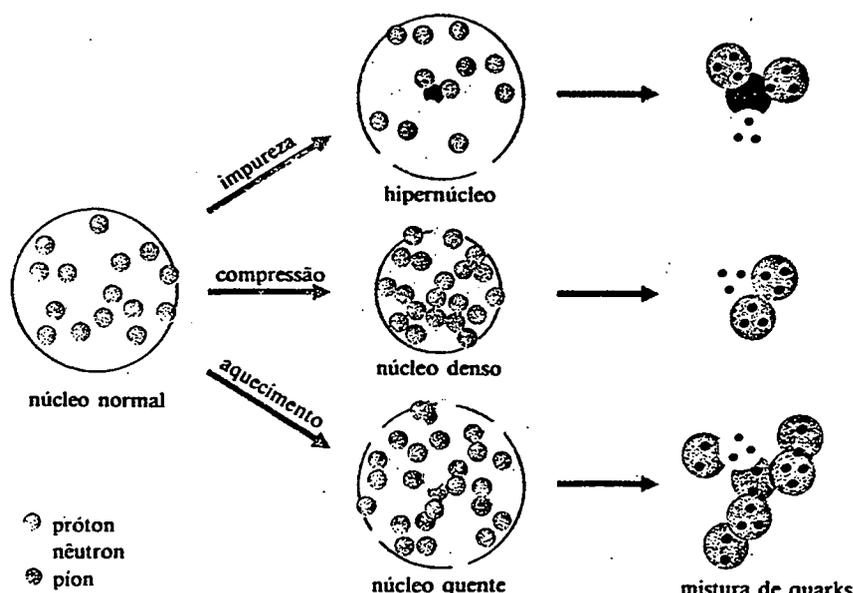


Fig. 7. Maneiras possíveis de produção de núcleos em condições anormais de compressão e aquecimento, ou por implantação de um hiperon.

Outro artigo exemplar é "Os *Primórdios do Caos Determinístico*" de autoria do físico Ildeu de Castro Moreira (1992, p.10-16) que mesmo em se tratando de conceito novo e complexo, aborda de forma clara e direta a retrospectiva histórica deste assunto. No final do artigo o autor declara:

*"Concluo com afirmação vaga de que o caos é velho e é novo ... ressurge das cinzas o debate sempre quente do determinismo, o significado das leis da natureza e nossa capacidade de prever eventos futuros."* (p.16)

O trecho acima ressalta a importância de certos elementos ao se 'produzir' um texto de divulgação, onde a difusão da informação científica é escrita por meio de um estilo literário polido.

Como Almeida afirma:

*"Talvez seja necessário juntar um certo talento literário e um pouco de "técnica de redação", e então, o que será produzido senão um bom texto de divulgação científica?"* (Almeida, 1998, p.63)

Esse aspecto da linguagem dos artigos do grupo III, caracteriza um referencial para a utilização do material de divulgação científica no âmbito escolar, em particular, na formação de professores.

A linguagem acessível de um texto científico pode diminuir a dificuldade em trabalhar uma das etapas da sua transposição didática, ou seja, aquela referente ao procedimento para que um objeto do saber a ser ensinado, neste caso, veiculado pelo texto, se torne um objeto de ensino.

Nesse sentido, a tarefa de instrumentalizar o professor de física para realizar a 'vigilância epistemológica' da transposição didática, eliminaria uma decodificação mais extensa dos termos constantes do texto, facilitando o trabalho de sistematizar os artigos em uma programação escolar orientada pela *abordagem temática*, em particular,

utilizando os conceitos unificadores e os momentos pedagógicos. Essa é a perspectiva desta dissertação!

Com relação a identificação dos conceitos unificadores nos textos dos artigos da revista<sup>14</sup>, farei apenas uma análise panorâmica desta questão. Nos itens a seguir, quando detalharei alguns artigos exemplares, os conceitos unificadores presentes serão mais explicitados.

Mesmo não podendo ser considerados como conceitos unificadores, os modelos da ciência física propiciam uma aproximação com o conceito unificador *regularidades*.

O entendimento dos modelos presentes nos artigos podem servir como balizadores da discussão das invariâncias dos problemas estudados e das mudanças nas teorias ao longo da história da ciência:

*“O regular é a obediência às regras das teorias e modelos que procuram copiar a natureza, com a melhor validade para a sua época. As teorias substituídas por outras, mais explicativas e densas, menos frágeis para a época. Contudo, as novas estão carregadas de regularidades.”* (Angotti, 1991, p.126)

Por outro lado, conceitos da FMC possibilitam explicitar o caráter não linear da produção científica, ao mesmo tempo que demonstram a regularidade das teorias desenvolvidas.

Modelos também são facilitadores para que se compreenda que ‘a ciência física não é a descrição da natureza’, podendo-se atenuar o surgimento de visões simplistas sobre o ensino de ciências (Carvalho e Gil-Pérez, 1995, p.14).

Nos artigos analisados encontrei vários modelos que podem ser explorados para identificar o conceito unificador *regularidades*.

Como sugerido por Angotti (1991, p.131), os conceitos unificadores, quando aplicados didaticamente, não devem ser

---

<sup>14</sup> Utilizei basicamente a fundamentação teórica e os exemplos de aplicação didática contidos na tese de Angotti(1991, p.130-133; p.148-160).

trabalhados de forma isolada.

Mais adiante irei associar os modelos presentes nos artigos, à algumas de suas possíveis transformações, procurando encontrar 'pistas' para articular o par de conceitos unificadores *regularidades-transformações*.

A seguir relaciono alguns artigos e os respectivos modelos, onde procurei agrupar aqueles que apareceram com maior freqüência;

*tabela 6: Modelos referentes à mecânica relativística e quântica:*

n.	título	(modelo)
2	Nascimento, vida e morte das estrelas	modelos da mecânica relativística
7	A estranha natureza da realidade quântica	modelo da relatividade e da mec. quântica
38	O efeito Hall Quântico	modelo quântico
42	Harmonia das bandas cristalinas	modelo quântico do novo material
56	Mecânica quântica:um desafio à intuição	modelo da mec. quântica
58	Bohm, Einstein e a ciência no Brasil	modelo da mecânica quântica

Muito embora os modelos da tabela abaixo(tabela 7) não tenham o mesmo "status" daqueles modelos da tabela 6, uma vez que estes estão associados à teorias, é interessante que se explicita que para interpretação dos fenômenos enfocados nos artigos, também são construídos modelos, ainda que não estejam associados, necessariamente, à teorias já aceitas.

*tabela 7: Modelos da astronomia, astrofísica e cosmologia:*

n.	título	(modelo)
4	Novas teorias do cosmo	modelos cosmológicos
6	Missão Voyager: Viagem à Júpiter	modelos dos satélites de Júpiter
12	Manchas estelares	modelo que explica as manchas e os outros modelos presentes

29	Halley;presença no céu por mais de 12 mil anos	modelo do comportamento do cometa
31	A origem da lua	modelo da formação da lua
40	O início e o fim	modelos das teorias cosmológicas e subjacentes.
44	A grande explosão	modelo do universo
57	A origem do mundo	modelos de cosmologia(Big Bang)e outros.
62	Como nascem os cometas	modelos atuais do comportamento dos cometas
67	Grande Muralha no Céu do Sul	mapa do universo
69	Neutrinos Solares	modelos sobre o comportamento físico do sol
70	Água em interiores planetários	modelos sismológicos
76	Há uma galáxia gigante à nossa porta	modelo de universo

tabela 8: Modelos caóticos:

n.	título	(modelo)
23	Caos no espaço	modelo caótico
47	Os Primórdios do Caos Determinístico	modelo do caos e sua evolução na histórica
48	A Dança dos Spins	modelo do caos no magnetismo
49	A desordem inevitável	modelo caótico
50	O infinito em cores	modelo matemático do caos determinístico
51	Caos na Mecânica Quântica?	modelo do sistema caótico.Conservação da energia
52	Caos no mundo atômico e subatômico	modelo caótico
63	Sincronizando o caos	modelo caótico

tabela 9: Modelos das partículas:

n.	título	(modelo)
18	A Matéria indivisível	modelos das partículas
43	A matéria superaquecida supercomprimida	o novo modelo atômico
73	Do elétron ao quark top	modelo atual do átomo
74	O Brasil na caça ao quark top	estudo dos modelos das partículas
77	Detector de raios cósmicos ficará nos Andes	o modelo atômico atual

Além dos modelos descritos nas tabelas anteriores, que possibilitam articular os conceitos unificadores, o artigo “*Constantes, Eclipses, nêutrons e conchas*” (Sisterna, 1992, p.26-33), por exemplo, que trata de constantes fundamentais da ciência física e da ciência em geral, apresenta uma característica explícita do conceito unificador *regularidades*.

Com relação o conceito unificador *transformações*, os artigos da revista CH podem auxiliar ao estudo do seu caráter dinâmico, diferentemente da concepção deste conceito trabalhado no ensino tradicional:

*“Infelizmente, nos bancos escolares, essa categoria da Transformação é bastante desprezada. Prevalecem os nomes sem os significados, as definições para memorização, e mesmo nos cursos de graduação em ciências naturais, para professores, tecnólogos e engenheiros, seu sentido essencialmente dinâmico é pouco acentuado.”* (Angotti, 1991, p.124)

Nesses artigos, o conceito *transformações* e sua relação com o conceito *regularidades*, aparece referindo-se ao macro e ao micro,

seja nas interações entre partículas elementares (ver Lopes, 1995, p.43-44) ou na transformação da energia liberada na colisão do cometa Shoemaker-Levy 9 com Júpiter (ver Matsuura, 1994, p.8-11).

Na tabela abaixo relaciono alguns artigos e possíveis formas de explorar o conceito unificador *transformações*. Para evitar uma apresentação fragmentada, utilizarei artigos que foram relacionados para exemplificar os modelos, separando-os por meio da sua dimensão espacial.

*tabela 10: As transformações na dimensão microscópica:*

n.	título	(modelo)	c.u (transformações)
18	A Matéria indivisível	modelos das partículas	nas interações entre as partículas
43	A matéria superaquecida supercomprimida	o novo modelo atômico	nos vários tipos de núcleos
73	Do elétron ao quark top	modelo atual do átomo	nas interações entre as partículas
74	O Brasil na caça ao quark top	estudo dos modelos das partículas	(idem)
77	Detector de raios cósmicos ficará nos Andes	o modelo atômico atual	dos raios cósmicos

*tabela 11: As transformações na dimensão macroscópica:*

n.	título	(modelo)	c.u (transformações)
4	Novas teorias do cosmo	modelos cosmológicos	dos modelos ao longo da História da Ciência
12	Manchas estelares	modelo que explica as manchas e os outros modelos presentes	nas reações nucleares existentes no Sol

29	Halley; presença no céu por mais de 12 mil anos	modelo do comportamento do cometa	nas reações existentes no cometa
40	O início e o fim	modelos das teorias cosmológicas e subjacentes.	processos de transformações presentes nos vários modelos
44	A grande explosão	modelo do universo	mudanças nos modelos ao longo da História da Ciência
57	A origem do mundo	modelos de cosmologia (Big Bang) e outros.	mudanças no Universo ao longo dos anos
62	Como nascem os cometas	modelos atuais do comportamento dos cometas	na energia liberada na colisão
69	Neutrinos Solares	modelos sobre o comportamento físico do sol	nas interações da energia solar

A apresentação acima ainda contempla a associação dos conceitos unificadores *transformações* e *regularidades* presentes nos artigos, com o conceito unificador *escalas*, no sentido espacial.

O conceito unificador *energia* com seu “forte traço transdisciplinar” (Angotti, 1991, p.135), pode ser trabalhado diferentemente do ensino tradicional através de assuntos da FMC, em particular naqueles contidos nos artigos da revista.

Dessa forma definindo este conceito para além da ‘capacidade de realizar trabalho’, assuntos contemporâneos são alternativas para trabalhar o aspecto cultural da energia no ensino médio:

*“Ainda, enquanto ‘agente das transformações’, energia poderá e deverá, num futuro não distante, emergir socialmente como conceito tão ou mais importante do que o conceito primitivo de massa. (...) A imponderabilidade do conceito, que sempre dificultou sua efetiva compreensão e utilização, se superada resultará em*

*ganhos culturais, consequentemente sociais.” (ibidem, p.136-137)*

A apresentação panorâmica de alguns artigos contendo as possibilidades de trabalhar o conceito unificador *energia* também estará interligada às dimensões apresentadas no texto, dessa forma continuo a contemplar o aspecto não fragmentário dos conceitos unificadores.

*tabela 12: A seguir apresento alguns artigos que possibilitam explorar o conceito unificador energia na dimensão macroscópica;*

n.	título	c.u (energia)
2	Nascimento, vida e morte das estrelas	energias envolvida nos processos
4	Novas teorias do cosmo	energias envolvidas nos modelos
12	Manchas estelares	energia solar e energia das ondas eletromagnéticas
26	Na rota do Halley	energias envolvidas no fenômeno
32	A supernova em NGC 5128	energia emitida pela supernova
44	A grande explosão	energias envolvidas no processo
57	A origem do mundo	energias envolvidas nos processos
62	Como nascem os cometas	energias liberadas na colisão

*tabela 13: Na dimensão microscópica;*

n.	título	c.u (energia)
15	Radiação de Síncroton	energias da radiação do Síncroton, das radiações eletromagnéticas em geral e do fóton
18	A Matéria indivisível	energias associada às partículas
38	O efeito Hall Quântico	energias dos estados da matéria
42	Harmonia das bandas cristalinas	energias envolvidas nos modelos quânticos
43	A matéria superaquecida supercomprimida	energias envolvidas nos vários tipos de núcleos
48	A Dança dos Spins	energias envolvidas nas excitações das ondas de

		spins
52	Caos no mundo atômico e subatômico	energias envolvidas nos processos
61	Controle do átomo: passos em direção aos avanços do próximo século	energias envolvidas nas interações entre os átomos
75	Separando isótopos com lasers	energias envolvidas no método da separação
77	Detector de raios cósmicos ficará nos Andes	energia dos raios cósmicos

Dois artigos podem ser citados como exemplos de uma apresentação da energia em ambas dimensões:

*tabela 14*

n.	título	c.u (energia)
40	O início e o fim	energias envolvidas nas partículas e nas áreas da FMC
69	Neutrinos Solares	energias dos neutrinos e do sol

Por último, o conceito unificador *escalas*. Esse conceito já foi abordado quando na apresentação dos outros três (Regularidades, transformações e energia) no seu aspecto espacial, por isso gostaria de ressaltar o aspecto que diz respeito ao limite das validades das teorias, como argumentado no capítulo I ( veja p.31 ).

Nesse contexto, assuntos da FMC abordados nos artigos desta amostra podem contribuir para discutir-se as mudanças nos modelos da ciência física, contrastando com os modelos clássicos comumente ensinados na escola.

Um exemplo desta questão pode ser dado pelo artigo "*Caos na Mecânica Quântica?*" (Almeida, 1992, p.48-55), onde o autor diferencia a Mecânica Clássica e a Mecânica Quântica com relação aos sistemas caóticos.

Por outro lado, os *momentos pedagógicos* além de estarem presentes na proposta desenvolvida no livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992), devido a seu caráter 'fractal', podem balizar a metodologia didático-pedagógica no tratamento do texto ao trabalhar-se nos cursos de formação inicial e continuada.

A idéia é que a leitura do artigo para a devida transposição didática seja conduzida através do modelo didático-pedagógico dos *momentos pedagógicos*, pois ao mesmo tempo que organiza o trabalho com os artigos, estimula a utilização destes momentos na prática pedagógica em sala de aula.

Com relação aos artigos da amostra tentei identificar aqueles que poderiam ser utilizados no primeiro momento de um curso sobre um assunto específico de FMC, ou seja, artigos que poderiam servir como problematizadores iniciais.

Na amostra identifiquei 48 artigos que depois da devida transposição didática poderiam ser utilizados para introduzir um certo assunto de FMC numa programação escolar. Por exemplo, o artigo "*Supercondutividade*" (Balseiro e Cruz, 1988, p.27-35) aborda este assunto sem a necessidade de que o leitor tenha algum conhecimento anterior sobre esse fenômeno.

Apresenta gráficos, desenhos, boxes (um aborda questões históricas, outro fala da teoria BCS<sup>15</sup>, e os dois últimos descrevem a busca da teoria que explique o fenômeno), sugestões de leituras e uma fotografia de monocristais supercondutores feita através de microfotografia eletrônica de varredura, onde é apresentado a devida escala para que o leitor não seja confundido (na próxima pág.).

---

<sup>15</sup> Teoria microscópica da supercondutividade, formulada em 1957 pelos físicos norte-americanos J.Bardeen, L.N. Cooper e T.R. Schrieffer, cujo nome leva as iniciais de seus formuladores.



Fig. 5. Monocristais supercondutores de  $\text{La}_{2-x}\text{Sr}_x\text{CuO}_4$ . (Microfotografia eletrônica de varredura. Cortesia de E. Manghi e G. Polla, Divisão Física do Sólido, Comissão Nacional de Energia Atômica, Argentina.)

milhares de experimentos, a fabricação de muitas novas ligas supercondutoras, a proposta de dezenas de modelos, antes que J. Bardeen, L.N. Cooper e T.R. Schrieffer (BCS) pudessem sintetizar os conhecimentos prévios e formular uma nova teoria que explicasse satisfatoriamente o grande volume de informações acumuladas.

Em 1986, K.A. Muller e J.G. Bednorz comprovaram a existência da supercondutividade em materiais cerâmicos em temperaturas maiores que as consideradas limites naturais. Como consequência, despertaram grande interesse pela origem da nova supercondutividade. A descoberta dos supercondutores com temperaturas cada vez mais próximas da temperatura ambiente sugere a possibilidade de uma nova revolução tecnológica. Isso acontecerá se técnicos e pesquisadores conseguirem resolver as dificuldades práticas associadas aos materiais cerâmicos supercondutores.

Existem no universo 105 elementos diferentes. Alguns abundantes na Terra; outros sintetizados pelo homem. Toda a matéria, orgânica e inorgânica, é composta desses 105 elementos. Os materiais simples, como o mercúrio, o supercondutor de Kamerlingh Onnes, são formados por apenas uma classe de átomos. As ligas são sistemas mais complexos, em que se misturam dois ou três metais diferentes. Os novos supercondutores são compostos muito complexos, com quatro a cinco elementos distintos. Por causa do método usado na sua fabricação e de sua textura, são chamados de materiais cerâmicos (figura 5).

O primeiro a ser descoberto foi o formado por lantano (La), bário (Ba), cobre (Cu) e oxigênio (O). Logo em seguida, percebeu-se que, substituindo o bário pelo estrôncio

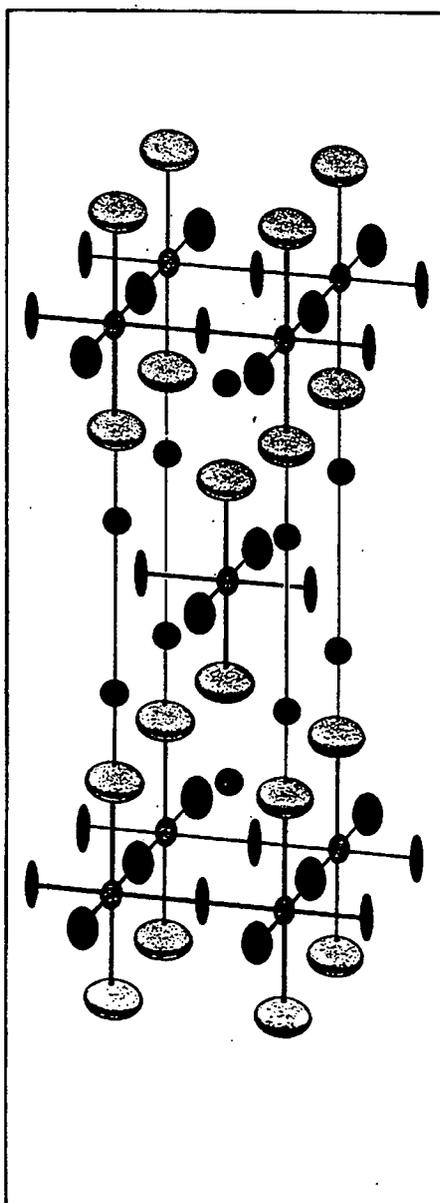


Fig. 6. Estrutura cristalina de um supercondutor cerâmico do tipo  $\text{La}_{2-x}\text{Ba}_x\text{CuO}_2$ . Os oxigênios (■) formam com o cobre (●) estruturas bidimensionais (planos). Os oxigênios (□) encontram-se fora desses planos, afastados do cobre, a distâncias maiores do que as anteriores. O (●) corresponde a La/Ba.

(Sr), conseguiram-se supercondutores melhores. Um composto descoberto no Texas, em 1987, contém ítrio (Y), bário, cobre e oxigênio, e possui uma temperatura crítica de 93 K. Os novos materiais encontrados nos primeiros meses de 1988 são compostos de bismuto (Bi), cálcio (Ca), bário, cobre e oxigênio. O composto de maior temperatura crítica que se conhece (aproximadamente 125 K ou  $-148^\circ\text{C}$ ) possui tálio (Tl) em vez de bismuto.

Os novos supercondutores têm em comum a presença de cobre e oxigênio. Em todos os casos, quando se constitui a rede cristalina, os átomos de oxigênio e cobre distribuem-se em planos. Presume-se que a supercondutividade em tais materiais esteja fortemente associada ao comportamento dos elétrons nesses planos (figura 6).

A busca de supercondutores melhores não é simples. Levando em conta que o cobre e o oxigênio são ingredientes essenciais, quantos compostos, contendo esses elementos, poderiam ser produzidos misturando-se em diferentes proporções os elementos da tabela periódica? Quantos materiais fantásticos, supercondutores ou não, encontram-se escondidos na tabela periódica? O desafio dos cientistas que se dedicam ao estudo dos materiais é encontrá-los; sua obrigação moral é que eles sejam utilizados em benefício do homem.

Nota: este artigo, escrito originalmente em espanhol, foi preparado pelas equipes de texto e de arte de Ciência Hoy, revista produzida na Argentina, cujo primeiro número coincide com esta edição de Ciência Hoje.



#### SUGESTÕES PARA LEITURA

- DE GENNES, P.G. *Superconductivity of metals and alloys*, Benjamin, 1966.
- KHURANA, A. 'Superconductivity seen above the boiling point of nitrogen', *Physics Today*, vol. 40, n° 4, p. 17, 1987.
- LONDON, F. *Superfluids*, V61. I, Wiley, 1950.
- LYNTON, E.A. *Superconductivity*, Methuen, 1969.
- MENDELSSOHN, K. *Quest for absolute zero*, Mc Graw-Hill, 1966.
- MULLER, K.A. et BEDNORZ, J.G. 'La découverte de la superconductivité à haute température', *La Recherche*, n° 195, p. 53, 1988.

O aspecto introdutório do artigo pode ser exemplificado pelo parágrafo inicial do artigo:

*“A resistência oferecida pelos metais à passagem de uma corrente elétrica transforma parte da energia em calor, que se dissipa no ambiente. Por esse motivo, uma porcentagem significativa dos gastos com produção eletricidade não traz benefício algum.*

*Em 1911, foi descoberto que certos metais, quando submetidos a temperaturas muito baixas, poderiam conduzir a eletricidade sem apresentar nenhum tipo de resistência. Abriram-se então as portas para uma verdadeira revolução tecnológica” (ibidem, p.27)*

Este artigo consta nas referências bibliográficas do texto: *“Supercondutividade: Uma proposta de inserção no ensino médio”*, de Ostermann et alii(1998), da série: *“Textos de Apoio ao Professor de Física”*, que procura atender a formação inicial e continuada numa perspectiva inovadora.

Finalmente nessa apresentação panorâmica dos artigos que analisei, encerro observando que dos 82 artigos, 37 apresentavam sugestões de leituras, característica dos textos mais longos e que contém uma maior quantidade de informações sobre o tema abordado. Alguns artigos apresentavam referências a outros artigos da mesma revista dentro do próprio texto, que de certa forma complementavam o tema discutido.

A seguir apresentarei alguns artigos que representam cada um dos grupos citados anteriormente e por fim, detalharei alguns artigos exemplares para a utilização didática.

#### **4.4 Caracterizando os grupos dos artigos**

Na página 97, apresentei a divisão dos 82 artigos da amostra em três grupos. A seguir apresentarei de forma mais detalhada alguns artigos representantes de cada um destes grupos, procurando definir aqueles, que na perspectiva desta dissertação, possibilitam uma melhor

melhor transposição didática para inserir assuntos de FMC no ensino médio por meio de uma *abordagem temática*.

Nos itens a seguir utilizarei a mesma referência dos artigos relacionados no anexo IV.

#### 4.4.1 Grupo I

O artigo *“Uma teoria matemática descreve as mudanças de fase: o exemplo da Percolação”* (artigo n. 11), é um bom exemplo de um texto mais voltado para especialistas do que para um público em geral. O autor não se preocupa em utilizar farta linguagem técnica e matemática específica tais como: probabilidade, configurações percolantes, comprimento de correlação, etc.

Nesse caso, o texto mesmo tendo passado pela edição da revista, para a sua utilização didática deverá haver um ‘nivelamento’ do formalismo matemático mais adequado para o ensino médio.

Outro artigo que caracteriza este grupo, já citado anteriormente, é *“Alta tensão por um fio”* (artigo n. 28). Além de utilizar vários termos técnicos da área, apresenta fórmulas bastante específicas, como por exemplo, a que calcula o custo da energia entregue no terminal receptor (Box da pág.52), onde existem 10 variáveis! (na pág. seguinte)

Assim, seria mais didático trabalhar com apenas algumas variáveis mais importantes de maneira a verificar a proporcionalidade entre elas e o custo da energia, um exemplo de como explorar o conceito unificador escalas.

Ainda assim, o artigo poderia ser utilizado didaticamente para trabalhar o processo de produção da energia elétrica, mas somente depois de uma tradução didática do texto.

# A COMPARAÇÃO DOS CUSTOS

O custo da energia entregue no terminal receptor  $C_{RE}$  pode ser expresso por:

$$C_{RE} = \frac{1}{8760 \cdot P \cdot FC} [FRC_1(C_S + C_L) + FRC_2 \cdot C_G(P + \Delta P) + 8760 \cdot C_P(P \cdot FC + \Delta P \cdot FP)]$$

onde:  $P$  é a potência entregue no terminal receptor (MW);  $FC$  é o fator de carga;  $C_S$  é o custo das subestações associadas à transmissão (em US\$);  $C_G$  é o custo de geração (US\$/kWh);  $C_L$  é o custo da linha de transmissão (em US\$);  $C_P$  é o custo de produção da usina (US\$/kWh);  $FP$  é o fator de perdas ( $FP = 0,2 FC + 0,8 FC^2$ );  $\Delta P$  são as perdas na transmissão (MW);  $FRC_1$  é o fator de recuperação do capital correspondente ao sistema de transmissão ( $T = 25$  anos); e  $FRC_2$  é o fator de recuperação do capital correspondente à usina ( $T = 25$  anos para usina térmica e 50 anos para hidrelétrica).

Tanto no caso de corrente contínua como no de alternada, os seguintes valores podem ser adotados:  $FC = 1,0$ ;  $C_P = 0$  (por se tratar de usina hidrelétrica, que apresenta baixo custo de operação);  $C_G = \text{US\$ } 2.000/\text{kWh}$ ; e a taxa de atualização do capital fixada em 10% ao ano.

No caso de corrente contínua, adotamos os seguintes valores:  $C_S = \text{US\$ } 1,035$  bilhão (valor correspondente às estações conversoras CA/CC, com dois bipolos, cada um deles sendo capaz de converter 5.000 MW sob tensão de  $\pm 900$  kV; bipolos compostos por quatro grupos de 12 pulsos, com equipamento de compensação reativa);  $C_L = \text{US\$ } 912$  milhões (duas linhas bipolares sob tensão de  $\pm 900$  kV, com condutores de seção  $4 \times 537 \text{ mm}^2$ ; custo da faixa de servidão não incluído); e  $\Delta P = 388$  MW.

No caso de corrente alternada, adotamos os seguintes valores:  $C_S = \text{US\$ } 160$  milhões (correspondente ao valor das subestações terminais com 5.000 MW, apresentando transformação de 500 para 1.050 kV);  $C_S = \text{US\$ } 88$  milhões (quatro subestações intermediárias);  $C_S = \text{US\$ } 396$  milhões (compensação reativa correspondente a 5.000 MVAR de reatores; 17.500 MVAR de compensação SVC; 30% de compensação série);  $C_L = \text{US\$ } 1,496$  bilhão (duas linhas de 1.050 kV, com condutores de seção  $8 \times 280 \text{ mm}^2$ ; custo da faixa de servidão não incluído); e  $\Delta P = 393$  MW.

Da aplicação, na fórmula, dos valores acima discriminados chegamos aos seguintes custos unitários da energia fornecida no terminal receptor, considerando a transmissão de 5.000 MW, gerados por usina hidrelétrica e distribuídos ao longo de uma linha de 2.000 km de extensão.

7

Custo da energia no terminal receptor

	Transmissão em CC (milts/kWh)	Transmissão em CA (milts/kWh)
Geração	22,80	22,80
Subestações terminais	2,61	0,40
Subestações intermediárias	—	0,22
Linhas de transmissão	2,29	3,76
Compensação reativa	—	0,99
Custo das perdas de transmissão	1,95	1,98
Total	29,65	30,15

1 mill = 1 US\$  $\times 10^3$

A diferença existente nos custos de transmissão em CA e CC é de 7,3%, o que resulta em uma diferença de apenas 1,7% nos custos da energia fornecida no terminal receptor. Portanto, a escolha entre os dois tipos de transmissão não deve se basear apenas em cálculos de custo. É necessário levar em conta outros benefícios associados a cada modalidade de transmissão.

citores e reatores, esse equipamento fornece a energia reativa requerida pelo sistema. Sua utilização permite um controle contínuo de tensão, com o amortecimento de oscilações e a melhoria da estabilidade do sistema quando da ocorrência de faltas.

Ambos os tipos de transmissão apresentam vantagens e restrições. A escolha deverá ser feita com base na análise de vários aspectos, além do econômico (ver "A comparação dos custos"). Entre eles, cabe destacar: níveis de tensão de transmissão, otimização dos condutores e estruturas, impactos sobre o meio ambiente, requisitos de estabilidade do sistema receptor, níveis de corrente de curto-circuito, características do sistema de controle de potência transmitida, confiabilidade do suprimento e necessidade de alimentação de cargas ao longo do trajeto. Tecemos, a seguir, alguns comentários acerca de cada um desses itens.

Quanto à escolha dos níveis de tensão de transmissão, deve-se observar que, na transmissão em CA, os níveis são descontínuos (750, 1.000, 1.500 kV), enquanto na transmissão em CC eles poderiam evoluir quase continuamente, dada a modularidade das válvulas tiristorizadas; ligados em série, os tiristores fazem com que a tensão de transmissão evolua em pequenos degraus correspondentes à máxima tensão inversa de cada tiristor. As potências econômicas para a transmissão em CA são 1.000, 2.000, 4.000 e 9.000 MW para tensões de 500, 750, 1.000 e 1.500 kV, respectivamente. A transmissão em CC permite uma otimização do nível de tensão a partir da potência da transmissão e de sua distância. Normalmente, são padronizados níveis em degraus de 50 kV (400, 450, 550, 600 etc.).

Para a otimização dos condutores e das estruturas das linhas de transmissão, deve-se considerar que, para a mesma potência transmitida, a linha em CC é mais simples, uma vez que utiliza apenas dois feixes de condutores (bipolo), e não três (circuito trifásico) como a linha em CA, o que resulta em um número de isoladores 33% menor e, portanto, em torres de transmissão mais leves e econômicas. A isolação de uma linha de transmissão é normalmente projetada para suportar, além da tensão normal de operação, as sobretensões resultantes da energização e/ou abertura da linha, além de descargas atmosféricas. A transmissão em CC, que apresenta melhor desempenho quanto à interrupção de faltas externas, em decorrência de um controle mais eficiente da linha, tolera maior número de descargas atmosféricas, exigindo níveis de isolação mais reduzidos que os necessários nas linhas em CA.

Quanto ao meio ambiente, o impacto causado pela linha de transmissão em CC é menor, por serem menores as dimensões das

#### 4.4.2 Grupo II

Nesse grupo, onde é mais evidente apenas o formalismo matemático mais elaborado, o artigo *“O que avalanches de grãos de arroz podem revelar aos físicos”* (artigo n. 80) é um bom exemplo desta situação.

Este artigo aborda a teoria moderna de fenômenos críticos e transições de fase, desenvolvida a partir da década de 60, portanto, assunto de Física Contemporânea. Um texto que pode inclusive servir de exemplo de um conceito supradisciplinar da ciência física, pois explicita a universalidade da ‘criticalidade auto-organizada’, comparando vários sistemas físicos como: gravitacionais, termodinâmicos, mecânicos, etc.

Em várias partes, no texto, é repetido o conceito de ‘universalidade’:

*“Os físicos sempre procuram descobrir, entre os inúmeráveis aspectos dos fenômenos naturais, alguns poucos mecanismos que sejam essenciais (...) Tais propriedades são denominadas ‘universais’ (...)*

*O sucesso das idéias de ‘universalidade’ em transições de fase foi encorajador (...) Eles comprovam, em particular, que a ‘universalidade’ desse fenômeno é restrita a classes de sistemas em que o atrito tem intensidade tal que consegue mantê-lo continuamente no limiar crítico.”* (Queiroz, 1996, p.6-8)

Mas o autor utiliza algum formalismo matemático superior (função de probabilidade, por exemplo) e em certo trecho, utiliza um raciocínio matemático implícito que não é de fácil entendimento para um professor não familiarizado com a análise dimensional:

*“As pilhas (de arroz) foram confinadas entre duas placas de vidro (...) separadas por uma distância da ordem do tamanho de um grão, de modo que a situação experimental tornou-se efetivamente*

*bidimensional.*” (ibidem, p.7)

Seria também, uma ótima oportunidade para trabalhar o conceito unificador escalas. Mas a presença deste formalismo matemático (explícito e implícito) não torna o texto inviável para sua utilização didática em cursos de formação de professores de física.

Essa é a característica marcante dos artigos do grupo II; linguagem acessível, mas com algum formalismo matemático.

Outro artigo característico deste grupo é “*Táquions*” (artigo n. 33), que aborda a revolução ocorrida com o advento da mecânica relativística com um texto atraente e bem acessível, onde o autor utiliza textos da literatura universal, consoante com Zanetic (1998), na perspectiva desta dissertação, isto é, a ciência física enquanto elemento cultural de uma sociedade. A seguir cito um trecho da poesia “*Burnt Norton*” (Eliot citado por Recami et alii, 1986, p.55) constante de um dos boxes do artigo:

*“O tempo presente e o tempo passado  
Estão ambos talvez presentes no tempo futuro  
E o tempo futuro contido no tempo passado.  
Se todo o tempo é irredimível.  
O que poderia ter sido é uma abstração  
Que permanece, perpétua possibilidade,  
Num mundo apenas de especulação.”*

Este artigo apenas se distancia de uma utilização didática para o ensino médio quando trabalha com as transformações de Lorentz e quando utiliza alguns gráficos que representam os táquions e os brádions em três dimensões, e da radioemissão oriunda de uma fonte Superluminal (na pág. seguinte), mas que diferentemente dos artigos do grupo I, não compromete o texto como um todo.

A extensão da relatividade especial para observadores Superluminais pode ser realizada com facilidade num espaço bidimensional  $M(t; x)$  e em todos os espaços estruturados com igual número de coordenadas temporais e espaciais. Todavia, no espaço quadridimensional ordinário  $M(t; x, y, z)$  ela apresenta dificuldades matemáticas sobre as quais não nos estenderemos aqui, para que possamos discutir rapidamente algumas conseqüências e aplicações deste trabalho.

A primeira conseqüência da "relatividade estendida" é inesperada: uma partícula taquíônica elementar — ou qualquer *microtáquion* clássico — aparecerá para nós viajando mais lentamente do que a luz (!), mas com características de tipo quântico. Ou seja, ele aparecerá como uma partícula dotada de "velocidade de grupo" subluminal ( $v$ ), associada, no entanto, a uma "velocidade de fase" Superluminal ( $V$ ), sendo que as duas velocidades obedecem à conhecida relação estabelecida por L. de-Broglie:

$$v \cdot V = c^2$$

Mais um exemplo: o grupo das transformações de Lorentz generalizadas (L) inclui, como caso especial, a rotação espaço-temporal de  $180^\circ$ , também conhecida como "inversão total":

$$L(180^\circ) = \bar{P}\bar{T}$$

onde  $\bar{P}$  é a operação que muda  $x$  e  $p$  de sinal, e  $\bar{T}$  é a operação que muda  $t$  e  $E$  de sinal. Conseqüentemente, as leis relativísticas devem ser co-variantes em relação a  $\bar{P}\bar{T}$ . É fácil reconhecer que  $\bar{P}\bar{T}$  é tão-somente a simetria normal CPT, onde  $P: x \rightarrow -x$  é a paridade espacial ordinária;  $T: t \rightarrow -t$  é a inversão temporal ordinária; e  $C$  é a operação que muda o sinal da carga elétrica e das outras cargas eventuais.

Lembramos ainda que, mesmo viajando sempre com velocidades Superluminais, os táquions não emitiriam radiação Cherenkov no vácuo. Muitas pesquisas experimentais basearam-se até aqui na hipótese contrária, que é errônea.

A possível existência de objetos Superluminais também interessa à cosmologia. Sabemos, por exemplo, que quando uma fonte de ondas eletromagnéticas ( $f_0$ ) tende a afastar-se de nós com a velocidade da luz, a freqüência  $f$  da radiação observada tende a zero. Porém, a radiação oriunda de fontes Superluminais que se afastem de nós — se elas existirem — será novamente perceptível. Aparece na figura 8 uma representação da lei do efeito Doppler, *estendida* para quaisquer valores da velocidade relativa:

$$f = \frac{f_0 \sqrt{1 - \beta^2}}{1 + \beta \cos \alpha} \quad (4)$$

O aparecimento de freqüências negativas quando a fonte se aproxima de nós com velocidade Superluminal está explicado na figura 9. Neste caso é fácil entender que a radiação da fonte será recebida na ordem temporal *invertida*.

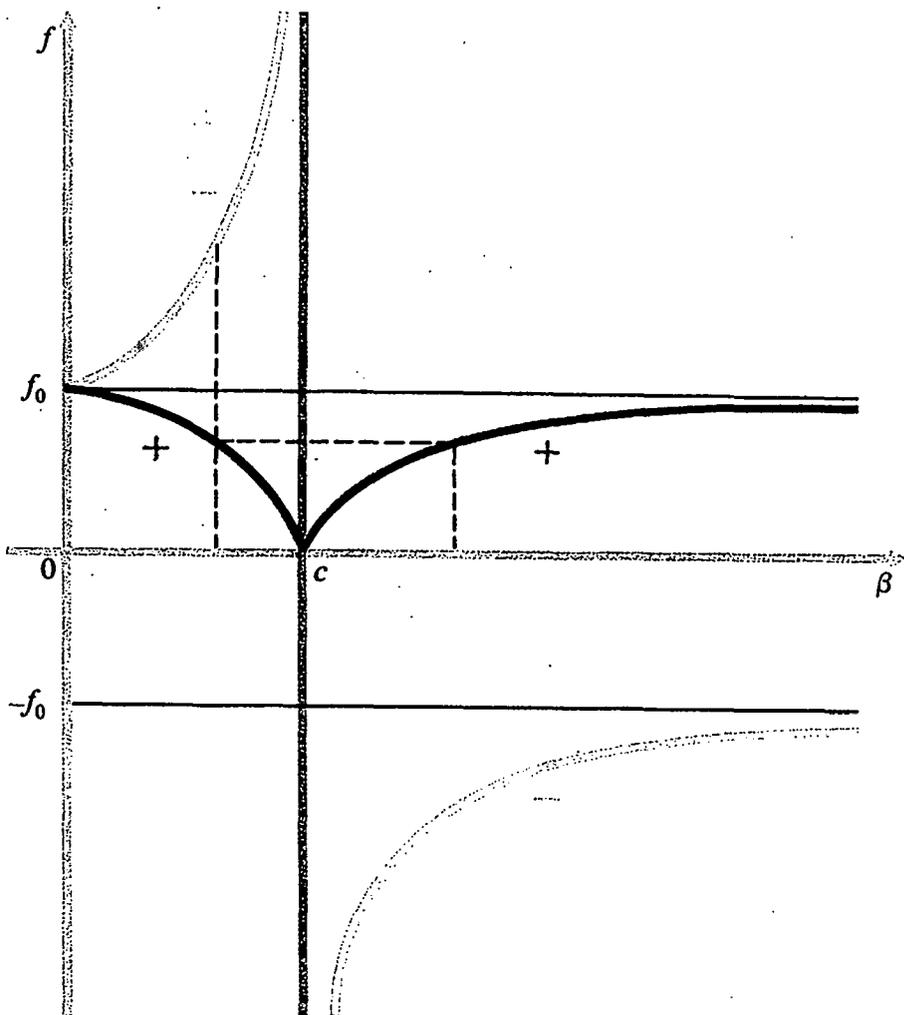


Fig. 8. Extensão da lei do efeito Doppler para velocidades relativas Superluminais. A figura representa a freqüência observada da radiação, em função da velocidade da fonte, para um movimento ao longo do eixo  $x$ . O sinal negativo refere-se à aproximação e o sinal positivo ao afastamento.

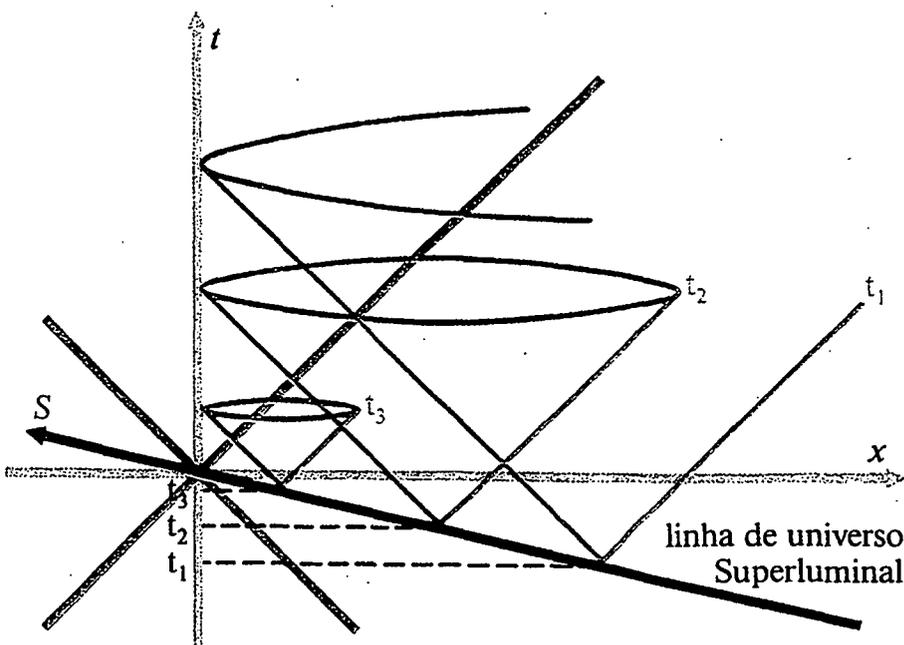


Fig. 9. A radioemissão oriunda de uma fonte Superluminal que se aproxime do observador ao longo do eixo  $x$  será recebida na ordem cronológica invertida. Isso explica o significado das freqüências "negativas".

Neste caso a transposição didática do texto para ser trabalhado em cursos de formação de professores de física é mais simples daquela que pode ser feita com artigos do grupo I.

Este artigo é um bom exemplo de como um assunto de FMC pode mudar concepções clássicas sobre a ciência e seus processos, exemplificado num trecho do final do mesmo:

*“Tudo o que pode ser pensado de forma não contraditória deve existir em algum lugar de um universo ilimitado...”* (ibidem, p.59)

Mas para que um professor de física do ensino médio inicie o seu curso discutindo o trecho acima com seus alunos, é necessário que esteja bem informado e que tenha planejado o seu programa utilizando uma abordagem não tradicional, essa é a hipótese defendida nesta dissertação.

Neste sentido, a seguir apresentarei alguns exemplares de artigos que acredito serem mais indicados para a sua utilização em cursos de formação de professores de física do ensino médio, seja inicial ou continuada, atendendo ao que foi argumentado no parágrafo anterior, ou seja, material de divulgação científica que possa subsidiar a renovação dos conteúdos programáticos escolares.

#### **4.5 Artigos exemplares**

Neste item, que também pretende ser conclusivo para esta dissertação, apresentarei alguns artigos exemplares do grupo III que no meu entender contém as características do material de divulgação que possibilita a inserção de assuntos da FMC de forma sistemática e didática em cursos de formação de professores de física do ensino médio, na perspectiva de que venham a ser utilizados com os alunos deste nível de escolaridade.

A medida que irei descrevendo estes artigos exemplares, serão realçados aqueles elementos que procuram atender as características do texto de divulgação científica que pode ser inserido no

espaço escolar na perspectiva defendida ao longo dos capítulos anteriores, qual seja, a renovação dos conteúdos programáticos escolares balizada por uma concepção da ciência física como integrante do conjunto cultural da sociedade.

Para comentar estes artigos exemplares, utilizarei como referência aqueles que constam no livro *Física* (Delizoicov e Angotti, 1992), fazendo assim a conexão destes com a ementa do programa proposto, inserindo os artigos nessa abordagem, como argumentado nos capítulos I e II.

Procuro dessa forma articular a minha fundamentação teórica desenvolvida no capítulo I, com a proposta defendida no capítulo II para inserir assuntos da FMC no ensino médio, no caso, a abordagem temática.

O artigo "*Energia e Sociedade*" (artigo n.36), com forte característica das relações da CTS, que descreve a evolução da utilização da energia pelo homem, desde a descoberta do fogo até os dias de hoje, pode ser explorado em dois momentos do curso: primeiramente quando o professor está preparando a discussão sobre a conservação da energia, começando por Galileu e indo até as publicações de Helmholtz sobre as transformações entre formas distintas de energia (ver Delizoicov e Angotti, 1992, p.57-58).

Neste caso, o artigo da revista pode ser explorado para a conceituação dos processos de transformações, tanto da energia, quanto da forma como a sociedade moderna passou a utilizar a mesma.

O trecho a seguir, que 'abre' o artigo, demonstra a sua potencialidade didática associada a riqueza de articulações:

*"Embora não se possa fazer previsões alarmistas para os próximos 50 anos, é certo que a civilização do petróleo - uma construção do século XX - cedo ou tarde chegará ao fim. Impõe-se, por isso, desde já, uma reflexão sobre o perfil do sistema energético num futuro não muito longínquo.*

*Se a questão fosse de ordem estritamente econômica, a solução não seria difícil: bastaria estabelecer os parâmetros necessários à formalização de uma análise de custo/benefício para cada opção. Mas isso não é suficiente: as relações entre energia e sociedade são bem mais complexas.” (p.31)*

Num outro momento, o artigo acima pode ser utilizado para trabalhar o *Tópico 4: O calor trabalha-máquinas térmicas* do livro *Física* (ver Delizoicov e Angotti, 1992, p.113-116), onde o texto é bastante rico em informações sobre os motores à vapor, à explosão e elétrico, como pode ser evidenciado no trecho abaixo:

*“(...) ainda na primeira metade do século XIX, tinham sido iniciadas pesquisas visando a construir um motor a pistão comandado por ar aquecido pela combustão. A meta era um motor pequeno, capaz de vencer as limitações da máquina de costura.”(p.35)*

Já um outro trecho aborda a energia em sua forma mais moderna:

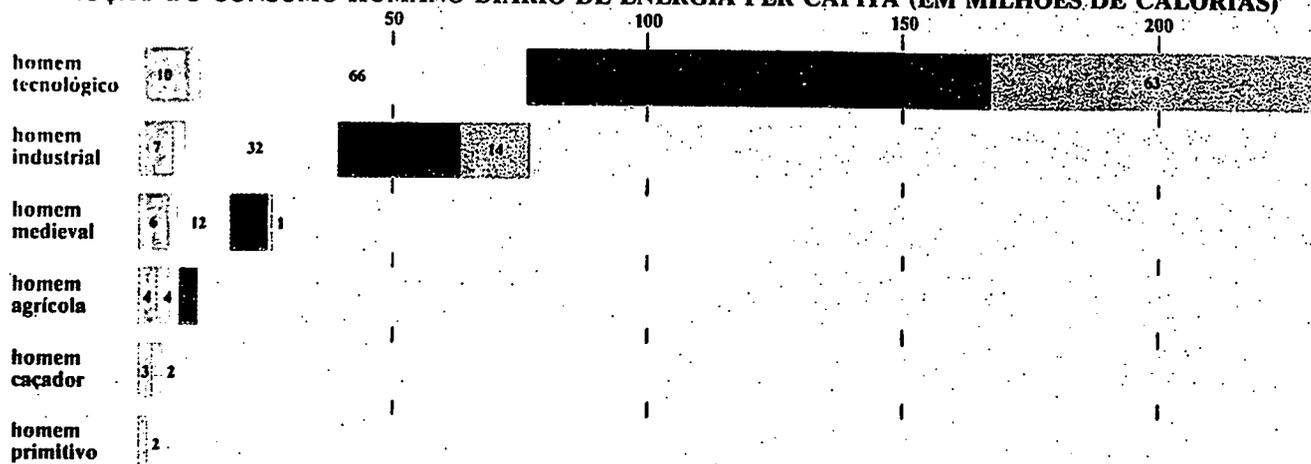
*“Quando o preço do petróleo quadruplicou (1973-74), a transformação da energia nuclear em fonte energética básica parecia inevitável. Abria-se a nova fase na história da humanidade (..) ” (p.37)*

Este artigo concilia várias abordagens do ensino da física numa perspectiva renovadora: relações da Ciência, Tecnologia e Sociedade, que é a característica marcante do artigo, História da Ciência e Física Moderna e Contemporânea.

Essa é mais uma das possibilidades didáticas do trabalho com artigos de divulgação científica, a articulação da inserção de assuntos da FMC com outras tendências curriculares inovadoras da área do ensino de física desenvolvidas nas últimas décadas.

Na página 38 do artigo encontra-se um gráfico da evolução do consumo humano diário de energia per capita em calorias, que é um bom instrumento para trabalhar-se o conceito unificador escalas.

## EVOLUÇÃO DO CONSUMO HUMANO DIÁRIO DE ENERGIA PER CAPITA (EM MILHÕES DE CALORIAS)



■ alimento; ■ casa e comércio; ■ indústria e agricultura; ■ transporte

O homem primitivo consumia apenas a energia contida na sua alimentação. O homem caçador (100.000 a.C) consumia alguma energia adicional na coção. O homem agrícola (5.000 a.C) utilizava também a energia animal em alguns trabalhos do campo. O homem medieval europeu adicionou os moinhos de vento e os moinhos d'água ao seu consumo energético. O homem industrial (Inglaterra do século XIX) introduziu a máquina a vapor e, finalmente, o homem tecnológico (Estados Unidos do século XX), a eletricidade e os motores de combustão interna. O crescimento acelerado do consumo de energia depois da Revolução Industrial nos países do hemisfério Norte suscita duas questões importantes. A primeira refere-se à enorme disparidade entre o consumo energético dos países industriais e o dos países do Terceiro Mundo. A segunda está ligada ao esgotamento dos combustíveis fósseis. As duas questões estão intimamente relacionadas na medida em que, em consequência do crescimento acelerado do consumo de energia, os países industriais vêm esgotar-se seus recursos energéticos, o que os leva a pressionar os recursos existentes nos países do Terceiro Mundo.

**M**as a transição não está sendo tão simples quanto se imaginava. A crise que eclodiu em diversas partes do mundo na segunda metade da década de 1960 permanece. As promessas feitas não se concretizaram. Talvez o fracasso mais retumbante nesse conjunto tenha sido o da energia nuclear, cujos problemas econômicos (custos), políticos (proliferação de bombas) e ambientais (controle dos dejetos e risco de acidentes) não foram equacionados. As catástrofes ambientais provocadas pela concentração industrial são cada vez mais freqüentes. Não se consegue reduzir o desemprego. A desordem monetária persiste. As disfunções do sistema manifestam-se em todo o seu corpo.

A crítica à sociedade hiperindustrial começou timidamente pela voz dos ecologistas e vem aos poucos ganhando força. Para eles, a transição não se fará pela mera aceleração da história, isto é, pelo incremento da escala e a intensificação dos processos. Argumentam que o nível de bem-estar material atingido pelas sociedades industriais já lhes permite perseguir outros objetivos. Para eles, o caminho está na sociedade pós-industrial, em que a orientação básica da vida social já não seria o incremento da riqueza material: valorizar-se-ia a qualidade em detrimento da quantidade; a ênfase se deslocaria da hierarquia para a participação e o acordo mútuo; haveria obediência aos ciclos de reprodução da mãe-natureza e respeito pelo frágil equi-

líbrio dos ecossistemas. Ainda que o ritmo de crescimento da produção material viesse a se reduzir, a sociedade seria mais equitativa.

As formas renováveis de energia, principalmente a hidráulica, a biomassa e a solar, seriam amplamente utilizadas. A energia nuclear seria incompatível com esse tipo de sociedade porque se orienta para a produção de blocos concentrados de energia, que exacerbam as tendências naturais do sistema capitalista à concentração e à centralização dos processos econômicos e sociais. A produção de energia dispersa pelo território induziria a desconcentração das atividades econômicas e, conseqüentemente, dos processos sociais. Segundo este ponto de vista, parece que o uso da energia nuclear conduz à sociedade hiperindustrial, concentrada e hierárquica, enquanto as energias renováveis nos levam à sociedade pós-industrial, descentralizada e participativa.

Mas, infelizmente, as coisas não se passam de maneira tão simples. A experiência brasileira de uso maciço da biomassa (lenha, carvão vegetal, álcool) e da energia hídrica indica que é falsa a relação imediata entre fontes renováveis, desconcentração e participação. O que se verificou, em nosso caso, foi um enorme esforço técnico e econômico com o objetivo de concentrar a produção, de modo a torná-la "economicamente viável" (exemplo gritante é a usina de Itaipu), e nenhuma participação do conjunto da sociedade nas deci-

sões de política energética tomadas pelo Estado. É também perfeitamente lícito imaginar que a energia nuclear possa ser produzida de forma centralizada e consumida de forma descentralizada, sendo portanto compatível com uma maior participação nas decisões. As condições políticas para tal precisam ser construídas pela sociedade civil. Assim, não se percebe uma determinação da sociedade pela estrutura energética, ainda que esta estrutura possa ser um fator indutor numa ou noutra direção. Essa conclusão, aliás, encontra respaldo na retrospectiva histórica que fizemos: a estrutura energética é amplamente condicionada pelas estruturas social e tecnológica que a envolvem.



### SUGESTÕES PARA LEITURA

- GILLE B., *Histoire des techniques*. Paris, Pléiade, 1978.
- MUMFORD L., *Technique et civilization*. Paris, Seuil, 1980.
- DERRY T.K. e WILLIAMS T.I., *Historia de la tecnologia*. México, Siglo XXI, 1977.
- NEF J., *The rise of the British coal industry*. Londres, Routledge, 1932.
- WILLIAMSON H.F. e DAUM A.R., *The American petroleum industry*. Evaston, Northwestern Univ. Press, 1959.
- GOLDSCHMIDT G., *Le complexe atomique*. Paris, Fayard, 1980.
- PRIGOGINE I. e STENGERS I., *La nouvelle alliance*. Paris, Gallimard, 1979.
- NENSCH G., *Saemate in technology*. Cambridge, Ballinger, 1979.

Além dessas qualidades didáticas, este artigo, como tantos outros, apresenta sugestões de leituras tais como: *"Histoire des techniques"* (Guille citado por Oliveira, 1987, p.38), *Historia de la tecnologia* (Derry e Williams, idem, ibidem) e *A nova aliança* (Prigogine e Stengers, idem, ibidem). Dessa maneira o artigo pode transformar-se num multiplicador de informações para auxiliar na formação do professor de física, seja ela inicial ou continuada.

O artigo *"O início e o fim"* (artigo n.40), exemplar de artigo de FMC, aborda as teorias cosmológicas existentes com esquemas bastante didáticos, mencionando várias áreas da Ciência Física Moderna e Contemporânea. Sua leitura é sugerida no último tópico da ementa: *Energia solar e a terra: fusão nuclear* (ver Delizoicov e Angotti, 1992, p.157), que apresenta como objetivo:

*"Indicar ordem de grandeza de energia incidente e acumulada na Terra, a partir do Sol. Descrever reações nucleares com liberação de energia resultante da fusão no Sol. Identificar energia liberada na fusão com perda de massa solar. Aplicar numericamente os conceitos e novas relações em um exemplo."* (Delizoicov e Angotti, 1992, p.158)

O artigo comenta várias escalas de energia presentes nos modelos de universo auxiliando na percepção da relação entre o conceitos unificadores escalas e regularidades, como sugerido por Angotti (1991, p.148):

*"O tratamento mais equilibrado das duas grandezas que formam nosso palco pode facilitar mais tarde compreensões mais recentes desse palco, que não mais separam o tempo do espaço mas os conectam em espaço-tempo. Essa nova compreensão rompe drasticamente com o nosso senso comum; é desejável que alunos tenham oportunidade, ao final do segundo grau, de serem introduzidos a essas noções da física do século XX."*

O artigo inclusive apresenta um quadro descrevendo as

dimensões da energia que poderia ser explorado juntamente com o quadro apresentado no trabalho de Angotti (1991, p.149-151), onde ordens de grandeza de comprimento são comparadas com as regularidades de cada dimensão.

Uma forma de organizar essa atividade metodologicamente num curso de formação inicial ou continuada, poderia ser feita através dos *momentos pedagógicos*, onde no primeiro momento poderia ser realizada uma leitura com o respectivo levantamento de dúvidas sobre termos, conceitos e modelos presentes no texto, para que no segundo momento essas dúvidas fossem discutidas e organizadas utilizando-se o quadro citado acima como referência. No terceiro momento poderia ser feita a relaboração do texto para a sua utilização em sala de aula.

Dessa forma se garantiria a relação dialógica pretendida na abordagem desta dissertação.

A presença de termos específicos da física escolar podem balizar a utilização didática do artigo, por exemplo, na unidade 6: *Transporte de Energia* (ver Delizoicov e Angotti, 1992, p.148), é proposto como objetivo do tópico 1: *Fenômenos ondulatórios*:

*“Enunciar as leis da reflexão e da refração.*

*Caracterizar os fenômenos de difração, interferência e polarização de ondas.*

*Identificar os fenômenos ópticos nos instrumentos mais simples e descrever o seu princípio de funcionamento.”(idem, ibidem)*

A seguir vou citar alguns trechos do artigo *“Holografia- A luz congelada”* (artigo n.20), sugerido para explorar o tópico acima, que contém os conceitos dos seus objetivos:

*“A holografia começou a nascer em 1948, quando o húngaro Dennis Gabor (prêmio Nobel de Física em 1971) publicou a descrição de um novo princípio óptico que combinava com perfeição surpreendente os fenômenos da interferência e da difração na reconstrução de ondas. (...) Após o processamento fotográfico, o*

*filme volta a ser iluminado com um dos feixes, devolvendo uma imagem virtual que reconstitui a imagem do objeto. Sendo obtidos de uma única fonte monocromática... (...) Os hologramas podem agir também como lentes focalizadoras, de fácil reprodução e alinhamento.” (p.38-45)*

Os trechos acima demonstram que o artigo pode ser explorado para alcançar os objetivos do tópico, pois utilizam conceitos pertinentes, ao mesmo tempo que insere um assunto da Física Contemporânea.

A citação acima também confirma a argumentação desenvolvida no capítulo III, onde diferenciei a divulgação científica para o público em geral e a divulgação para professores de física.

Os termos e conceitos descritos no artigo dificultam o entendimento do tema abordado para um leitor não familiarizado com a física escolar, mesmo havendo a preocupação do autor em esclarecer por meio de boxes, alguns conceitos da ótica. Isto já não se aplicaria a um professor de física de ensino médio acostumado a trabalhar com esses conhecimentos.

Neste caso o professor se encarregaria de realizar a devida transposição didática como sugerido pelos autores quando no segundo momento (organização do conhecimento) do desenvolvimento do tópico:

*“A seguir, discuta as propriedades de difração e interferência da luz. Neste caso, é interessante fazer analogias com os fenômenos bastante comuns de difração e interferência de ondas na superfície da água.” (Delizoicov e Angotti, p.150)*

Nos artigos exemplares apresentados neste item destaquei vários aspectos que confirmam as possibilidades didáticas dos artigos da revista *Ciência Hoje* para inserir assuntos da FMC em cursos de formação de professores de física do ensino médio.

Mesmo não esgotando todas as possibilidades didáticas que cada artigo apresentava, creio serem suficientes as que foram apontadas para inferir que o material de divulgação científica pode ser

sistematizado no espaço escolar.

A seguir, além das reflexões retiradas desta dissertação, apresentarei indicações que acredito serem básicas na hora da escolha de quais materiais de divulgação científica permitem uma exploração didática, em particular, para inserir assuntos da FMC no ensino médio.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta dissertação pretendi abordar novas linguagens: curriculares, didático-pedagógicas, da comunicação científica e da tecnologia - sempre permeadas por uma concepção de educação transformadora.

Em particular, uma educação científica que contemple a formação para a cidadania, numa perspectiva do ensino de física como elemento cultural de uma sociedade.

Nos capítulos anteriores desta dissertação procurei demonstrar que outros materiais didáticos, no caso, artigos de revista de divulgação científica, podem auxiliar os formadores de professores de física do ensino médio na tarefa de mudar a prática pedagógica para um ensino que ao mesmo tempo seja tradicional, no sentido de respeitar as questões histórico-culturais de nossa sociedade, e suficientemente novo para preparar o cidadão para o próximo século, inserindo novas formas de pensar e agir em sua vida cotidiana. Sobre isto Freire argumenta que:

*“(...) nem sempre é viável a quem realmente opta pelas transformações fazê-las como gostaria e no momento em que gostaria. Além do desejo de fazê-las, há um viável ou um inviável histórico do fazer.*

*Qualquer que seja o momento histórico em que esteja a sociedade, seja o do viável ou do inviável histórico, o papel do trabalhador social que optou pela mudança não pode ser outro senão o de atuar e refletir com os indivíduos com quem trabalha para conscientizar-se junto com eles das reais dificuldades da sua sociedade.” (1979, p.55-56)*

O entendimento de conceitos da FMC podem propiciar essa consciência mais do que a visão estreita produzida pela física escolar abordada no ensino tradicional.

Neste trabalho procurei conciliar a minha experiência profissional com as experiências adquiridas durante a realização da minha pós-graduação, em particular, adquiridas nas discussões sobre como produzir outras alternativas aos livros didáticos, ciente de que pesquisas recentes apontam para deficiências deste material como únicos auxiliares na programação escolar.

A análise dos artigos da revista *Ciência Hoje* associada à *abordagem temática* possibilitou descortinar os elementos didáticos presentes nos textos. Mesmo não tendo sido meu objetivo nesta dissertação, este trabalho possibilita reunir elementos para uma futura avaliação da qualidade do material de divulgação científica, seja para sua utilização didática ou não.

Alguns elementos se evidenciaram mais importantes na escolha de um artigo de divulgação científica para sua utilização didática, são eles:

- I  A confiabilidade na autoria do artigo.
- II  A relação entre o assunto abordado no artigo e sua contextualização numa programação escolar.
- III  A linguagem, seja técnica ou matemática, implícita ou explícita, apresentada no artigo.
- IV  A relação do artigo com a programação escolar planejada.

Após o tratamento dos artigos inferi que o artigo de divulgação científica mais indicado para ser utilizado em cursos de formação de professores, seja inicial ou continuada, no mínimo, necessita;

- I  Ser escrito por autores reconhecidos pela comunidade científica, sejam cientistas ou não.
- II  Os assunto(s) da ciência física abordado(s) no artigo,

deve(m) ser coerente(s) com a ementa do programa escolar que se pretende explorar.

III □ A linguagem técnica deve ser acessível, evitando-se o excesso de termos específicos. A linguagem matemática deve estar presente somente para facilitar o entendimento do conceito abordado, neste caso, evitando-se o formalismo mais avançado da física-matemática.

IV □ O artigo deve apresentar possibilidades de ser inserido de forma sistemática numa programação escolar previamente definida, coerente com os objetivos educacionais almejados pelo professor, aqui defendido como progressista.

Permeando estas indicações está a metodologia de trabalho dos textos com os professores, que procuram realizar a transposição didática do mesmo. De acordo com as argumentações apresentadas no capítulo I, esta metodologia deve ser dialógica, objetivando realizar as necessárias rupturas das visões do senso comum pedagógico tradicional tão presentes em nossa realidade escolar.

Esta dissertação prescindiu de um trabalho junto à professores afim de testar as hipóteses levantadas, mas a intenção aqui foi de primeiramente avaliar as possibilidades desta intervenção e dar subsídios para a sua execução.

Também acredito que esse trabalho abre caminho para que professores de física de ensino médio e seus formadores utilizem materiais de divulgação científica, seja na forma impressa ou não, em suas atividades pedagógicas, de forma sistemática e articulada a uma proposta não tradicional de ensino, no sentido de não perder 'as alegrias e satisfações' que somente a cultura elaborada pode propiciar.

Esse trabalho contribui no sentido de que materiais alternativos aos livros didáticos possam ser utilizados de forma dirigida e sistemática no âmbito escolar, contrariando concepções do senso comum de que apenas serviriam para 'ilustrar' aulas de ciências ou

simplesmente complementar conteúdos do ensino tradicional. Busco desta maneira defender o aspecto formal da educação escolar, consoante com Snyders:

*“O que me parece caracterizar a escola é uma organização sistemática e contínua das situações: primeiramente, há “pré-requisitos”, isto é, uma preparação, um grau de preparação considerado indispensável ao que se faz; e portanto uma certa homogeneidade de formação, de conhecimentos (...)*

*Em seguida, procede-se em ordem: há etapas, não se deve queimar as etapas, menos ainda ignorar sua existência. Uma sucessão coerente, do graduado; passo a passo; há um programa progressivo, uma “progressão”, como se dizia na linguagem dos antigos professores. Cada novo momento integra-se ao que precede, consolida o que precede e serve de garantia para ir mais além; cada degrau é um ponto de apoio para atingir o degrau seguinte.”(1988, p.202)*

Ainda não contamos com um número significativo de pesquisas sobre a qualidade de nossos livros didáticos de física do ensino médio, mas observando-se a situação já anunciada dos livros de ciências do ensino fundamental e particularmente com relação ao ensino da FMC, materiais de divulgação científica apresentam-se como boas alternativas didático-pedagógicas como defendi nesta dissertação.

Nesta dissertação limitei-me a pesquisar a mídia impressa, por entender que a inserção de materiais de divulgação científica no espaço escolar, por si só, já implica em explorar um terreno ainda desconhecido, não podendo nesse momento avaliar as potencialidades de outras mídias.

Por outro lado, o texto impresso ainda é fonte referencial de textos eletrônicos, com isto, esta dissertação apresenta uma contribuição para que sejam conduzidas novas pesquisas no sentido de avaliar a inserção, sistemática, de outras mídias no âmbito escolar.

Uma das possíveis continuidades deste trabalho foi descortinada num rápido ensaio com professores de física da escola pública onde leciono. Neste ensaio, seguido de uma entrevista semi-estruturada, três professores fizeram uma leitura crítica de um dos artigos analisados, onde utilizei o apoio metodológico dos *momentos pedagógicos*.

Mesmo que despretensiosamente, este ensaio indicou possibilidades do texto de divulgação científica orientar, com rigor científico, o trabalho de formação (inicial ou continuada) de professores de física, objetivando tratar assuntos de FMC no ensino médio, articulados a um programa escolar previamente definido.

Neste trabalho não procurei encontrar a resposta de como renovar o ensino de física utilizando o material de divulgação científica, ao contrário, acredito que as argumentações desenvolvidas aqui servirão como subsídio para que outras formas de abordagens sejam pesquisadas e divulgadas no sentido de auxiliar o professor de física do ensino médio na tarefa de transformar a sua atuação docente no espaço escolar.

**BIBLIOGRAFIA**

- ALMEIDA, A. M. O. "Caos na Mecânica Quântica". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.14 n.80 1992.
- ALMEIDA, G. "Ciência para todos". Em: *Ciência e Cultura*, 36(9):1576-1577, 1984.
- ALMEIDA, M. J. P. M. "O texto escrito na educação em física: enfoque na divulgação científica". Em: *Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência*. Campinas, Mercado das Letras (Coleção Leituras no Brasil), 1998.
- ALMEIDA, M. J. P. M. e SILVA, H. C. "O funcionamento de textos de divulgação científica: Gravitação no ensino médio". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- ALVES FILHO, J.P. "A transposição didática e a atividade experimental". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- ALVETTI, M.A.S e DELIZOICOV, D. "Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a revista *Ciência Hoje*". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- ANGOTTI, A. P. "Conceitos unificadores e ensino de física". Em: *Revista Brasileira de Ensino de Física*. São Paulo, vol. 15 n.1 a 4, 1993.
- ANGOTTI, A. P. *Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1991.
- ARONS, A. *A Guide to Introductory Physics Teaching*. New York/USA, John Wiley, 1990.
- ARRUDA, S. M. e VILLANI A. "A inserção da Física Moderna no Segundo Grau: problemas e perspectivas". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- ASTOLFI, J.P. e DEVELAY, M. *Didática das Ciências*. Campinas, Papirus, 1995.
- AULER, D. *A interdependência conteúdo-contexto-método no ensino de*

- Física:um exemplo na Física Térmica*. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 1995.
- AUTH, M.A. *Buscando superar a fragmentação no ensino de Física:uma experiência com professores*. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 1996.
- BACHELARD, G. *O novo espírito científico*. São Paulo: Abril Cultural, 1978. Coleção Os Pensadores, original francês, 1934.
- BALSEIRO , C. e CRUZ, F. "Supercondutividade". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.9 n.49, 1988.
- BARDIN, I. *Análise de conteúdo*. Lisboa, Edições 70, 1994.
- BECKER, F. *A epistemologia do professor*. Petrópolis: Vozes, 1993.
- BERTULANI, C. A. "A matéria superaquecida-supercomprimida". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.8 n.46 1988.
- BOHM, D. A. *Totalidade e a ordem implicada*. São Paulo: Cultrix, 1992.
- BORGES, R. M. R. *A natureza do conhecimento científico e a educação em ciências*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1991.
- BRAGA, G.M. "Informação, Ciência e Política Científica:o pensamento de Derek de Solla Price".Em:*Ciência da Informação*.Brasília, 3(2):155-157, 1974.
- BROWN, H. "A estranha natureza da realidade quântica". Em: *Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.2 n.7, 1983.
- BUENO, W.C. "Jornalismo científico : conceitos e funções". Em:*Ciência e Cultura*, 37(9):1420-1427, 1985.
- CAMARGO, A . J. *A introdução da Física Moderna no 2º grau: obstáculos e possibilidades*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1996.
- CARVALHO , A. M P e GIL-PÉREZ, D. *Formação de Professores de Ciências:tendências e inovações*.São Paulo, Cortez, 1995.
- CARVALHO, R.B. "50 anos em defesa da ciência no Brasil". Em: *Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.24 n.140, 1998.

- CARVALHO, R.B. e ESTRADA, M.I.D. "A mudança de rumo das ciências biológicas". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.24 n.140, 1998.
- CASTILHO, N. *A Divulgação Científica na Educação Escolar*. Florianópolis, 1997 (mimeo).
- COSTA, I. / SANTOS, M. S. A. "FMC na Escola Média: uma estratégia de mudança na prática docente". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- DAL PIAN, M.C. *The Characterization of Communal Knowledge: Case Studies in Knowledge relevant to Science and Schooling*. Ph.D. Thesis. Londres: University of London, 1990.
- DAVIES, B. "Physics like you've never had before". Em: *Physics Education*. Bristol/UK, IOP, vol. 32 n.6, 1997.
- DELIZOICOV, D. / ANGOTTI, J. A. P. *Física*. São Paulo: Cortez, 1992.
- DELIZOICOV, D. *Conhecimento, tensões e transições*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1991.
- DELIZOICOV, D. *Formação inicial do professor de física*. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1995, mimeo.
- DELIZOICOV, N. *O professor de ciências naturais e o livro didático*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1995.
- EPSTEIN, I. "Os possíveis efeitos negativos devido à publicação prematura de notícia inesperada ou 'novidade' na divulgação científica em medicina". Em: *Comunicação e Sociedade*, n. 27, 21-39, 1997.
- FIELD, R. J. "Physics 2000: a personal view". Em: *Physics Education*. Bristol/UK, IOP, vol. 32 n.2, 1997.
- FISCHLER, H. e LICHTFELDT, M. "Learning Quantum Mechanics" Em: *R. Duit, F. Golberg and H. Niedderer (eds). Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies. (Proceedings of an International Workshop-University of Bremen/1991, 240-*

258).Kiel/GER:Institute of Science Education, 1992a.

FISCHLER, H. e LICHTFELDT, M. "Modern Physics and Students Conceptions". Em: *International Journal of Science Education*.London/UK, vol. 14 n. 2, 1992b.

FLECK, L. *La Génesis y Desarrollo de um Hecho Científico*.Madrid, Alianza Editorial, 1986.

FREIRE, P. *Pedagogia do Oprimido*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

FREIRE, P.*Educação e mudança*.Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.

FREIRE-MAIA, A."A imprensa e a divulgação científica". Em:*Ciência e Cultura*,42(3/4):211-212; 1990.

GARCIA MOLINA, R. e ABRIL, I. "Una Introducción a la Literatura Científica". Em: *Enseñanza de las Ciências*. Barcelona/Valencia/ESP, UAB/UV, vol. 15 n. 1, 1997.

GEPECISC(Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências Naturais-SC). *Banco de Dados de Fontes Bibliográficas para o Ensino de Ciências*.Programa de Pós-Graduação em Educação da UFSC, Florianópolis, 1996.

GIL-PÉREZ, D; SENENT, F. e SOLBES, J. "The Introduction of Modern Physics: Overcoming a Deformed Vision of Science".Em: *Internacional Journal of Science Education*. London/UK, vol.15 n.3, 1993.

GIL-PÉREZ, D; SENENT, F. e SOLBES, J."Análisis crítico de la introduccion de la Física Moderna en la enseñanza média".Em:*Revista de Enseñanza de la Física*.Rosário/ARG, APFA, vol. 2 n. 1, 1988.

GIROUX, H. *Teoria crítica e resistência em educação*. Petrópolis: Vozes, 1986.

GOMES, P. R.S., MORAES, S. B., SANTOS, M. S., COSTA, I e ALMEIDA, L. "Aplicação de Espectroscopia y no Ensino de Física Moderna". Em: *Revista Brasileira de Ensino de Física*.São Paulo, RBEF, vol. 18 n. 4, 1996.

- GRANDO, N. I. *Transposição Didática na Educação Matemática*. Florianópolis, 1995(mimeo).
- GUIMARÃES FILHO, A.P. "A Pré-História Hoje". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.14 n.82, 1992.
- HERNÁNDEZ-CAÑADAS, P.L. *Os periódicos "Ciência Hoje" e "Ciência e Cultura" e a divulgação da ciência no Brasil*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, ECO/UFRJ, 1987.
- HIRATA, G.R.C. *Do texto Científico ao texto de Divulgação: um estudo quantitativo exploratório*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, ECO/UFRJ, 1994.
- HOSOUME, Y. et al. "A Física na reforma do ensino médio". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- IFUSP(Instituto de Física da Universidade de São Paulo). *Ensino de Física no Brasil: Catálogo analítico de dissertações e teses(1972-1992)*. Projeto USP/BID "Formação de Professores de Ciências". São Paulo, 1992.
- IFUSP(Instituto de Física da Universidade de São Paulo). *Ensino de Física no Brasil: Catálogo analítico de dissertações e teses(1992-1995)*. Projeto "Documentação e Assessoria em Ensino de Física"; IFUSP, 1996.
- KAWAMURA, M. R. D. e SALÉM, S. "Dimensões da divulgação científica e sua inserção no conteúdo curricular de Física". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- KAWAMURA, M. R. D. *Linguagens e Novas Tecnologias*. Em: *Linguagens, Leituras e Ensino da Ciência*. Campinas, Mercado das Letras (Coleção Leituras no Brasil), 1998.
- KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1975; original inglês, 1962.
- LAWRENCE, I. "Quantum physics in school". Em: *Em: Physics Education*. Bristol/UK, IOP, vol. 32 n.5, 1997.
- LEWENSTEIN, B.V. "O que o público deve saber sobre Ciência?"

- Em: *Jornalismo Científico* (V Congresso Brasileiro de Jornalismo Científico), 1996.
- LI, G. "National physics syllabi of secondary schools in China". Em: *Physics Education*. Bristol/UK, IOP, vol. 32 n.5, 1997.
- LOPES, J.L. "O Brasil na caça ao quark top". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.19 n.113, 1995.
- LUZ, A. M. R. e ÁLVARES, B. A. *Curso de Física*. São Paulo, editora Harbra, 3ª edição, 1993.
- MASSARANI, L. . *A Divulgação Científica: A Experiência da Revista Ciência Hoje e da Revista Ciência Hoje para Crianças*. Palestra proferida durante o 8º Programa de Formação Pedagógica para Docentes da UFSC. Florianópolis, 1997.
- MASSARANI, L. A. *A divulgação científica no Rio de Janeiro: Algumas reflexões sobre a década de 20*. Dissertação de Mestrado. Rio de Janeiro, IBICT/ECA/UFRJ, 1998.
- MATSUURA, O. T. "Como nascem os cometas". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.17 n.101, 1994.
- MELLO, J.M. *Gêneros opinativos no jornalismo brasileiro*. Tese de Livre-Docência. São Paulo, ECA/USP, 1983.
- MELLO, J.M. *Impasses do Jornalismo Científico*. Em: *Comunicação e Sociedade*. São Paulo, Cortez Editora, 4(7):19-24, 1982.
- MENEZES, L. C. e HOSOUME, Y. "Para lidar com o mundo real, a física escolar também precisa ser quântica". Em: *Programas e Resumos do XII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. Belo Horizonte, Sociedade Brasileira de Física (SBF), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 1997.
- MOREIRA, I. C. "Metamorfoses da física nos anos 40". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.24 n.140, 1998.
- MOREIRA, I.C. "Os primórdios do caos determinístico". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.14 n.80, 1992.
- OLIVEIRA, R.J..."A crítica ao verbalismo e ao experimentalismo no

- ensino de química e física". Em: *Química Nova*. São Paulo, vol 15 n. 1, 1992.
- OSTERMANN, F e MOREIRA, M. A. "Tópicos de Física Contemporânea na Escola Média Brasileira: Um Estudo com a Técnica Delphi". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.
- OSTERMANN, F. FERREIRA, L. M. e CAVALCANTI, C. J. H. *Supercondutividade: Uma proposta de inserção no ensino médio*. Porto Alegre, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Textos de apoio ao Professor de Física, n 8, 1998.
- PASQUALI, A. *Comprender la comunicación*. Caracas, Monte Avila Editora, 1979.
- PERNAMBUCO, M. M. *Educação e Escola como Movimento*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.
- PERRELLI, M. A. S. *A Transposição Didática no Campo da Indústria Cultural: um estudo dos condicionantes dos conteúdos de ciências nos livros didáticos*. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), 1996.
- PETRUCCI, V.L. *A Democratização do Conhecimento Científico e Tecnológico-Considerações*. São Paulo, CPCT, 1989. (mimeo)
- PIERSON, A. H. C. *O cotidiano e a busca de sentido para o ensino de física*. Tese de Doutorado. São Paulo, Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1997.
- PIMENTA, S. G. / GONÇALVES, C. L. *Revendo o ensino de segundo grau: propondo a formação de professores*. São Paulo: Cortez, 1990.
- PIRES, F.B. e VACCARI, F. "Alta Tensão por um fio". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.4 n.23, 1986.
- PONTUSCHKA, N. (Org.) *Ousadia no diálogo: interdisciplinaridade na escola pública*. São Paulo: Loyola, 1993.
- QUEIROZ, S.L.A. "O que avalanches de grãos de arroz podem revelar

- aos físicos". Em: *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro, SBPC, vol.21 n.124 1996.
- RECAMI, E. , FRACASTORO-DECKER, M. e RODRIGUES JR., A. "Táquions". Em: *Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.5 n.26, 1986.
- REIS, J. "Responsabilidade de cientistas e jornalistas científicos". Em: *Ciência e Cultura*, 26(7), 657-661, 1974.
- REIS, J."Ciência e Jornalismo". Em: *Ciência e Cultura*, 24(2):130-140, 1972.
- RELAEF(Reunião Latino-Americana de Educação em Física).Atas do V RELAEF. Gramado, 1992.
- SALÉM, S. e KAWAMURA, M. R. D. *Banco de Dados Enfis*. São Paulo, IFUSP, 1996a.
- SALÉM, S. e KAWAMURA, M. R. D. *Banco de Dados Fisbit*. São Paulo, IFUSP, 1996b.
- SALÉM, S. e KAWAMURA, M. R. D. *O texto de divulgação e o texto didático: conhecimentos diferentes?*São Paulo, IFUSP, 1996c (mimeo).
- SANTOS, M. S. , ALMEIDA, L. C. e COSTA, I. *Abordagens de Física Moderna e Contemporânea no 2º grau: Por que? Como?*Niterói, Instituto de Física. UFF/CAPES/FAPERJ, 1996.
- SBF(Sociedade Brasileira de Física)."Número Especial de Mecânica Quântica". Em: *Revista Brasileira de Ensino de Física*.São Paulo, vol. 19 n.1, 1997.
- SBPC(Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência). *Ciência Hoje*..Rio de Janeiro, vol.24 n.140, 1998.
- SBPC(Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência). *Ciência Hoje*..Rio de Janeiro, vol.1 n.1, 1982.
- SINPRO (Sindicato dos Professores do Distrito Federal). *Cadernos da Escola Pública*. Distrito Federal, 1998.
- SISTERNA, P. et alii. "Constantes, eclipses, nêutrons e conchas". Em:

*Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.14 n.82, 1992.

SNYDERS, G. A. *Alegria na Escola*. São Paulo: Manole, 1988.

SNYDERS, G. A. *Alunos felizes: reflexão sobre a alegria na escola a partir de textos literários*. Rio de Janeiro, Paz e Terra, 1993.

SOUSA, G. G. , PEREIRA FILHO, J.P. e LEAL, M. C. *Revista Científica e aprendizagem lúdica em sala de aula*. Rio de Janeiro, s/d(mimeo).

STRIEDER, D. M. / TERRAZAN, E. A. "Atualização curricular e ensino de física na escola média". Em: *Resumos do VI EPEF*. Florianópolis, 1998.

SUN, L.T e LAU, K. S. "Sixth-form physics in Hong Kong". Em:*Physics Education*.Bristol/UK, IOP, vol. 31 n.3, 1996.

SZKLO, F. e IVANISSEVICH, A. "Sérgio Henrique Ferreira(Entrevista).SBPC:guerra em tempo de paz".Em: *Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.24 n.140, 1998.

TERRAZAN A. "Física Moderna e Contemporânea no Segundo Grau". Em: *Abordagens de Física Moderna e Contemporânea no 2º grau: Por quê? Como?* Niterói: Instituto de Física, UFF/CAPES/FAPERJ, 1996.

TERRAZAN A. *Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.

TERRY, L. A. "Nas malhas da energia". Em: *Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.4 n.23, 1986.

TRIVIÑOS, A. N. S. *Introdução à pesquisa em Ciências Sociais: A pesquisa qualitativa em educação*. São Paulo, Ed. Atlas, 1995.

VIDEIRA, A.A.P. "1940/1950:A Oficialização da Big Science. Em: *Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.24 n.140, 1998.

WEINGRILL, C. , MARMORI, M. , MUNIZ, M. , COSTA, V. R. "Ciência Hoje faz 10 anos". Em: *Ciência Hoje*.Rio de Janeiro, SBPC, vol.14 n.82, 1992.

ZANETIC, J. "Literatura e Cultura Científica". Em: *Linguagens, Leituras e*

*Ensino da Ciência*. Campinas, Mercado das Letras(Coleção Leituras no Brasil), 1998.

ZANETIC, J. *Física também é cultura*. Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1989.

ZIMAN, J. *Conhecimento Público*. São Paulo, Ed. USP(Coleção o Homem e a Ciência;V.8), 1979.

**ANEXO I**

**Artigos analisados no estudo piloto:**

(Estes artigos foram formatados pelo Banco de Dados, portanto podem apresentar erros de acentuação)

1-AUTOR: CONTINENTINO, Mucio Amado

TITULO: Vidros de spin: novos desafios do magnetismo

PUBLICACAO:3(17): 72-80(\*)

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, mar/abr/1985

2-AUTOR: MUNIZ, Ramiro;

LOBO, Roberto

TITULO: Radiação de sincrotron

PUBLICACAO: 2(11): 38-43

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, mar/abr/1984

3-AUTOR: LUNAZZI, Jose Joaquim

TITULO:Holografia- A luz congelada

PUBLICACAO: 3(16): 36-45

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, jan/fev/1985

4-AUTOR: TOFFOLI, Luiz Carlos;

ALENCAR, Dacio Figueiredo de;

MELLO, Marcio Rocha

TITULO: A energia do gas

PUBLICACAO: 3(15): 62-8

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, nov/dez/1984

5-AUTOR: MARQUES, Gil da Costa

TITULO: O inicio e o fim

PUBLICACAO: 6(33): 32-40

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, jul/1987

6-AUTOR: KIRCHHOFF, Volker W J H; MOTTA, Adauto G; AZAMBUJA, Sidney O

TÍTULO: Camada de ozonio: um filtro ameaçado

PUBLICAÇÃO: , 5(28): 29-33

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, jan/fev/1987

7-AUTOR: NOVELLO, Mario

TÍTULO: Novas teorias do cosmos

PUBLICAÇÃO: , 1(3): 54-9

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, nov/dez/1982.

8-AUTOR: CLARO, Francisco

TÍTULO: O efeito Hall quantico

PUBLICAÇÃO: , 6(31): 36-42

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, maio/1987

9-AUTOR: PACHECO, J Antonio de Freitas

TÍTULO: Vento solar e ventos estelares

PUBLICAÇÃO: , 1(1): 54-7

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, jul/ago/1982.

10-AUTOR: PICAZZIO, Enos

TÍTULO: Meteoritos

PUBLICAÇÃO: , 4(22): 68-72

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, jan/fev/1986.

11-AUTOR: BROWN, Harvey

TÍTULO: A estranha natureza da realidade quântica

PUBLICAÇÃO: , 2(7): 24-32

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, jul/ago/1983

12-AUTOR: TERRY, Leslie Afranio et al

TÍTULO: Nas malhas da energia

PUBLICAÇÃO: , 4(23): 40-6

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, mar/abr/1986

13-AUTOR: SILVA, Lício da

TÍTULO: Inverno nuclear: e o Brasil?

PUBLICAÇÃO: , 5(30): 54-62

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, abr/1987.

14-AUTOR: ARAUJO, Cid B de;

LEITE, Jose R Rios

TÍTULO: Luz e matéria: as surpresas da interação

PUBLICAÇÃO: , 5(27): 38-42

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, nov/dez/1986

15-AUTOR: DESTRO, Marcelo G; RODRIGUES, Nicolau A S; RIVA, Rudimar; SCHWAB, Carlos

TÍTULO: Separando isótopos com lasers

PUBLICAÇÃO: , 20(117) : 22-7

LOCAL/DATA: Rio de Janeiro, fev/1996

(\*Esta referência contém: volume(número)intervalo de páginas

**ANEXO II**

### Artigos levantados no Banco *Fisbit* :

-Esta relação foi retirada do próprio Banco, portanto não apresenta acentuação.  
-A referência da publicação segue o mesmo sistema do anexo I.

1.(Artigo)

AUTOR: ALMEIDA, Alfredo M Ozorio de  
TÍTULO: Caos na mecanica quantica?  
PUBLICAÇÃO: , 14(80): 48-55 Rio de Janeiro,  
mar/abr/1992

2.(Artigo)

AUTOR: ARAUJO, Cid B de;  
LEITE, Jose R Rios  
TÍTULO: Luz e materia: as surpresas da  
interação  
PUBLICAÇÃO: , 5(27): 38-42 Rio de Janeiro,  
nov/dez/1986

3.(Artigo)

AUTOR: BAGNATO, Vanderlei Salvador;  
ZILIO, Sergio C  
TÍTULO: Controlando atomos com luz  
PUBLICAÇÃO: , 9(53): 40-6 Rio de Janeiro,  
maio/1989

4.(Artigo)

AUTOR: BALSEIRO, Carlos;  
LA CRUZ, Francisco  
TÍTULO: Supercondutividade  
PUBLICAÇÃO: , 9(49): 26-35 Rio de Janeiro,  
dez/1988

5.(Artigo)

AUTOR: BARBIERI, Ronaldo Santos  
TÍTULO: Duplas imagens de quasares e lentes  
gravitacionais  
PUBLICAÇÃO: , 6(31): 18-9 Rio de Janeiro,  
maio/1987

6.(Artigo)

AUTOR: BARROS, Fernando de Souza  
TÍTULO: Luminescencia, da alquimia a epoca  
moderna  
PUBLICAÇÃO: , 1(2): 50-5 Rio de Janeiro,  
set/out/1982

7.(Artigo)

AUTOR: BERTULANI, Carlos A  
TÍTULO: A materia superaquecida e  
supercomprimida  
PUBLICAÇÃO: , 8(46): 48-54 Rio de Janeiro,  
set/1988

8.(Artigo)

AUTOR: BES, Daniel R  
TÍTULO: O xadrez nuclear: caminhos do  
desarmamento  
PUBLICAÇÃO: , 6(33): 21-4 Rio de Janeiro,  
jul/1987

9.(Artigo)

AUTOR: BROWN, Harvey  
TÍTULO: A estranha natureza da realidade  
quantica  
PUBLICAÇÃO: , 2(7): 24-32 Rio de Janeiro,  
jul/ago/1983

10.(Artigo)

AUTOR: BUONOMANO, Vincent; FARIAS,  
Ruy H A  
TÍTULO: Mecanica quantica: um desafio a  
intuição  
PUBLICAÇÃO: , 14(83): 17-26 Rio de Janeiro,  
ago/1992

11.(Artigo)

AUTOR: CARLEIAL, Aydano B  
TÍTULO: O Brasil no espaco cosmico  
PUBLICAÇÃO: , 14(84): 31-5 Rio de Janeiro,  
set/1992

12.(Artigo)

AUTOR: CARVALHO, Joaquim Francisco de  
TÍTULO: Lixo atomico: o que fazer?  
PUBLICAÇÃO: , 2(12): 18-24 Rio de Janeiro,  
maio/jun/1984

13.(Artigo)

AUTOR: CASTRO, Jose d'Albuquerque e  
TÍTULO: Vidros metalicos  
PUBLICAÇÃO: , 1(5): 24-8 Rio de Janeiro,  
mar/abr/1983

14.(Artigo)

AUTOR: CHAMBOULEYRON, Juan  
TÍTULO: Eletricidade solar  
PUBLICAÇÃO: , 9(54): 32-9 Rio de Janeiro,  
jun/1989

15.(Artigo)

AUTOR: CLARO, Francisco  
TÍTULO: O efeito Hall quantico  
PUBLICAÇÃO: , 6(31): 36-42 Rio de Janeiro,  
maio/1987

16.(Artigo)

AUTOR: CONTINENTINO, Mucio Amado  
TÍTULO: Vidros de spin: novos desafios do  
magnetismo  
PUBLICAÇÃO: , 3(17): 72-80 Rio de Janeiro,  
mar/abr/1985

17.(Artigo)

AUTOR: COUTINHO, Sergio  
TÍTULO: "Vidros" que imitam o cerebro  
PUBLICAÇÃO: , 14(80): 8-9 Rio de Janeiro,  
mar/abr/1992.

- 18.(Artigo)  
AUTOR: DAMINELI NETO, Augusto  
TÍTULO: Nascimento, vida e morte das estrelas  
PUBLICAÇÃO: , 1(2): 10-9 Rio de Janeiro, set/out/1982
- 19.(Artigo)  
AUTOR: DAVIDOVICH, Luiz  
TÍTULO: A busca dos computadores opticos  
PUBLICAÇÃO: 3(18): 12-4 Rio de Janeiro, maio/jun/1985
- 20.(Artigo)  
AUTOR: DAVIDOVICH, Luiz  
TÍTULO: Hologramas dinamicos e espelhos conjugados  
PUBLICAÇÃO: , 4(22): 16-8 Rio de Janeiro, jan/fev/1986
- 21.(Artigo)  
AUTOR: FIGUEIREDO NETO, Antonio Martins; TOURINHO, Francisco Augusto  
TÍTULO: Cristal liquido magnetico no Brasil  
PUBLICAÇÃO: , 13(77): 16-7 Rio de Janeiro, out/nov/1991
- 22.(Artigo)  
AUTOR: GLICK, Thomas F  
TÍTULO: Segredos do jovem Einstein  
PUBLICAÇÃO: , 11(66): 60-1 Rio de Janeiro, set/1990.
- 23.(Artigo)  
AUTOR: GOLDENBERG, Jose  
TÍTULO: O futuro da energia nuclear  
PUBLICAÇÃO: , 7(42): 34-42 Rio de Janeiro, maio/1988
- 24.(Artigo)  
AUTOR: GONZALEZ, Walter D et al  
TÍTULO: Auroras  
PUBLICAÇÃO: , 10(60): 26-31 Rio de Janeiro, dez/1989
- 25.(Artigo)  
AUTOR: GROSS, Bernhard  
TÍTULO: Tchernobyl, um ano depois: o que houve, afinal?  
PUBLICAÇÃO: , 6(32): 28-35 Rio de Janeiro, jun/1987.
- 26.(Artigo)  
AUTOR: HARWOOD, John H  
TÍTULO: O cata-agua: energia para pequenas comunidades  
PUBLICAÇÃO: , 2(10): 22-5 Rio de Janeiro, jan/fev/1984.
- 27.(Artigo)  
AUTOR: IVANISSEVICH, Alicia  
TÍTULO: Novas esperancas para a fusao nuclear  
PUBLICAÇÃO: , 9(49): 10 Rio de Janeiro, dez/1988
- 28.(Artigo)  
AUTOR: JANNUZZI, Gilberto de Martino  
TÍTULO: Conservação de energia, meio ambiente e desenvolvimento  
PUBLICAÇÃO: , 11(66): 16-22 Rio de Janeiro, set/1990.
- 29.(Artigo)  
AUTOR: KIRCHHOFF, Volker W J H; BROWELL, E V; FISHMAN, J  
TÍTULO: Ozonio "bom" versus ozonio "ruim": o caso das manchas na baixa atmosfera  
PUBLICAÇÃO: , 15(85): 58-62 Rio de Janeiro, out/1992
- 30.(Artigo)  
AUTOR: KIRCHHOFF, Volker W J H; MOTTA, Adauto G; AZAMBUJA, Sidney O  
TÍTULO: Camada de ozonio: um filtro ameaçado  
PUBLICAÇÃO: , 5(28): 29-33 Rio de Janeiro, jan/fev/1987
- 31.(Artigo)  
AUTOR: LERNER, Eugenio  
TÍTULO: Criogenia: quanto mais frio melhor  
PUBLICAÇÃO: , 3(13): 88-94 Rio de Janeiro, jul/ago/1984.
- 32.(Artigo)  
AUTOR: LUNAZZI, Jose Joaquim  
TÍTULO:Holografia- A luz congelada  
PUBLICAÇÃO: , 3(16): 36-45 Rio de Janeiro, jan/fev/1985.
- 33.(Artigo)  
AUTOR: MARQUES, Gil da Costa  
TÍTULO: O inicio e o fim  
PUBLICAÇÃO: , 6(33): 32-40 Rio de Janeiro, jul/1987.
- 34.(Artigo)  
AUTOR: MATSUURA, Oscar Toshiaki  
TÍTULO: A origem da lua  
PUBLICAÇÃO: , 5(25): 26-7 Rio de Janeiro, jul/ago/1986.
- 35.(Artigo)  
AUTOR: MATSUURA, Oscar Toshiaki  
TÍTULO: Bem-vindo, Halley!  
PUBLICAÇÃO: , 4(21): 32-48 Rio de Janeiro, nov/dez/1985.
- 36.(Artigo)  
AUTOR: MATSUURA, Oscar Toshiaki  
TÍTULO: Na rota do Halley  
PUBLICAÇÃO: , 4(22): 8-10 Rio de Janeiro, jan/fev/1986.
- 37.(Artigo)  
AUTOR: MELLO, Sylvio Ferraz de  
TÍTULO: Aneis Planetarios  
PUBLICAÇÃO: , 1(4): 16-26 Rio de Janeiro, jan/fev/1983.

- 38.(Artigo)  
 AUTOR: MIGNACO, Juan Alberto;  
 SHELLARD, Ronald Cintra  
 TÍTULO: Quarks, leptons, gluons, w, z... : a  
 materia indivisível  
 PUBLICAÇÃO: , 3(14): 42-9 Rio de Janeiro,  
 set/out/1984.
- 39.(Artigo)  
 AUTOR: MOREIRA, Ildeu de Castro  
 TÍTULO: Os primórdios do caos determinístico  
 PUBLICAÇÃO: , 14(80): 10-6 Rio de Janeiro,  
 mar/abr/1992.
- 40.(Artigo)  
 AUTOR: MOTTA, Arthur Moses Thompson;  
 OLIVEIRA, Luiz Fernando Seixas de  
 TÍTULO: Angra entra em operação - Um reator  
 nuclear pode explodir?  
 PUBLICAÇÃO: , 2(8): 58-62 Rio de Janeiro,  
 set/out/1983.
- 41.(Artigo)  
 AUTOR: MUNIZ, Ramiro; LOBO, Roberto  
 TÍTULO: Radiação de sincrotron  
 PUBLICAÇÃO: , 2(11): 38-43 Rio de Janeiro,  
 mar/abr/1984.
- 42.(Artigo)  
 AUTOR: NOVELLO, Mario  
 TÍTULO: Novas teorias do cosmos  
 PUBLICAÇÃO: , 1(3): 54-9 Rio de Janeiro,  
 nov/dez/1982.
- 43.(Artigo)  
 AUTOR: NUSSENZVEIG, H Moyses  
 TÍTULO: Caos no mundo atômico e subatômico  
 PUBLICAÇÃO: , 14(80): 6-8 Rio de Janeiro,  
 mar/abr/1992
- 44.(Artigo)  
 AUTOR: OLIVEIRA, Paulo Murilo Castro de  
 TÍTULO: Percolação  
 PUBLICAÇÃO: , 2(9): 17-25 Rio de Janeiro,  
 nov/dez/1983
- 45.(Artigo)  
 AUTOR: PACHECO, J Antonio de Freitas  
 TÍTULO: A matéria no universo  
 PUBLICAÇÃO: , 13(74): 8 Rio de Janeiro,  
 jul/1991.
- 46.(Artigo)  
 AUTOR: PACHECO, J Antonio de Freitas  
 TÍTULO: Estamos descobrindo efeitos  
 antigravitacionais?  
 PUBLICAÇÃO: , 3(15): 20-2 Rio de Janeiro,  
 nov/dez/1984.
- 47.(Artigo)  
 AUTOR: PACHECO, J Antonio de Freitas  
 TÍTULO: Vento solar e ventos estelares  
 PUBLICAÇÃO: , 1(1): 54-7 Rio de Janeiro,  
 jul/ago/1982.
- 48.(Artigo)  
 AUTOR: PACHECO, J Antonio de Freitas;  
 CODINA-LANDABERRY, S J  
 TÍTULO: Sistema planetário em Vega?  
 PUBLICAÇÃO: , 2(8): 12-3 Rio de Janeiro,  
 set/out/1983
- 49.(Artigo)  
 AUTOR: PACHECO, J Antonio de Freitas  
 TÍTULO: Halley: presença no céu por mais de 12  
 mil anos  
 PUBLICAÇÃO: , 5(25): 16-7 Rio de Janeiro,  
 jul/ago/1986.
- 50.(Artigo)  
 AUTOR: PANEPUCCI, Horacio et al  
 TÍTULO: Novas imagens do corpo: tomografia  
 do corpo  
 PUBLICAÇÃO: , 4(20): 46-56 Rio de Janeiro,  
 set/out/1985.
- 51.(Artigo)  
 AUTOR: PEREIRA, Enio Bueno  
 TÍTULO: A radioatividade atmosférica natural  
 PUBLICAÇÃO: , 14(81): 42-50 Rio de Janeiro,  
 maio/jun/1992
- 52.(Artigo)  
 AUTOR: PICAZZIO, Enos  
 TÍTULO: Meteoritos  
 PUBLICAÇÃO: , 4(22): 68-72 Rio de Janeiro,  
 jan/fev/1986.
- 53.(Artigo)  
 AUTOR: PINTO JUNIOR, Osmar;  
 GONZALEZ, Walter D  
 TÍTULO: Anomalia magnética brasileira  
 PUBLICAÇÃO: , 9(52): 30-5 Rio de Janeiro,  
 abr/1989.
- 54.(Artigo)  
 AUTOR: PINTO JUNIOR, Osmar;  
 GONZALEZ, Walter D; PINTO, Iara R Cardoso  
 de Almeida; MENDES JUNIOR, Odím  
 TÍTULO: O campo magnético dos planetas  
 PUBLICAÇÃO: , 14(79): 32-7 Rio de Janeiro,  
 jan/fev/1992.
- 55.(Artigo)  
 AUTOR: PINTO, Iara R Cardoso de Almeida;  
 PINTO JUNIOR, Osmar; GONZALEZ, Walter D  
 TÍTULO: A energia das tempestades  
 PUBLICAÇÃO: , 11(61): 39-44 Rio de Janeiro,  
 jan/fev/1990
- 56.(Artigo)  
 AUTOR: PIRES, Antonio Teixeira; COSTA,  
 Bismarck Vaz da  
 TÍTULO: A desordem inevitável  
 PUBLICAÇÃO: , 14(80): 34-9 Rio de Janeiro,  
 mar/abr/1992.

57.(Artigo)

AUTOR: PIRES, Flavio Braz; VACCARI, Francisco

TÍTULO: Alta tensao por um fio

PUBLICAÇÃO: , 4(23): 49-53 Rio de Janeiro, mar/abr/1986.

58.(Artigo)

AUTOR: PLEITEZ, Vicente

TÍTULO: Energia: controladora do universo

PUBLICAÇÃO: , 14(84): 6 Rio de Janeiro, set/1992

59.(Artigo)

AUTOR: POUPEAU, Gerard

TÍTULO: Missao Voyager: viagem a

Jupiter(Tradução de ROCHA,Marco Antonio Esteves da )

PUBLICAÇÃO: , 1(6): 46-52 Rio de Janeiro, maio/jun/1983

60.(Artigo)

AUTOR: RECAMI, Erasmo; FRACASTORO-DECKER, Maristella; RODRIGUES JUNIOR, Waldyr A

TÍTULO: Taquions

PUBLICAÇÃO: , 5(26): 48-59 Rio de Janeiro, set/out/1986

60.(Artigo)

AUTOR: REEVES, Hubert

TÍTULO: A grande explosao

PUBLICAÇÃO: , 8(47): 36-44 Rio de Janeiro, out/1988.

62.(Artigo)

AUTOR: REZENDE, Sergio M

TÍTULO: A danca dos spins

PUBLICAÇÃO: , 14(80): 28-32 Rio de Janeiro, mar/abr/1992.

63.(Artigo)

AUTOR: ROBILOTTA, Manoel Roberto;

COELHO, Helio Teixeira

TÍTULO: Forcas nucleares

PUBLICAÇÃO: , 11(63): 22-30 Rio de Janeiro, abr/maio/1990.

64.(Artigo)

AUTOR: RODRIGUES, Manoel Goncalves;

CHAGAS, Nilo Koscheck das

TÍTULO: Com gas, rumo ao futuro

PUBLICAÇÃO: , 15(85): 24-9 Rio de Janeiro, out/1992.

65.(Artigo)

AUTOR: ROSA, Luiz Pinguelli

TÍTULO: A seguranca de Angra I

PUBLICAÇÃO: , 9(53): 24-32 Rio de Janeiro, maio/1989

66.(Artigo)

AUTOR: SALINAS, Silvio R A

TÍTULO: Caos no espaco

PUBLICAÇÃO: , 4(22): 12 Rio de Janeiro, jan/fev/1986.

67.(Artigo)

AUTOR: SANTOS, Marcus B Lacerda

TÍTULO: Fase biaxial relanca interesse por cristais liquidos

PUBLICAÇÃO: , 5(25): 18-20 Rio de Janeiro, jul/ago/1986.

68.(Artigo)

AUTOR: SILVA, Licio da

TÍTULO: Inverno nuclear: e o Brasil?

PUBLICAÇÃO: , 5(30): 54-62 Rio de Janeiro, abr/1987.

69.(Artigo)

AUTOR: SIMON, David N

TÍTULO: Angra entra em operacão: caminhos e descaminhos da energia nuclear

PUBLICAÇÃO: , 2(8): 50-3 Rio de Janeiro, set/out/1983.

70.(Artigo)

AUTOR: SIMON, David N

TÍTULO: Angra entra em operacão: como funciona o reator de Angra

PUBLICAÇÃO: , 2(8): 54-7 Rio de Janeiro, set/out/1983

71.(Artigo)

AUTOR: SISTERNA, Pablo; VUCETICH, Hector

TÍTULO: Constantes, eclipses, neutrons e conchas(Tradução de DUQUE-DUQUE-ESTRADA, Maria Ignez )

PUBLICAÇÃO: , 14(82): 26-33 Rio de Janeiro, jul/1992

72.(Artigo)

AUTOR: SOARES, Ivano Damiao

TÍTULO: Formacão de galaxias: uma teoria em crise

PUBLICAÇÃO: , 13(75): 11-2 Rio de Janeiro, ago/1991

73.(Artigo)

AUTOR: TAMARIT, Francisco; CANNAS, Sergio; PENNA, Thadeu J P; OLIVEIRA, Paulo Murilo Castro de; TSALLIS, Constantino; RESENDE, Helio F V.

TÍTULO: O infinito em cores

PUBLICAÇÃO: , 14(80): 40-6 Rio de Janeiro, mar/abr/1992

74.(Artigo)

AUTOR: TERRY, Leslie Afranio et al

TÍTULO: Nas malhas da energia

PUBLICAÇÃO: , 4(23): 40-6 Rio de Janeiro, mar/abr/1986

75.(Artigo)

- AUTOR: TOFFOLI, Luiz Carlos; ALENCAR, Dacio Figueiredo de; MELLO, Marcio Rocha  
TÍTULO: A energia do gas  
PUBLICAÇÃO: , 3(15): 62-8 Rio de Janeiro, nov/dez/1984  
76.(Artigo)
- AUTOR: TORRES, Carlos Alberto P C Oliveira  
TÍTULO: Manchas estelares  
PUBLICAÇÃO: , 2(9): 42-50 Rio de Janeiro, nov/dez/1983  
77.(Artigo)
- AUTOR: TSUCHIDA, Masayoshi  
TÍTULO: Plutao, um planeta peculiar  
PUBLICAÇÃO: , 9(49): 14 Rio de Janeiro, dez/1988  
78.(Artigo)
- AUTOR: VALADARES, Eduardo de Campos; MOREIRA, Marcus Vinicius B; BEZERRA FILHO, Jose Carlos; DIAS, Ivan Frederico Lupiano  
TÍTULO: Super-redes: harmonia das bandas cristalinas  
PUBLICAÇÃO: , 6(35): 44-52 Rio de Janeiro, set/1987  
79.(Artigo)
- AUTOR: CHAVES, Carlos Mauricio G Ferreira  
TÍTULO: Fenômenos de agregação  
PUBLICAÇÃO: , 10(55): 26-32 Rio de Janeiro, jul/1989  
80.(Artigo)
- AUTOR: BAGNATO, Vanderlei Salvador  
TÍTULO: Os segredos do atomo  
PUBLICAÇÃO: , 10(60): 10-1 Rio de Janeiro, dez/1989  
81.(Artigo)
- AUTOR: SILVA, Cylon E T Goncalves da  
TÍTULO: Sincroton : a primeira luz  
PUBLICAÇÃO: , 11(62): 72 Rio de Janeiro, mar/1990  
82.(Artigo)
- AUTOR: BERTULANI, Carlos A  
TÍTULO: Nucleos exóticos: novas perspectivas em Fisica Nuclear  
PUBLICAÇÃO: , 11(65): 60-2 Rio de Janeiro, ago/1990  
83.(Artigo)
- AUTOR: FIELDER, Haide; MARTINS, Ayrtton Figueiredo; SOLARI, Jaime A  
TÍTULO: Meio ambiente e complexos carboeletricos: o caso candiota  
PUBLICAÇÃO: , 12(68): 38-45 Rio de Janeiro, nov/1990  
84.(Artigo)
- AUTOR: REZENDE, Sergio M; AZEVEDO, Antonio  
TÍTULO: É possível controlar o caos!  
PUBLICAÇÃO: , 12(71): 61 Rio de Janeiro, mar/1991  
85.(Artigo)
- AUTOR: PACHECO, J Antônio de Freitas (colab)  
TÍTULO: O Sol estará detectando ondas gravitacionais?  
PUBLICAÇÃO: , 2(10) : 15-6 Rio de Janeiro, jan/fev/1984  
86.(Artigo)
- AUTOR: SCHELLARD, Ronald; LEO, Sérgio  
TÍTULO: Novas particulas no horizonte da Física  
PUBLICAÇÃO: , 3(13) : 20-4 Rio de Janeiro, jul/ago/1984  
87.(Artigo)
- AUTOR: SILVA, Gerbas da Silva  
TÍTULO: Radioisótopos para medicina  
PUBLICAÇÃO: , 3(16) : 12-5 Rio de Janeiro, jan/fev/1985  
88.(Artigo)
- AUTOR: SILVA, Ruy Pepe da; NASCIMENTO, Ivan Cunha  
TÍTULO: Sonda sensível a íons  
PUBLICAÇÃO: , 4(24) : 10-1 Rio de Janeiro, maio/jun/1986  
89.(Artigo)(PENDÊNCIA)
- AUTOR: MN & HH  
TÍTULO: Qual a origem das galáxias?  
PUBLICAÇÃO: , 4(24) : 16-7 Rio de Janeiro, maio/jun/1986  
90.(Artigo)
- AUTOR: MARQUES, Gil da Costa; EBOLI, Oscar J P; SILVA, Ely  
TÍTULO: Origem dos raios cósmicos: finalmente uma pista  
PUBLICAÇÃO: , 4(24) :09 Rio de Janeiro, maio/jun/1986  
91.(Artigo)
- AUTOR: JABLONSKI, Francisco José; CAMPOS, Rodrigo Prates  
TÍTULO: A supernova em NGC5128  
PUBLICAÇÃO: , 5(26) : 12-4 Rio de Janeiro, set/out/1986  
92.(Artigo)
- AUTOR: ROSA, Luiz Pinguelli  
TÍTULO: Guerra nas estrelas?  
PUBLICAÇÃO: , 6(35) : 63-6 Rio de Janeiro, set/1987  
93.(Artigo)
- AUTOR: MATSUURA, Oscar Toshiaki  
TÍTULO: Grãos de matéria orgânica no cometa Wilson

- PUBLICAÇÃO:, 7(42): 18 Rio de Janeiro, maio/1988  
94.(Artigo)  
AUTOR: OPPER, Reuven  
TÍTULO: O anel impossível de Einstein  
PUBLICAÇÃO: , 8(47) : 12 Rio de Janeiro, out/1988  
95.(Artigo)  
AUTOR: GOLDENBERG, José  
TÍTULO: A conservação de energia  
PUBLICAÇÃO: , 13(73): 48-54 Rio de Janeiro, jun/1991  
96.(Artigo)  
AUTOR: FREIRE JÚNIOR, Olival  
TÍTULO: Bohm, Einstein e a ciência no Brasil(Tradução de BARROS, Fernando de Souza MOREIRA, Ildeu de Castro VIEIRA, Cassio Leite)  
PUBLICAÇÃO: , 15(90) : 44-7 Rio de Janeiro, maio/1993  
97.(Artigo)  
AUTOR: ESCOBAR, Carlos O  
TÍTULO: Revolução nas altas energias  
PUBLICAÇÃO: , 15(86): Rio de Janeiro, nov/dez/1992  
98.(Artigo)  
AUTOR: LEMOS, Jose P S  
TÍTULO: A origem do mundo  
PUBLICAÇÃO: , 15(88): 28-34 Rio de Janeiro, mar/1993  
99.(Artigo)  
AUTOR: DAVIDOVICH, Luiz  
TÍTULO: A luz sem ruído  
PUBLICAÇÃO: , 15(88): 4-6 Rio de Janeiro, mar/1993  
100.(Artigo)  
AUTOR: MOREIRA, Ildeu de Castro  
TÍTULO: De grau em grau... : comportamento da matéria na fórmula granular ainda e um desafio para os cientistas  
PUBLICAÇÃO: , 15(90): 6-7 Rio de Janeiro, maio/1993  
101.(Artigo)  
AUTOR: JANNUZZI, Gilberto de Martino  
TÍTULO: Uso eficiente de energia na iluminação  
PUBLICAÇÃO: , 15(90): 20-5 Rio de Janeiro, maio/1993  
102.(Artigo)  
AUTOR: LEAL, Alexandre Soares  
TÍTULO: A arte radiografada : o uso do raio-X abre perspectivas no estudo de obras de arte  
PUBLICAÇÃO: , 15(90): 50-1 Rio de Janeiro, maio/1993  
103.(Artigo)
- AUTOR: FLEMING, Henrique  
TÍTULO: A descoberta (rara) de um fenômeno novo  
PUBLICAÇÃO: , 16(96): 12-3 Rio de Janeiro, dez/1993  
104.(Artigo)  
AUTOR: MONSERRAT FILHO, Jose  
TÍTULO: De quem e a órbita geoestacionária?  
PUBLICAÇÃO: , 17(98): 63-4 Rio de Janeiro, mar/1994  
105.(Artigo)  
AUTOR: COSTA, Jorge  
TÍTULO: Tomadas ligadas no Sol  
PUBLICAÇÃO: , 17(98): 9 Rio de Janeiro, mar/1994  
106.(Artigo)  
AUTOR: MATSUURA, Oscar Toshiaki  
TÍTULO: Tempestades de poeira em Marte  
PUBLICAÇÃO: , 5(29): 17-8 Rio de Janeiro, mar/1987  
107.(Artigo)  
AUTOR: OLIVEIRA, Adilson de  
TÍTULO: Energia & Sociedade  
PUBLICAÇÃO: , 5(29): 30-8 Rio de Janeiro, mar/1987  
108.(Artigo)  
AUTOR: KIRCHHOFF, Volker W J H;  
SCHUCH, N J; HILSEN RATH, E.  
TÍTULO: Buraco de ozônio: novidades no sul  
PUBLICAÇÃO: , 17(99):6-7 Rio de Janeiro, /abr/1994  
109.(Artigo)  
AUTOR: RIVEROS, Jose M.  
TÍTULO: Química com fótons  
PUBLICAÇÃO: , 17(99):8-9 Rio de Janeiro, abr/1994  
110.(Artigo)  
AUTOR: ROSSI, Alexandre Malta; JESUS, Edgard Francisco de Oliveira de  
TÍTULO: A radiação que conserva  
PUBLICAÇÃO: , 17(100):24-9 Rio de Janeiro, jun/1994  
111.(Artigo)  
AUTOR: MATSUURA, Oscar Toshiaki  
TÍTULO: Como nascem os cometas  
PUBLICAÇÃO: , 17(101):8-11 Rio de Janeiro, jul/1994  
112.(Artigo)  
AUTOR: BAGNATO, Vanderlei Salvador;  
ARAUJO, Maria Tereza de; GUEDES, Ilde;  
MILORI, Debora M B Pereira; ZILIO, Sergio C.  
TÍTULO: Controle do átomo: passos em direção aos avanços do próximo século  
PUBLICAÇÃO: , 17(101):28-34 Rio de Janeiro,

- JUL/1994  
113.(Artigo)  
AUTOR: CARROLL, Thomas L.  
TÍTULO: Sincronizando o caos  
PUBLICAÇÃO: , 17(102):26-31 Rio de Janeiro, AGO/1994
- 114.(Artigo)  
AUTOR: LEMOS, Jose P S  
TÍTULO: O destino das estrelas  
PUBLICAÇÃO: , 17 (97) : 42-53 Rio de Janeiro, fev/1994
- 115.(Artigo)  
AUTOR: CHISHOLM, Malcolm H; PUTILINA, Elena F  
TÍTULO: Cristais líquidos - organometalicos(Tradução de BERALDO, Heloisa O. - Dep. de Quimica - UFMG)  
PUBLICAÇÃO: , 18 (104) :32-7 Rio de Janeiro, out/1994
- 116.(Artigo)(PENDÊNCIA)  
AUTOR:PELLEGRINI, P. e COSTA, L.N.  
TÍTULO: Grande muralha no céu do sul  
PUBLICAÇÃO: , 18 (107): 14-6 Rio de Janeiro, mar/1995
- 117.(Artigo)  
AUTOR: SANTOS, Claudia B dos; PASSOS, Afonso Dinis Costa; SILVA, Marco Antonio A da; CALIRI, Antonio  
TÍTULO: Epidemia: uma questão para a física?  
PUBLICAÇÃO: , 18 (108) : 44-51 Rio de Janeiro, abr/1995
- 118.(Artigo)  
AUTOR: BERTULANI, Carlos A  
TÍTULO: Neutrinos Solares  
PUBLICAÇÃO: , 18 (108) : 52-64 Rio de Janeiro, abr/1995
- 119.(Artigo)  
AUTOR: VIEIRA, Cassio Leite  
TÍTULO: Mais um pedacinho de matéria  
PUBLICAÇÃO: , 8(46) : 17 Rio de Janeiro, mar/1995
- 120.(Artigo)  
AUTOR: LASKAR, Jacques  
TÍTULO: A Lua e a origem do homem(Tradução de DUQUE-ESTRADA, Maria Ignes Duque)  
PUBLICAÇÃO: , 19(109) :14-22 Rio de Janeiro, maio de 1995
- 121.(Artigo)  
AUTOR: FERRAZ-MELLO, Sylvio  
TÍTULO: Caos, planetas e planetóides  
PUBLICAÇÃO: , 19(109) :23-5 Rio de Janeiro, maio de 1995
- 122.(Artigo)  
AUTOR: MANSO, Carlos Alberto  
TÍTULO: Água em interiores planetários  
PUBLICAÇÃO: , 19(110) : 10-1 Rio de Janeiro, jun/1995
- 123.(Artigo)  
AUTOR: ALBERICI, Rosana M; NOGUEIRA, Raquel F P; JARDIM, Wilson de Figueiredo  
TÍTULO: Energia solar no combate à poluição  
PUBLICAÇÃO: , 19 (110) :4-7 Rio de Janeiro, jun/1995
- 124.(Artigo)  
AUTOR: BAGNATO, Vanderlei Salvador  
TÍTULO: A condensação de Bose-Einstein  
PUBLICAÇÃO: , 19 (111) : 10-1 Rio de Janeiro, jul/1995
- 125.(Artigo)  
AUTOR: VIZENTINI, Paulo G Fagundes  
TÍTULO: As razões de Hiroshima e Nagasaki  
PUBLICAÇÃO: , 19 (111) : 40-3 Rio de Janeiro, jul/1995
- 126.(Artigo)  
AUTOR: ALVES, Gilvan Augusto; SANTORO, Alberto; GOMES E SOUZA, Moacyr Henrique  
TÍTULO: Do elétron ao Quark Top - Como ver uma partícula elementar  
PUBLICAÇÃO: , 19(113): 34-42 Rio de Janeiro, set/1995
- 127.(Artigo)  
AUTOR: LOPES, Jose Leite  
TÍTULO: O Brasil na caça ao quark top  
PUBLICAÇÃO: , 19(113): 43-4 Rio de Janeiro, set/1995
- 128.(Artigo)  
AUTOR: SANTOS, Carlos Alberto dos  
TÍTULO: Raios X - descoberta casual ou criterioso experimento?  
PUBLICAÇÃO: , 19 (114) : 26-35 Rio de Janeiro, out/1995
- 129.(Artigo)  
AUTOR: BARBUY, Beatriz  
TÍTULO: Que idade tem o bojo de nossa galáxia?  
PUBLICAÇÃO: , 20 (115) : 10-2 Rio de Janeiro, nov/1995
- 130.(Artigo)  
AUTOR: EISENSTAEDT, Jean; VIDEIRA, Antonio Augusto Passos  
TÍTULO: A prova cearense das teorias de Einstein ou como a cidade de Sobral entrou para a história da ciência  
PUBLICAÇÃO: , 20 (115) :24-33 Rio de Janeiro, nov/1995
- 131.(Artigo)  
AUTOR: DESTRO, Marcelo G; RODRIGUES, Nicolau A S; RIVA, Rudimar; SCHWAB, Carlos

TÍTULO: Separando isotopos com lasers  
PUBLICAÇÃO: , 20(117) : 22-7 Rio de Janeiro,  
fev/1996

132.(Artigo)

AUTOR: KRAAN-KORTEWEG, Renee C

TÍTULO: Ha uma galaxia gigante a nossa  
porta(Tradução de DUQUE-ESTRADA, Maria  
Ignez Duque, com revisão tecnica de Ronald  
Shellard)

PUBLICAÇÃO: , 20(117) : 44-7 Rio de Janeiro,  
fev/1996

133.(Artigo)

TÍTULO: Detector de raios cosmicos ficara nos  
Andes

PUBLICAÇÃO: , 20(117) : 57-8 Rio de Janeiro,  
fev/1996

134.(Artigo)

AUTOR: MORAES, Cesar Amorim de;  
SANCHES, Rosemary

TÍTULO: Um jeito de 'ouvir' as cores da natureza

PUBLICAÇÃO: , 20 (115) : 6-9 Rio de Janeiro,  
nov/1995

135.(Artigo)

AUTOR: DORIA, Mauro M

TÍTULO: A curiosa 'anatomia' dos  
supercondutores

PUBLICAÇÃO: , 21(122) : 6-8 Rio de Janeiro,  
jul/1996

136.(Artigo)

TÍTULO: O mundo do infinitamente pequeno nas  
reacoes quimicas(Tradução de DUQUE-

DUQUE-ESTRADA, Maria Ignez)

PUBLICAÇÃO: , 21 (122) : 52-8 Rio de Janeiro,  
jul/1996

137.(Artigo)

AUTOR: VAUCLAIR, Sylvie

TÍTULO: Do Big-Bang as estrelas: a genese da  
materia(Tradução de DUQUE-DUQUE-

ESTRADA, Maria Ignez)

PUBLICAÇÃO: , 21(121) :14-8 Rio de Janeiro,  
jun/1996

138.(Artigo)

AUTOR: CRESTANA, Silvio; CRUVINEL,  
Paulo Estevao

TÍTULO: Tomografia do hospital a lavoura

PUBLICAÇÃO: , 21(121) :20-4 Rio de Janeiro,  
JUN/1996

139.(Artigo)

AUTOR: PLASTINO, Angel R

TÍTULO: Nova teoria ajuda a explicar  
distribuicoes de Levy

PUBLICAÇÃO: , 21(123) :24-5 Rio de Janeiro,  
ago/1996

140.(Artigo)

AUTOR: QUEIROZ, Sergio L.A.

TÍTULO: O que avalanches de graos de arroz  
podem revelar aos fisicos?

PUBLICAÇÃO: , 21(124) :6-8 Rio de Janeiro,  
out/1996

141.(Artigo)

AUTOR: TOLMASQUIM, Alfredo Tiomno;  
MOREIRA, Ildeu de Castro

TÍTULO: Um manuscrito de Einstein no Brasil

PUBLICAÇÃO: , 21(124) :22-9 Rio de Janeiro,  
out/1996

142.(Artigo)

AUTOR: SHELLARD, Ronald Cintra; VIEIRA,  
Cassio Leite

TÍTULO: James W.Cronin: o enigma das  
microparticulas com macroenergia

PUBLICAÇÃO: , 21(124) :30-4 Rio de Janeiro,  
out/1996

143.(Artigo)

AUTOR: CARNEIRO, Gilson

TÍTULO: Nobel de Fisica - abrindo nova area de  
pesquisa

PUBLICAÇÃO: , 21(125): 9-11 Rio de Janeiro,  
dez/1996

144.(Artigo)

AUTOR: WINTER, Othon

TÍTULO: Netuno - 150 anos de historia e ciencia

PUBLICAÇÃO: , 21(125): 38-47 Rio de Janeiro,  
dez/1996

**ANEXO III**



**ANEXO IV**

## ARTIGOS DA AMOSTRA AMPLIADA

nº	VOL(N.):PG	ANO	AUTOR	TÍTULO
1*	1(1):54-7	82	PACHECO, J. A. F.	Vento Solar e Ventos Solares
2*	1(2):10-9	82	DAMINELLI, A.	Nascimento, vida e morte das estrelas
3*	1(2):50-5	82	BARROS, F.S.	Luminescência, da Alquimia à era moderna
4*	1(3):54-9	82	NOVELLO, M.	Novas teorias do cosmo
5*	1(4):16-26	83	MELLO, S.F.	Anéis Planetários
6*	1(6):46-52	83	POUPEAU, G.	Missão Voyager: Viagem à Júpiter
7*	2(7):24-32	83	BROWN, H.	A estranha natureza da realidade quântica
8*	2(8):50-3	83	SIMON, D.	Caminhos e descaminhos da energia nuclear
9*	2(8):54-7	83	SIMON, D.	Como funciona o reator de Angra
10*	2(8):58-62	83	MOTTA, A.M.T. et alii	Um reator nuclear pode explodir?
11	2(9):17-25	83	OLIVEIRA, P.M.C	Uma teoria matemática descreve as mudanças de fase: o exemplo da Percolação
12*	2(9):42-50	83	TORRES, C.A.P.C.O	Manchas estelares
13*	2(10):15-6	84	PACHECO, J.A.F	O sol estará detectando ondas gravitacionais?
14*	2(10):22-5	84	HARWOOD, J. H.	O Cata-Água
15*	2(11):38-43	84	MUNIZ, R. et alii	Radiação de Síncrotron
16*	2(12):18-24	84	CARVALHO, J.F.	Lixo Atômico: O que fazer?
17*	3(13):88-94	84	LERNER, E.	Criogenia: Quanto mais frio melhor
18*	3(14):42-9	84	MIGNACO, J.A. et alii	A Matéria indivisível
19*	3(15):62-8	84	TOFFOLI, L.C.	A energia de um gás
20*	3(16):36-45	85	LUNAZZI, J.J.	Holografia-A luz congelada
21*	3(17):72-80	85	CONTINENTINO, M.	Vidros de spin: Novos desafios do magnetismo
22*	4(21):32-48	85	MATSUURA, O.T.	Bem-vindo Halley!
23*	4(22):12	86	SALINAS, S.R.A.	Caos no espaço
24*	4(22):16-8	86	DAVIDOVICH, L.	Hologramas dinâmicos e espelhos conjugados
25*	4(22):68-72	86	PICAZZIO, E.	Meteoritos
26*	4(22):8-10	86	MATSUURA, O.T.	Na rota do Halley
27	4(23):40-6	86	TERRY, L.A.	Nas malhas da energia
28	4(23):49-53	86	PIRES, F.B. et alii	Alta tensão por um fio
29*	5(25):16-7	86	PACHECO, J.A.F.	Halley; presença no céu por mais de 12 mil anos
30*	5(25):18-20	86	SANTOS, M.B.L.	Fase biaxial relança interesse por cristais líquidos
31*	5(25):26-7	86	CHALUB, et alii	A origem da lua
32*	5(26):12-4	86	JABLONSKI, F. et alii	A supernova em NGC 5128
33	5(26):48-59	86	RECAMI, E. et alii	Táquions
34	5(27):38-42	86	ARAÚJO, C.B. et alii	Luz e matéria: As surpresas da interação

35*	5(28):29-33	87	KIRCHHOFF, V. W. J. H.	Camada de ozônio:Um filtro ameaçado
36*	5(29):30-8	87	OLIVEIRA, A.	Energia e Sociedade
37*	5(30):54-62	87	SILVA, L.	Inverno Nuclear
38*	6(31):36-42	87	CLARO, F.	O efeito Hall Quântico
39*	6(33):21-4	87	BES, D.R.	O xadrez nuclear:caminho para o desarmamento
40*	6(33):32-40	87	MARQUES, G.C.	O início e o fim
41*	6(35):63-6	87	ROSA, L.P.	Guerra nas estrelas?
42	6(35):44-52	88	VALADARES, E.C. et alii	Harmonia das bandas cristalinas
43*	8(46):48-54	88	BERTULANI, C.A.	A matéria superaquecida supercomprimida
44	8(47):36-44	88	REEVES, H.	A grande explosão
45*	9(49):26-35	88	BALSEIRO, C. e CRUZ, F.	Supercondutividade
46	10(55):26-32	89	CHAVES, C.M.G.F.	Fenômenos de Agregação
47*	14(80):10-6	92	MOREIRA, I.C.	Os Primórdios do Caos Determinístico
48	14(80):28-32	92	REZENDE, S. M.	A Dança dos Spins
49	14(80):34-9	92	PIRES, A.S.T. et alii	A desordem inevitável
50	14(80):40-6	92	TAMARIT, F. et alii	O infinito em cores
51	14(80):48-55	92	ALMEIDA, A.M.O.	Caos na Mecânica Quântica?
52	14(80):6-8	92	NUSSENZVEIG, H. M.	Caos no mundo atômico e subatômico
53*	14(80):8-9	92	COUTINHO, S.	Vidros que imitam o cérebro
54*	14(81):42-50	92	PEREIRA, E.B.	A radioatividade atmosférica
55*	14(82):26-33	92	SISTERNA, P. et alii	Constantes, eclipses, nêutrons e conchas
56*	14(83):17-26	92	BUONOMANO, V. et alii	Mecânica quântica:um desafio à intuição
57*	15(88):28-34	93	LEMONS, J.P.S.	A origem do mundo
58*	15(90):44-7	93	FREIRE, Jr.O.	Bohm, Einstein e a Ciência no Brasil
59*	15(90):50-1	93	LEAL, A.S	A arte radiografada
60*	15(90):6-7	93	MOREIRA, I.C.	De grão em grão
61	17(101):28-34	94	BAGNATO, V.S. et alii	Controle do átomo:passos em direção aos avanços do próximo século
62*	17(101):8-11	94	MATSUURA, O.T.	Como nascem os cometas
63*	17(102):26-31	94	MOREIRA, I. C. et alii	Sincronizando o caos
64*	17(99):6-7	94	KIRCHHOFF, V.W.J.H et alii	Buraco de Ozônio:Novidades no Sul
65*	17(99):8-9	94	RIVEROS, J.M.	Química dos fótons
66*	18(104):32-7	94	CHISHOLM, M.H. et alii	Cristais líquidos organometálicos
67*	18(107):14-6	95	PELLEGRINI, P et alii	Grande Muralha no Céu do Sul
68	18(108):44-51	95	SANTOS, C.B. et alii	Epidemia:Uma questão para a Física?
69*	18(108):52-64	95	BERTULANI, C.A.	Neutrinos Solares
70*	19(110):10-1	95	MANSO, C.A.	Água em interiores planetários
71*	19(111):10-1	95	BAGNATO, V.S.	A condensação de Bose-Einstein

<b>72*</b>	19(111):40-3	95	VIZENTINI, P.G.F.	As razões de Hiroshima e Nagasaki
<b>73*</b>	19(113):34-42	95	ALVES, G.A. et alii	Do elétron ao quark top
<b>74*</b>	19(113):43-4	95	LOPES, J.L.	O Brasil na caça ao quark top
<b>75</b>	20(117):22-7	96	DESTRO, M.G. et alii	Separando isótopos com lasers
<b>76*</b>	20(117):44-7	96	KRANN-KORTEWEG, R.C.	Há uma galáxia gigante à nossa porta
<b>77*</b>	20(117):57-8	96	não consta	Detector de raios cósmicos ficará nos Andes
<b>78*</b>	21(124):22-9	96	TOLMASQUIM, A.T. et alii	Um manuscrito de Einstein no Brasil
<b>79*</b>	21(124):30-4	96	SHELLARD, R.C. et alii	(Entrevista)O enigma das micropartículas com macroenergia :James W.Cronin
<b>80</b>	21(124):6-8	96	QUEIROZ, S.L.A.	O que avalanches de grãos de arroz podem revelar aos físicos?
<b>81*</b>	21(125):38-47	96	WINTER, O.	150 anos de história e ciência
<b>82*</b>	21(125):9-11	96	CARNEIRO, G.	Nobel de Física:Abrindo nova área de pesquisa

**ANEXO V**

n <sup>o</sup>	Autor	Instituição
1	PACHECO, J. A. F.	ON/CNPq
2	DAMINELLI, A.	USP
3	BARROS, F.S.	UFRJ
4	NOVELLO, M.	CBPF
5	MELLO, S.F.	USP
6	POUPEAU, G.	CBPF- CNRS/FR
7	BROWN, H.	UNICAMP
8	SIMON, D.	FUR
9	SIMON, D.	FUR
10	MOTTA, A.M.T. et alii	UFRJ
11	OLIVEIRA, P.M.C	UFF
12	TORRES, C.A.P.C.O	ON
13	PACHECO, J.A.F	ON/CNPq
14	HARWOOD, J. H.	INPA
15	MUNIZ, R. et al	CBPF-USP
16	CARVALHO, J.F.	CESP
17	LERNER, E.	UFRJ
18	MIGNACO, J.A. et alii	CBPF/PUC- RJ
19	TOFFOLI, L.C.	PETRO

20	LUNAZZI, J.J.	UNESP
21	CONTINENTIN O, M.	UFF
22	MATSUURA, O.T.	USP
23	SALINAS, S.R.A.	USP
24	DAVIDOVICH, L.	PUC/RJ
25	PICAZZIO, E.	USP
26	MATSUURA, O.T.	USP
27	TERRY, L.A.	CEPEL- ELETRO
28	PIRES, F.B. et alii	CESP
29	PACHECO, J.A.F.	ON-CNPq
30	SANTOS, M.B.L.	UFMG
31	CHALUB, et al	USP-UFRJ
32	JABLONSKI, F. et alii	INPE
33	RECAMI, E. et alii	UNICAMP
34	ARAÚJO, C.B. et alii	UFPE
35	KIRCHHOFF, V. W. J. H.	INPE-
36	OLIVEIRA, A.	UFRJ
37	SILVA, L.	ON

38	CLARO, F.	UCC
39	BES, D.R.	CNEA-AR
40	MARQUES, G.C.	USP
41	ROSA, L.P.	UFRJ
42	VALADARES, E.C. et alii	UFMG
43	BERTULANI, C.A.	UFRJ
44	REEVES, H.	CEN/FR
45	BALSEIRO, C. e CRUZ, F. de la	CNEA/AR
46	CHAVES, C.M.G.F.	PUC/RJ
47	MOREIRA, I.C.	UFRJ
48	REZENDE, S. M.	UFPE
49	PIRES, A.S.T. et alii	UFMG
50	TAMARIT, F. et alii	UC/AR-UFF- CBPF
51	ALMEIDA, A.M.O.	UNICAMP
52	NUSSENZVEIG, H. M.	PUC/RJ
53	COUTINHO, S.	UFPE
54	PEREIRA, E.B.	INPE
55	SISTERNA, P. et alii	UNLP/AR
56	BUONOMANO, V. et al	UNICAMP

57	LEMONS, J.P.S.	ON
58	FREIRE, Jr.O.	USP/UFB
59	LEAL, A.S	UFMG
60	MOREIRA, I.C.	UFRJ
61	BAGNATO, V.S. et alii	USP
62	MATSUURA, O.T.	USP
63	MOREIRA, I. C. et alii	UFRJ
64	KIRCHHOFF, V.W.J.H et alii	INPE-UFMS- NASA
65	RIVEROS, J.M.	USP
66	CHISHOLM, M.H. et alii	UI/EUA
67	PELLEGRINI, P et alii.	ON
68	SANTOS, C.B. et alii	USP
69	BERTULANI, C.A.	UFRJ
70	MANSO, C.A.	CNPq
71	BAGNATO, V.S.	USP
72	VIZENTINI, P.G.F.	UFRGS
73	ALVES, G.A. et alii	CBPF
74	LOPES, J.L.	CBPF
75	DESTRO, M.G. et alii	CTA
76	KRANN-	O.M-FR M

	KORTEWEG, R.C.	
77	não consta	não consta
78	TOLMASQUIM, A.T. et alii	MAST/CNPq -IF/UFRJ
79	SHELLARD, R.C. et alii	PUC/RJ

80	QUEIROZ, S.L.A.	UFF
81	WINTER, O.	UNESP
82	CARNEIRO, G.	IF/UFRJ

### SIGLAS E ABREVIATURAS UTILIZADAS

**CEN**-Centre d'Etudes Nucleaires-França  
**CEPEL**-Centro de Pesquisas em Energia Elétrica  
**CNEA-AR**-Comissão Nacional de Energia-Argentina  
**ELETRO**-Eletrobrás  
**FUR**-Furnas Centrais Elétricas.  
**INPA**-Inst. Nacional de Pesquisa da Amazônia  
**MAST**-Museu de Astronomia e Ciências Afins  
**OM/FR**-Observatório de Mendon-França  
**ON**-Observatório Nacional  
**PETRO**-Petrobrás  
**UC-AR**-Universidad de Córdoba-Argentina  
**UCC**-Universidad Católica de Chile  
**UI-EUA**-Universidad de Indiana-Estados Unidos da América  
**UNLP**-Universidad Nacional de La Plata-Argentina  
**CTA**-Centro Tecnológico da Aeronáutica.

**UFF**-Universidade Federal Fluminense  
**UFRJ**-Universidade Federal do Rio de Janeiro  
**USP**-Universidade de São Paulo  
**UNICAMP**-Universidade de Campinas  
**UFMG**-Universidade Federal de Minas Gerais  
**PUC/RJ**-Pontificia Universidade Católica do Rio de Janeiro.  
**UFPE**-Universidade Federal de Pernambuco  
**UNESP**-Universidade Estadual de São Paulo  
**CBPF**-Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas  
**UFSM**-Universidade Federal de Santa Maria  
**INPE**-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
**UFRGS**-Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
**UFB**-Universidade Federal da Bahia