

Universidade de São Paulo
Instituto de Física
Instituto de Química
Instituto de Biociências
Faculdade de Educação

Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica

Estevam Rouxinol dos Santos Neto

Orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola

Dissertação de mestrado
apresentada ao Instituto de
Física, ao Instituto de Química,
ao Instituto de Biociências e a
Faculdade de Educação da
Universidade de São Paulo, para
a obtenção do título de Mestre
em Ensino de Ciências.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Maurício Pietrocola (FEUSP)

Prof. Dr. Demétrio Delizoicov (UFSC)

Prof. Dr. João Zanetic (IFUSP)

São Paulo
2007

FICHA CATALOGRÁFICA INTERUNIDADES
Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Santos Neto, Estevam Rouxinol dos
Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem
para compreensão da Ciência e da atividade científica.
São Paulo, 2007.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.
Faculdade de Educação, Departamento de Metodologia
do Ensino.

Orientador: Prof. Dr. Maurício Pietrocola

Área de Concentração: Ensino de Ciências

Unitermos: 1. Ensino médio 2. Física Moderna
3. Física de partículas 3. Ciência 4. Física – Brasil

USP/IF/SBI027/2007

Agradecimentos

A elaboração e desenvolvimento deste trabalho foi muito mais do que uma dissertação. Ele significou um grande aprendizado, tanto pelos conhecimentos que adquiri como pelo amadurecimento de vida que proporcionou. Entretanto, não foram poucos os momentos em que tive vontade de desistir e abandonar definitivamente este trabalho. Estava convicto que não iria ser capaz de terminá-lo, principalmente após a difícil e dura qualificação. Fiquei, durante muito tempo, sem saber por onde retomar o trabalho. Veio à apreensão. Tive medo de não conseguir finalizar. Nesses momentos, busquei forças em Deus e em várias pessoas especiais que, de uma forma ou de outra, contribuíram muito para meu crescimento e a seguir em frente no trabalho.

Por isso e tudo mais, tenho que agradecer principalmente a Deus pela vida e pelas várias oportunidades que me concedeu e que tanto me fizeram crescer. Agradeço pela sua luz que iluminou meu caminho em todos os momentos difíceis da minha vida.

Preciso agradecer imensamente a Juliana, meu amor que sempre me apoiou, deu forças e acreditou que eu seria capaz de chegar até aqui. Confesso, sinceramente, que mesmo distante, deitar a cabeça no travesseiro com a certeza do teu apoio e do teu amor, deixou o fardo bem menos pesado e me ajudou muito a sempre acreditar e a seguir adiante frente aos momentos de tantas incertezas e inseguranças. Principalmente nestes momentos, mesmo longe, pude te encontrar, aqui, bem dentro do meu peito.

Agradeço muito ao amigo Zé Guilherme que não apenas me encorajou a largar minha aparente “vidinha” tranqüila e cômoda que parecia surgir em Juiz de Fora para vir pra cá. Como ele mesmo costumava dizer: “vamos desbravar São Paulo”. Valeu mesmo! Sem teu incentivo não estaria aqui, agora, finalizando este trabalho e tudo que seu desenvolvimento me proporcionou.

Agradeço ainda ao Max, outro companheiro amigo que chegou depois e trouxe equilíbrio e tranqüilidade para a casa, além de ter me ajudado a organizar o curso que utilizo neste trabalho. Max e Zé, a convivência com vocês me ensinou muito e me fez ser uma pessoa um pouco melhor e maior.

Quando aqui cheguei, conheci pessoas que me acolheram e ajudaram a me adaptar mais facilmente nessa cidade louca, como a Soraya (japa), a Neusa, a Moniquinha, o Wilson e tantos outros colegas do corredor de ensino. Obrigado pelo carinho e apoio que vocês me deram.

No Lapef, encontrei colegas e companheiros que deram várias contribuições e alegrias, seja no cafezinho, nas reuniões, nas baladas e em outros tantos momentos agradáveis e de descontração. Obrigado a todos vocês: Ivã, Roger, Alex, Thais Forato, Maria Lúcia Vinhas, Jackson, Inês, Thais Cortellini, Valéria, Luciana, Carla, Daniela,

João, Wellington, Cândida, Júnior, Cristina, Luís Paulo, Renata, Talita, Francisco, Jorge, Beatriz e Lúcia.

Agradeço a professora Cristina por ter cedido gentilmente sua turma na escola para que aplicássemos o curso, bem como seus palpites frutos de sua experiência em sala de aula.

No Lapef ainda fiz dois amigos e companheiros: Ivã e Lúcia Helena. A companhia de vocês, seja nas baladas, no cinema, ou mesmo em casa, deixaram os finais de semana mais agradáveis. Ivanildo, te agradeço pelas leituras, opiniões, críticas e comentários dados no trabalho. Lúcia Helena, também te agradeço muito pela leitura do trabalho, pelas opiniões e pela sua carinhosa, delicada e ostensiva companhia e amizade.

Agradeço a minha prima Camila que reapareceu num momento que me sentia apreensivo e desanimado com muitas coisas dessa vida. Sua presença trouxe alegrias diferentes que ajudaram a espantar os momentos difíceis.

Agradeço muito aos meus pais Josué e Juracy pelo importante apoio, pelas constantes preocupações e pela compreensão dadas o tempo todo ao longo dessa jornada, a partir do momento que vim pra cá.

Agradeço ao meu orientador Maurício Pietrocola pelas orientações, conversas, dicas, sugestões e caminhos sugeridos para o desenrolar do trabalho. Além disso, te agradeço pelas oportunidades oferecidas que proporcionaram expandir e melhorar minha formação.

Agradeço a CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO

A construção da ciência engloba aspectos que vão além da objetividade científica. Encarar a ciência dessa forma tem propiciado associar conteúdos com elementos externos à atividade científica. Dessa forma, por entendermos que tais aspectos fazem parte da cultura científica, eles também deveriam fazer parte da educação científica.

Neste sentido, o presente trabalho procurou identificar características presentes na ciência e na atividade científica que puderam ser percebidos e/ou compreendidos pelos alunos, principalmente no que diz respeito à percepção da ciência como construção humana, coletiva e não-neutra, no qual estão presentes fatores sócio-culturais na sua elaboração e construção.

Com esse intuito, elaboramos e implementamos parte de um curso piloto de física de partículas voltado para o ensino médio em que foram abordados os dois principais trabalhos do físico brasileiro Cesar Lattes, um na radiação cósmica outro no acelerador de partículas. Além disso, procuramos identificar como os alunos percebiam a ciência e os cientistas brasileiros frente a outros países com maior tradição científica.

Ao final, podemos perceber que a abordagem de conteúdos que vinculam produto e contexto de produção do conhecimento associado, neste caso, com a sociedade brasileira, mostrou-se bastante significativo principalmente por possibilitar revelar aspectos importantes da atividade científica e do trabalho do cientista, além de ter se mostrado como um fator motivador e de interesse dos estudantes no estudo das partículas.

ABSTRACT

The construction of science embraces aspects beyond scientific objectivity. This approach to science has made it possible to associate contents with elements external to scientific activity. Therefore, as we understand such aspects are part of scientific culture, they should also become part of scientific education.

Concerning this idea, the present paper aimed to identify characteristics found in science and scientific activity that could be perceived and/or comprehended by the students, mainly regarding the perception of science as human construction, collective and non-neutral, in which socio-cultural factors are present in its organization.

In order to achieve this objective, we have designed and implemented part of a pilot course on physics of particles focusing on high school education, in which we have approached the two main papers of the Brazilian physicist Cesar Lattes, one on cosmic radiation and another on particles accelerator. Besides that, we have tried to identify how the students perceived science and Brazilian scientists toward other more scientifically traditional countries.

Finally, we could notice that the approach of contents that link product and context of production of associated knowledge, in this case with the Brazilian society, proved quite significant mainly for making it possible to reveal important aspects of the scientific activity and the work of the scientist, besides denoting a factor of motivation and interest of the students in the study of particles.

SUMÁRIO

Introdução	1
Capítulo 1.....	11
Cultura e seus espaços de representação	
1.1- Aspectos da cultura na educação	13
1.2- Aspectos da cultura científica	16
1.3- Física e Sociedade no Brasil.....	18
1.4- Panorama geral da Física de Partículas até o início da década de 1930	26
1.5- Lattes e o processo de descoberta do méson.....	33
Capítulo 2.....	37
Ciência e Valores	
2.1- Introdução.....	37
2.2- Considerações sobre o conhecimento científico	38
2.3- Considerações sobre o relativismo na ciência	40
2.4- A filosofia da ciência de Hugh Lacey	44
2.5- A questão da Imparcialidade e os valores cognitivos	47
2.6- A questão da neutralidade a partir da Ciência e da Tecnologia	51
2.7- Neutralidade e a dimensão dos valores sociais	53
2.8- A educação científica na perspectiva de Lacey	63
Capítulo 3.....	66
Uma outra percepção da física nos livros	
3.1- O saber da ciência e o saber científico escolar	67
3.2- Algumas considerações a respeito dos livros didáticos no Brasil.....	76
3.3- Um olhar sobre os livros textos de física	81
3.4- Resultado das investigações	84
3.5- Considerações finais sobre as investigações dos livros	90
Capítulo 4.....	93
Levando um pouco da física no Brasil para a sala de aula	
4.1- Contribuições da História e epistemologia da ciência no ensino de Física.....	93
4.2- O curso: como e porque foi idealizado	100
4.3- O Curso de Partículas	102
4.4- Organização do curso.....	104
Capítulo 5.....	110
Metodologia da Pesquisa e Análise dos Dados	
5.1- Características e pressupostos da pesquisa.....	110
5.2- Objetivos da pesquisa.....	112
5.3- Construção das categorias de análise.....	112
5.4- A escola selecionada	114
5.5- Características da Classe.....	115
5.6- Os instrumentos de coleta de dados	116
5.6.1) Filmagem das aulas	116
5.6.2) As entrevistas	116

5.6.3) O questionário final	117
5.6.4) Documentos elaborados em classe.....	118
5.7- Apresentação dos dados	118
5.7.1- A percepção inicial da ciência e do cientista revelada pelos alunos	120
5.7.2- As categorias de análise.....	124
Considerações Finais	144
Referências Bibliográficas	149
ANEXOS.....	159
Anexo 1.....	159
Anexo 2.....	160
Anexo 3.....	163
Anexo 4.....	167
Anexo 5.....	171
Anexo 6.....	173
Anexo 7.....	177
Anexo 8.....	181
Anexo 9.....	183
Anexo 10.....	185

Introdução

Segundo apontam pesquisas nacionais e internacionais na área de ensino de física nas últimas décadas, muitos esforços têm sido realizados, principalmente nas escolas do ensino médio, para que o ensino se torne mais dinâmico e próximo do universo cotidiano dos alunos e da cultura de modo geral. Preocupa-se também em buscar elementos que possam motivar os alunos no intuito de aprenderem de maneira significativa os conteúdos da física. Apesar das dificuldades dos resultados dessas pesquisas chegarem efetivamente às salas de aula, a maior parte delas prega a necessidade de novas abordagens metodológicas e conceituais em contraponto às tradicionais que há muito se fazem presentes no ensino da física. De maneira geral, as pesquisas evidenciam a necessidade de novas propostas que não se baseiem na simples memorização de fórmulas e conceitos, ou na mera resolução mecânica e exaustiva de problemas e exercícios sem instigar a curiosidade e o desejo de querer aprender para além das provas e testes escolares.

As pesquisas em ensino de física, além de tratarem dos conteúdos disciplinares visando a instrução e a aprendizagem, têm explorado aspectos complementares ao extenso universo conceitual desta disciplina. Para isso, têm buscado alternativas na história, filosofia e epistemologia da ciência. Estas áreas são capazes de evidenciar o lado social e humano da atividade científica, de se integrarem aos produtos da ciência tornando-a potencialmente mais significativa e mais abrangente. Entretanto, essas áreas não se fazem presentes nos currículos escolares, tanto na escola básica quanto na educação superior, como deveriam.

Outras questões que permeiam as pesquisas em ensino de física, dizem respeito a como, quando e o que tem sido sistematicamente abordado. Com a influência tecnológica cada vez maior no nosso dia a dia e com a grande penetração das ciências nos vários setores da vida e da cultura, ser alfabetizado científico e tecnologicamente é condição necessária para que um cidadão do século XXI seja capaz de exercer sua autonomia e compreender minimamente os processos envolvidos entre o mundo da ciência e o mundo ao seu redor. Neste sentido, são várias as pesquisas em ensino de física que têm buscado promover o ensino das teorias modernas e contemporâneas mais presentes na vida moderna com os aspectos culturais (Carvalho, 2005).

Atualmente, a escola foca seu ensino no mundo clássico. O ensino de conteúdos da física (modelos, teorias, leis, princípios, representações, procedimentos, etc) também faz parte daquilo que tem sido chamado de educação sobre ciência.

Entretanto, não se pode afirmar que o ensino tradicional ajude o aluno a construir uma visão menos distorcida das ciências em geral. Ao contrário, a grande ênfase nos conteúdos e no modo de tratá-los, parece contribuir para que a ciência seja percebida apenas como um grande depósito cercado de fórmulas, de onde respostas e soluções prontas são obtidas. Neste aspecto, pode-se dizer, com base em trabalhos de pesquisadores que exploram esse tema (Lederman, 1992; Lemke, 1994, 1997), bem como relatos pessoais de professores que a “imagem científica da ciência” não é tratada nos cursos da escola básica. Isto acontece, dentre outros fatores, pela falta de espaço curricular e pela falta de embasamento dos professores, o que resulta na visão trivializada e estereotipada que parece habitar o imaginário popular a respeito das ciências.

Uma iniciativa importante implementada pelo governo federal, como uma tentativa de se introduzir diferentes valores relacionados com o aprendizado e visões não tradicionais sobre a ciência fundamental para um cidadão do século XXI, se deu por meio dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's). Apesar de algumas críticas sobre as reais possibilidades de introdução na sala de aula, ele foi bem recebido por pesquisadores e professores que julgaram positivo o fato de, pela primeira vez na história da educação básica brasileira, o governo federal tomar a iniciativa de apresentar um conjunto sistematizado de balizadores.

Em um de seus capítulos sobre as ciências naturais, tanto do ensino médio quanto no fundamental, verifica-se uma ênfase num ensino de ciências para a vida dos estudantes, e não apenas como parte das atividades da escola.

No que diz respeito ao conhecimento de física em interação com o contexto sócio-cultural, as competências e habilidades apontadas pelas PCN's a serem desenvolvidas seriam:

- Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico.
- Reconhecer o papel da física no sistema produtivo, compreendendo a evolução dos meios tecnológicos e sua relação dinâmica com a evolução do conhecimento científico.
- Dimensionar a capacidade crescente do homem propiciada pela tecnologia
- Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana.

- Ser capaz de emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes.

Claramente, o contexto de valores e visões de mundo enfatizado pelos PCN's, é a da física como cultura, como uma forma capaz de possibilitar o estabelecimento de compromissos vinculados a questões socialmente mais amplas, e não uma concepção de ciência limitada à fonte de resultados que devem ser aceitos acriticamente. Podemos dizer que estes aspectos também representam a cultura científica.

No entanto, quando olhamos em particular para o ensino da física, verifica-se que ali quase não estão presentes os compromissos com as perspectivas culturais que englobam o mundo da física, nitidamente há uma carência da abordagem cultural nesta disciplina. Os motivos dessa carência passam tanto por problemas como a inadequada formação de professores quanto ao pouco espaço dedicado a campos como história, filosofia e epistemologia da ciência constatado pelos currículos e projetos pedagógicos em geral.

Mesmo após cerca de dez anos da implantação dos PCN's é necessário, em muito, encurtar a distância entre a valorização da física como cultura pregada pelo documento e sua prática efetiva em sala de aula. Esse distanciamento pode ser também compreendido tanto por aquilo que é determinado pela cultura geral quanto pela cultura de natureza escolar.

Para esclarecer melhor estes pontos Carvalho (2005, p.34) aponta que o cenário para evidenciar a cultura científica pode ser desfavorável pelo fato de que grande parte da sociedade não está culturalmente preparada para lidar com a ciência de modo a questioná-la, a não aceitar passivamente seus resultados. Como exemplo, o autor destaca a diferença entre o ensino de matemática e língua portuguesa, no qual os pais podem perceber cotidianamente o quanto seus filhos ainda não sabem ler, escrever ou fazer contas. No caso do ensino de ciências, a expectativa dos pais geralmente se restringe à preocupação sobre o que a escola vai oferecer para que os filhos estejam aptos a ter sucesso nos exames vestibulares e demais avaliações.

Um dos trabalhos pioneiros na busca de integrar a física e a cultura foi o do professor João Zanetic (1989). Ele aponta que a interação da física com a organização social e cultural é um aspecto fundamental na transformação do papel do ensino de física.

A Física enquanto uma instituição social (principalmente a partir do século XVII) sofreu várias transformações no seu modo de se relacionar com as demais instituições sociais. Interesses econômicos, políticos, dentre outros, marcaram profundamente essas transformações. Por sua vez, influenciaram outros setores culturais, em diferentes momentos ao longo da história. Neste sentido, Zanetic (op.cit) aponta que o conteúdo da física a ser transmitido deve conter também um pouco do que integra essa dimensão cultural tão presente no desenvolvimento e aperfeiçoamento dessa ciência. Ela deve, pelo menos, ser *“a tentativa de apresentar a física como um elemento cultural básico para a compreensão do mundo contemporâneo, para o entendimento de concepções do mundo físico ao longo da história e para a “satisfação cultural” do cidadão contemporâneo”* (Zanetic, 1989; p.24 apud Snyders, 1988).

Ainda em seu trabalho, Zanetic parte de três pressupostos para compreender a física inserida na cultura. São eles: os aspectos filosóficos, históricos e sociais.

A partir de seu trabalho, outros buscaram, de alguma forma, contemplar a dimensão cultural com o ensino da física (Oliveira, 2004; Deyllot, 2005; Siqueira, 2004), cada um buscando inserir ou evidenciar algum aspecto da cultura ou se apropriando dela para o ensino dos conteúdos ou mesmo algum outro aspecto que envolve o conteúdo da física.

Como exemplos, Oliveira (2004) buscou tratar de questões que possibilitassem uma abordagem cultural da física no ensino médio envolvendo algumas noções sobre a pesquisa científica e a desmistificação do papel do cientista por meio do teatro. Siqueira (2004) buscou desenvolver atividades envolvendo aspectos culturais com alunos do ensino médio, bem como uma discussão da interface entre a física e a cultura na perspectiva educacional. Deyllot (2005) busca usar a arte como um convite à participação nas aulas de física e o enriquecimento da cultura artística, bem como uma maneira de formar leitores mais críticos.

Entretanto, os trabalhos que associam o ensino da física com a cultura, dificilmente exploram aspectos que se vinculam à cultura local, ou seja, fatores que evidenciem as influências e interesses políticos, econômicos, históricos e sócio-culturais referentes ao país.

No mundo contemporâneo, parece importante que os alunos sejam capazes de reconhecer a contribuição de seu próprio país na ciência, uma vez que poucos são os países cujos cientistas forneceram contribuições que permanecem na “ciência pública”,

ou seja, naquela encontrada nos currículos e nos livros didáticos em geral. Assim, uma atenção especial deveria ser dada à ciência produzida no Brasil.

Ao analisarmos a educação científica e tecnológica, poderíamos levar também em consideração personagens e cientistas com contribuições para o avanço da ciência nos contextos nacionais. Ainda que a ciência tenha um caráter eminentemente universal e seus saberes pertencerem a toda humanidade, os conhecimentos científicos são desenvolvidos em contextos particulares. A somatória desse esforço se constitui como parte integrante da cultura pertencente à humanidade. Entretanto, países como, por exemplo, Inglaterra, França, Alemanha, Itália e Estados Unidos, com maior destaque no desenvolvimento científico e tecnológico, tornam-se inevitavelmente centros isolados de produção.

Pasteur se manifesta sobre essa questão quando diz:

Eu tenho, ao mesmo tempo, duas convicções profundas: a primeira é de que a ciência não tem país; a segunda, em contradição com a primeira, é de que a ciência é a personificação direta da nação. A ciência não tem país porque o saber pertence a toda a humanidade. Mas, ao mesmo tempo, a ciência é a mais alta personificação do pensamento e da inteligência. (Dantes e Hamburger, 1996; p.30)

A alegação de Pasteur sugere que a ciência é algo que personifica o pensamento e a inteligência coletiva da nação que o produziu. Associando essa afirmação de Pasteur ao fato de existirem no cenário internacional apenas poucos países “realmente importantes” na produção científica, conclui-se que apenas estes países “personificam o pensamento e a inteligência”.

Apesar de a física fazer parte de vários dos fenômenos e tecnologias presentes nos diversos setores de quase todas as sociedades mundo afora e de dar explicações sobre vários acontecimentos ao nosso redor, ela é despersonalizada e descaracterizada quando transplantada para a composição do currículo. Isso acarreta perdas não apenas porque contribui para tornar distante sua percepção enquanto cultura, como também porque despreza seu valor enquanto produção intelectual e social pertencente a uma ou mais sociedades envolvidas. Neste sentido, se interpretarmos, por exemplo, que uma descoberta científica foi realizada por um cientista de um determinado país, esse feito irá se constituir como um *capital cultural*¹, ou seja, um bem e um valor cultural que se

¹ Expressão atribuída por Pierre Bourdieu. Uma síntese de sua obra envolvendo a educação pode ser encontrada em Nogueira, 2004.

agregará ao país diretamente envolvido. Provavelmente esse feito renderá frutos para a população local, e países sem tanta expressividade científica e tecnológica podem ser percebidos como desprovidos desse capital cultural. Assim, muitos desses conhecimentos nos parecem revestidos de importância suficiente para sua transmissão às gerações seguintes, especialmente num país ainda com pouca tradição científica em comparação aos países desenvolvidos e que tiveram a ciência permeada em seu desenvolvimento ao longo de sua história.

Partindo do pressuposto de que o empreendimento educativo inclui a responsabilidade de ter que transmitir e perpetuar a experiência humana, cabe-nos aqui ressaltar a importância de se fazer um recorte também na cultura nacional no que diz respeito à ciência e, em particular, à física no Brasil. Ainda que a ciência e a física entre nós seja um acontecimento relativamente recente em nossa história, ela possui uma produção científica e intelectual bastante rica. Falamos aqui, mais precisamente, da física do século XX que, lamentavelmente, ainda não atingiu nossas salas de aula do ensino médio, e que muito vagorosamente, parece dar seus primeiros passos na abordagem do assunto em alguns poucos livros didáticos e de algumas atitudes isoladas tomadas por poucos professores. Mesmo assim, acreditamos na possibilidade de se tratar do desenvolvimento da física no Brasil e suas relações com a nossa sociedade no ensino da física. Eles se constituem em assuntos de vanguarda, tanto no que diz respeito aos conteúdos da disciplina quanto na relação da física com os aspectos sociais locais.

A ausência de um recorte nas questões que relacionam a cultura científica do país no ensino da física, poderá contribuir para que a ciência no país seja percebida pelos cidadãos como desligada das necessidades e questões sociais do país. As pesquisas podem vir a ser percebidas pelos cidadãos como desnecessárias e sem tanto valor. Com isso, as instituições científicas podem vir a ter dificuldade no futuro de se justificarem e obterem da sociedade e do poder público os recursos e a liberdade de ação necessários para uma busca “desinteressada” e livre do conhecimento científico, bem como contribuir para uma menor valorização no que diz respeito à importância do país na produção e desenvolvimento do conhecimento científico universal.

Por isso, torna-se importante tratar a ciência de um país também considerando suas características culturais e sua significação local, tanto para a avaliação e desempenho da atividade científica quanto nas questões do ensino das ciências.

De acordo com Stepan (1976):

Pelos critérios comumente usados no mundo industrial, tais como o número de publicações científicas produzidas por um país, o número de descobertas científicas ou o número de prêmios Nobel, nem o Brasil nem qualquer outro país do mundo em desenvolvimento são bem sucedidos em ciência. Mas estes critérios ignoram as contribuições que o trabalho científico fez para o próprio país, mesmo que essas contribuições, medidas numa escala mundial, sejam pequenas. (p.23)

Para Rose (1976), mesmo na Inglaterra, um dos países pioneiros e reconhecidamente grande promotor do desenvolvimento científico mundial, verifica-se que a ciência não é mencionada como parte integrante da bagagem cultural da sociedade britânica. Então, poderíamos indagar: se as ciências e a física raramente comparecem quando se trata da cultura, mesmo entre países com maior tradição científica, o que esperar de países periféricos como o Brasil, subordinados cientificamente a países mais adiantados?

Se analisarmos nossa produção cultural, veremos que o “carro-chefe” será representado pela literatura, considerado como o produto mais caracteristicamente brasileiro, sendo o testemunho menos contestável da originalidade do espírito nacional (Azevedo, 1967; p.368). Mesmo com uma desproporção tão grande entre as produções literárias nacionais e as produções científicas, acreditamos que mesmo se tratando de uma área mais recente na cultura do país, como a ciência e, particularmente, a física, pensamos que a física no Brasil também poderia ser lembrada e examinada com algum destaque durante seu ensino. Trazer à tona a produção científica desenvolvida e relacionada com a física no Brasil, abarcando seus cientistas e demais produções correlatas, também poderia fazer parte da educação científica, tal como acontece geralmente em aulas de português e literatura em que são destacados alguns de nossos principais escritores.

Essa brutal diferença entre a literatura brasileira e a produção científica está claramente ligada a fatores culturais e sociais que contribuíram para criar um ambiente social desfavorável à cultura científica e para alavancar outras atividades de cunho não científico. Devido a esse clima desfavorável e a falta de uma tradição científica, muitos acreditaram (e talvez ainda acreditem!) que tal fato ocorreu devido a uma inaptidão e incapacidade natural do povo brasileiro, conforme podemos verificar nas palavras de Fernando de Azevedo (1963):

Essa predominância do espírito literário sobre o científico tem sido, na história de nossa cultura, tão acentuada e persistente que não faltou quem a atribuísse, num exame superficial, a uma forma particular de espírito, ligada a fatores étnicos e, portanto, biológicos, como se tratasse de uma inaptidão natural, irremovível, para estudos e pesquisas científicas, para a ciência pura e a especulação. Certamente o povo brasileiro, como qualquer outro, apresenta um complexo de traços fundamentais que o caracterizam e refletem sobre suas instituições e tendências, marcando-as com seu cunho particular. (p. 368)

Bunge (1972, p.72) nos traz alguns exemplos emblemáticos de atividades científicas realizadas por países menos desenvolvidos cientificamente na época e que ilustram como países periféricos contribuíram para a atividade científica, ainda que modesto frente aos países mais adiantados cientificamente.

Realmente, os primeiros pesquisadores dessa matéria [a eletricidade] foram Galvani (1786) e Volta (1800). Oersted, na atrasada Dinamarca de então, fundou o eletromagnetismo (1819). Avogadro trabalhou na Itália e enunciou sua famosa lei em 1811. O siciliano Cannizzaro introduziu, com sucesso, a hipótese atômica (e a lei de Avogadro) na Química (1858).

Itália e Dinamarca, na virada do século XVIII, eram países pouco expressivos no campo científico. O primeiro, por se encontrar em situação político-econômica delicada, e o segundo, por não possuir tradição científica.

Bunge (1980) ainda afirma:

Não importa as condições locais para que ocorra o avanço científico: só quem (...) não esteja obcecado por uma ideologia anti-científica, pode alegrar-se quando sua pátria contribui para o progresso do conhecimento. (p.72)

Seguindo a linha da abordagem da física com os aspectos que a vinculam com a cultura, nossa proposta segue como uma tentativa para se criar oportunidades de estreitar um pouco mais a relação entre a educação científica e a perspectiva da cultura.

Na pesquisa bibliográfica que realizamos, não encontramos trabalhos voltados para o ensino de ciências que abordaram especificamente sobre a física no Brasil pela perspectiva da cultura. Sabemos também que dificilmente, nas aulas de física, principalmente do ensino médio, comparecem exemplos de pesquisas e outras contribuições na área da cultura realizadas por físicos brasileiros. Tal medida nos

parecia valiosa, não apenas por proporcionar o contato do aluno com uma realidade que lhe seria mais próxima, capaz de motivar e revelar uma empatia com o conhecimento, mas também por possibilitar despertar o interesse pelo progresso da ciência no Brasil e a consciência da importância e da qualidade das pesquisas realizadas aqui.

Assim, buscamos elaborar e implementar para o ensino médio, por meio do tema partículas, uma proposta de curso que tratasse da física no Brasil na tentativa de se criar oportunidades de estreitar a relação da física com a cultura. Procuramos identificar a percepção dos alunos, no que diz respeito à imagem da ciência e da atividade científica (no Brasil) integrada com os aspectos históricos e sócio-culturais, durante a implementação do curso de partículas para o ensino médio.

Nesse sentido, podemos dizer que a abordagem cultural se deu essencialmente através da história da ciência vinculada com os aspectos sociais. Desse modo, procuramos preencher dois dos três pressupostos levantados por Zanetic (1989) para compreensão da física enquanto cultura.

A história da ciência revelou-se um caminho dinâmico e fértil que poderia contribuir para tratarmos de assuntos referentes à física no Brasil levando em consideração alguns dos aspectos sociais do desenvolvimento científico. Ela nos forneceu a opção de tratar da evolução conceitual e metodológica dos conteúdos vinculados, de certa forma, à sociedade brasileira.

O uso da história da ciência teve como objetivo principal contribuir para que os alunos pudessem perceber a física como uma atividade científica mais próxima do país, que também integra a rede científica mundial enquanto atividade humana e de interesse global. Mesmo que essa participação não forneça grandes invenções tecnológicas que geralmente nos chamam mais a atenção.

Até aqui, buscamos destacar que nosso trabalho se filia como uma tentativa de se tratar a física envolvida com aspectos que englobam a cultura, no caso, com fatores que se identificam com a cultura científica e geral do país. Buscamos fazer essa ponte ao abordarmos assuntos que vinculam a física no Brasil com seus aspectos políticos, econômicos e sociais num contexto mais amplo. Por isso, faz-se necessário entender um pouco mais alguns dos aspectos e definições do termo cultura para compreendermos um pouco melhor a dimensão e os contextos no qual ela pode ser associada.

Ao abordarmos o ensino da física no Brasil numa perspectiva cultural, vários temas podem fazer parte dessa abordagem. Vale destacar que ao tratarmos de conteúdos e temas relacionados à física no Brasil, tivemos a preocupação e o cuidado de procurar abordar os assuntos não no intuito do tema se configurar numa exaltação de um nacionalismo sem propósito, ou mesmo que a forma como a ciência trabalha, organiza e produz conhecimentos se vinculam a uma ideologia nacionalista com propostas específicas vinculadas a uma nação.

Ao propormos levar um pouco da física no Brasil para o ensino médio, partimos do pressuposto de que a educação científica escolar pretende perpetuar não apenas os saberes e conteúdos escolares, mas também algo que se insere numa cultura, ou melhor, numa “tradição cultural científica” na qual agrega valores, hábitos e crenças socialmente estabelecidas e marcantes.

Quando olhamos para as ciências em geral, particularmente a física, percebemos que ela pode ser vista sob dois enfoques distintos. Um internalista e outro externalista. O primeiro aborda a ciência do ponto de vista epistemológico, concebendo uma lógica interna à pesquisa científica. A visão externalista, ao contrário, enfatiza os determinantes históricos e sociais no desenvolvimento das idéias científicas. Entretanto, estes dois enfoques, geralmente são tratados como blocos inteiramente separados. Os critérios que permitem classificar a ciência como detentora de uma racionalidade peculiar, poderá excluir qualquer tentativa de vincular outras dimensões da cultura humana no fazer científico.

Capítulo 1

Cultura e seus espaços de representação

Conceituar e definir cultura não é algo tão simples como pode parecer. Trata-se de um termo que é freqüentemente utilizado e que geralmente fala por si só, e fala pouco, pois sua abrangência é muito ampla.

O termo cultura pode designar uma diversidade de significados em função de suas diversas abordagens, seja de caráter sociológico, antropológico, científico, dentre outras.

No nível da cultura popular e sua abrangência, Sodré (1993) a define da seguinte maneira:

Cultura – Conjunto dos valores materiais e espirituais criados pela humanidade, no curso de sua história. A cultura é um fenômeno social que representa o nível alcançado pela sociedade em determinada etapa histórica: progresso, técnica, experiência de produção e trabalho, instrução, educação, ciência, literatura, arte e instituições que lhes correspondem. Em um sentido mais restrito, compreende-se, sob o termo cultura, o conjunto de formas da vida espiritual da sociedade, que nascem e se desenvolvem à base do modo de produção dos bens materiais historicamente determinado. Assim, entende-se por cultura o nível de desenvolvimento alcançado pela sociedade na instrução, na ciência, na literatura, na arte, na filosofia, na moral, etc., e as instituições correspondentes. (p.04).

Em se tratando da vida social, a cultura constitui os diversos núcleos de identidade dos vários agrupamentos humanos nos quais propicia, essencialmente, em compartilhar um modo específico de comportar-se em relação aos homens e à natureza (Arantes, 1981). Neste aspecto, a cultura está impregnada em tudo. Ela se faz presente na manifestação dos povos, por meio do trabalho, na alimentação, na produção econômica, artística, literária, na religião, dentre outras características constituídas a partir dos códigos e convenções simbólicas adotadas.

Tentar interpretar o significado da cultura, por este ponto de vista, implica em reconstituir a forma como os grupos representam as relações sociais, tanto na sua estruturação interna como nas suas relações com outros grupos e também com a natureza, a partir dos seus critérios de racionalidade.

De acordo com Pérez Gómes, em "*A Cultura na Sociedade Neoliberal*" (2001), um dos primeiros a formular uma definição para o termo cultura foi o antropólogo Edward B. Tylor. Ele a define como "aquele todo complexo que inclui conhecimentos, crenças, arte, leis, moral, costumes e qualquer outra capacidade e quaisquer outros hábitos adquiridos pelo homem enquanto membro de uma sociedade".

A partir dessas considerações, podemos interpretar a cultura como uma complexa herança social no que diz respeito aos saberes, práticas, artefatos, instituições, bem como crenças e hábitos que determinam a diversidade da vida dos indivíduos e dos grupos humanos.

Cada indivíduo se situa e identifica-se com a cultura a que pertence. Suas raízes culturais se fazem presentes por meio da herança, de sua etnia e são transmitidas de geração a geração pelos processos de socialização e integração.

Apesar de toda bagagem cultural transmitida, o indivíduo é influenciado pelos poderosos instrumentos de comunicação, deixando claro que a herança cultural local que cada um recebe é fortemente afetada por elas. Neste sentido, para se compreender um pouco mais a abrangência da cultura de um povo torna-se importante trazer à tona os aspectos sociais vinculados no qual nos encontramos em constante interação.

Segundo Japiassu (1999), cultura pode designar a formação do espírito humano e de toda a personalidade do homem em oposição ao saber, entendido como uma aquisição e acúmulos de conhecimentos fornecidos pela transmissão.

Para esse autor, a cultura designa todo o conjunto das instituições capazes de representar uma totalidade social no qual representa para os sujeitos que a compõem um quadro capaz de modelar sua personalidade, determinar suas possibilidades e indicar-lhes suas possíveis estruturas de vida, de valores, de comportamentos e posturas.

Cada geração de um país recebe como herança cultural uma tradição intelectual, artística, literária e científica. Todas estas culturas herdadas estão repletas de outras influências culturais e idéias que sobre elas influíram, além do poder de influência dos meios de comunicação que tendem a homogeneizar a cultura. Isso certamente se deu em função de colonizações e emigrações entre povos de nações distintas e mesmo dentro da própria nação ocorridas no passado. Mas ainda assim, mesmo recebendo variadas influências culturais, somos capazes de nos identificar, ainda que de maneira obscura, com a cultura herdada.

De acordo com as palavras de Fernando de Azevedo (1963):

A cultura, nas suas múltiplas manifestações, sendo a expressão intelectual de um povo, não só reflete as idéias dominantes em cada uma das fases de sua evolução histórica, e na civilização de cuja vida ele participa, como mergulha no domínio obscuro e fecundo em que se elabora a consciência nacional. Por mais poderosa que seja a originalidade que imprime à sua obra, literária ou artística, o gênio individual, nela se estampa, com maior ou menor nitidez de traços, a fisionomia espiritual e moral da nação. (p.45)

Ainda segundo Japiassu (op. cit), a cultura define tanto o conjunto das práticas, das técnicas, dos valores e símbolos que geralmente são perpetuados e transmitidos às novas gerações no intuito de garantir aquilo que vai definir seu estado de coexistência social, mas também as atitudes, comportamentos e condutas de referência global (podendo se apresentar de forma variada). Este conjunto de representações constitui uma totalidade simbólica e imaginária definida por uma determinada sociedade afim de conferir uma significação às suas origens, às suas práticas e seus valores em geral.

1.1- Aspectos da cultura na educação

Quando se busca tratar da cultura desenvolvida por certas áreas como a física, a química, literatura ou as artes no âmbito da educação, torna-se essencial ampliar suas fronteiras, adentrar-se na dimensão da cultura geral e vice versa.

Neste sentido, Bakhtin (1998) destaca:

Não se deve, porém, imaginar o domínio da cultura como uma entidade espacial qualquer, que possui limites, mas que possui também um território interior. Não há território interior no domínio cultural: ele está inteiramente situado sobre fronteiras, fronteiras que passam por todo lugar, através de cada momento seu, e a unidade sistemática da cultura se estende aos átomos da vida cultural, como o Sol se reflete em cada gota. Todo ato cultural vive por essência sobre fronteiras: nisso está sua seriedade e importância; abstraído da fronteira, ele perde terreno, torna-se vazio, pretensioso, degenera e morre. (p.29)

Se buscarmos avaliar o significado da cultura no campo educacional, Forquim (1993) aponta que o pensamento pedagógico contemporâneo não pode se esquivar de uma reflexão a respeito da cultura e dos elementos culturais dos diversos tipos de opções pedagógicas, sob risco de cair na superficialidade. Podemos dizer que o autor

se encontra, na verdade, entre a situação de não poder descartar a idéia de cultura, sem, no entanto, poder utilizá-la como um conceito claro e operatório.

Toda reflexão sobre a educação e a cultura pode assim partir da idéia segundo a qual o que justifica fundamentalmente, e sempre, o empreendimento educativo é a responsabilidade de ter que transmitir e perpetuar a experiência humana considerada como cultura, isto é, não como a soma bruta (e, aliás, inimputável) de tudo o que pode ser realmente vivido, pensado, produzido pelos homens desde o começo dos tempos, mas como aquilo que, ao longo dos tempos, pôde aceder a uma existência “pública”, virtualmente comunicável e memorável, cristalizando-se nos saberes cumulativos e controláveis, nos sistemas de símbolos inteligíveis, nos instrumentos aperfeiçoáveis, nas obras admiráveis. Neste sentido, pode-se dizer, perfeitamente que a cultura é o conteúdo substancial da educação, sua fonte e sua justificação última: a educação não é nada fora da cultura e sem ela(...). Isto significa que, neste primeiro nível muito geral e global de determinação, educação e cultura aparecem com as duas faces, rigorosamente recíprocas e complementares, de uma mesma realidade: uma não pode ser pensada sem a outra e toda reflexão sobre uma desemboca imediatamente na consideração da outra. (p.13)

Para Forquim, a transmissão cultural busca fornecer aos indivíduos as qualidades, competências e valores sociais presentes no patrimônio de conhecimento. Seus conteúdos possuem valor de formas, regras; eles induzem maneiras de pensar, de ser, de se expressar e transcende os saberes objetivos que se transmitem tradicionalmente nas práticas de ensino. Essa transmissão é intrinsecamente desejável para sua formação, estando embutidas aí uma idéia de permanência, de algo que nos precede, nos ultrapassa e que nos permite reconhecer enquanto sujeitos humanos.

Podemos dizer que todo conteúdo englobado pelo currículo foi selecionado na cultura. Todo conhecimento selecionado nessa cultura e presente até hoje nos livros didáticos e nas salas de aula, passaram pelo crivo da transposição didática perpassando normalmente várias gerações, porém, não necessariamente por um crivo que, segundo Lopes (1999, p.92), faz desse conhecimento o melhor, o mais representativo ou o mais admirável.

Compreendido que toda a educação consiste da realização de recortes no interior da cultura e de uma reelaboração e organização para ser transplantada ao sistema escolar, podemos dizer que a educação não transmite fielmente a cultura, considerada como um patrimônio simbólico unitário e estritamente coerente e sim algo

da cultura, uma parte bem pequena dela (Forquim, 1993, p.15). Assim, a educação escolar consistiria numa espécie de conversão da cultura geral em cultura escolar.

A escola busca geralmente eleger na cultura, através de seus conteúdos e instrumentos pedagógicos, aqueles de maior representatividade social e não necessariamente aqueles de conteúdos puramente pragmáticos e instrumentais capazes de limitar as potencialidades humanas por ficarem submetidos a uma lógica inquestionável dos mercados para formação das habilidades e competências. À medida que os conteúdos disciplinares integram e vinculam-se aos procedimentos educacionais, cria-se uma cultura escolar a qual também produz e recria significados, constrói identidades sociais e individuais.

A educação não atua apenas como transmissora de uma cultura produzida por outros setores da sociedade, não funciona apenas como uma entidade reprodutora e transmissora da cultura, ela se relaciona também como uma maneira de perceber como a sociedade compreende cultura e conhecimento e quais processos ela utiliza para legitimar certos saberes em detrimento a outros. A cultura escolar pode ser entendida como sendo um conjunto particular de ênfases e omissões que deve ser constantemente reinterpretada, feita e refeita. Neste aspecto, no processo educativo escolar, deve estar implícita para nossos estudantes que são múltiplas a forma de conhecer, as culturas e as possibilidades de compreender o mundo. Não sendo necessário escolher, entre todas as formas, uma e apenas uma, e, principalmente, não escolher a mais cruel e inadequada. (Lopes, 1999).

Mas podemos questionar: o que recortar então nessa imensa “sopa cultural”? Inicialmente podemos considerar que nem todo conhecimento humano é necessário para a perpetuação da cultura humana ou mesmo passível de ser ensinado, independente do conteúdo ideológico presente na estrutura do currículo. Segundo Lopes (1999, p.86), o que limita essas concepções é a inexistência de problematização do caráter ideológico e arbitrário da seleção cultural. Essa seleção se liga também às escolhas sociais que comandam a organização prática do sistema educativo, ela seria também o princípio dinâmico, o impulso, o esquema gerador das escolhas de ensino, ou seja, ao mesmo tempo ela é encarada como uma seleção na cultura em função dessa mesma cultura. (Forquim, 1993, p.38). Williams (1984, p.66-70), utiliza o conceito de “tradição seletiva” para interpretar os processos de seleção cultural. Para ele, a cultura de tradição seletiva é um fator que conecta dois tipos de cultura. A cultura viva e cotidiana, ou seja, a que relaciona cultura de uma época e um lugar determinado, acessível apenas para os que vivem nessa época e nesse lugar, e a cultura de um

período, aquela registrada no qual foi absorvida pela tradição seletiva permitindo que conheçamos certos fatos de uma época e outros não. A tradição seletiva escolhe, de todo um campo possível do passado e presente, aqueles tidos como mais significativos e práticos, ao passo que outros são negligenciados e excluídos. Podemos dizer que, em muitos casos, tanto na física e demais disciplinas escolares, os processos de seleção rejeitaram alguns significados, valorizaram outros através de diferentes mecanismos, mas que envolveu o poder dos que tem em dada época, de definir o que possui valor cultural e o que deve ser valorizado como saber.

1.2- Aspectos da cultura científica

No interior ou mesmo à margem da idéia de cultura, há a cultura científica. Essa cultura diz respeito a tudo aquilo que está implicado nas ciências, aquilo que as faz existir, que as mantêm vivas e presentes através das gerações, que as renovam e readaptam. Cientistas, processos, técnicas, métodos, contextos, produtos, valorização, crenças, rupturas, regras, história, condição econômica e social, dentre tantas outras palavras e expressões caracterizam e integram a cultura científica.

Se analisarmos as influências e o envolvimento da ciência na cultura ao longo da história, elas se mostram claramente presentes, podendo ser verificado principalmente a partir do advento da revolução industrial. Ela se fazia presente nos escritos de alguns dos grandes escritores da literatura e mesmo na educação, principalmente a partir do século XX. Entretanto, a relação entre ciência e a cultura modificou-se. Ela adquiriu características muito diferentes a partir do século XIX.

No século XVIII, ciência e cultura mantinham uma forte ligação e até se confundiam. A física era chamada de “filosofia natural”, Galileu e alguns outros autores intelectuais de seu tempo eram ao mesmo tempo, físicos e filósofos. A partir do Iluminismo, a ciência não era vinculada da mesma forma com as artes, com as letras, com a filosofia e demais expressões culturais, mas ainda mantinha uma relação de envolvimento e aliança com elas.

São indiscutíveis os impactos sociais da ciência sobre nossa cultura ao longo da história. A grande capacidade que têm as ciências de converter fórmulas e colaborar com as tecnologias úteis e tão presentes em nossas vidas, garante seu prestígio e seu

poder. Praticamente todas as sociedades admitem que não há outro saber legítimo nem tampouco outro pensamento coerente senão o que merece o rótulo de “científico”².

Hoje, em nossa sociedade, parece haver uma divisão cultural mais clara. De um lado, temos a literatura, as artes, a música e do outro, o mundo individualizado da ciência, suas formas de operar e sistematizar as idéias e teorias. A cultura de nossa época, tão marcada pela ciência, se dá de maneira passiva e inquestionável. Qualquer denominação utilizada para descrever a ciência fica restrita apenas aquilo que a vincula aos conhecimentos, as capacidades, qualificações e práticas susceptíveis de serem sistematizados e com o apoio institucional apenas no contexto da cultura acadêmica. E assim, a ciência atual parece caminhar num isolamento com a cultura quando comparado com outras épocas. É no sentido de buscar combater esse caminho que procuramos focar nossa atenção, no sentido “*de pôr a ciência em cultura*”³. Nesse aspecto, o fato de realizarmos os intercâmbios entre a comunidade científica e o corpo social já se constitui num fator capaz de mudar a ciência e a sociedade. Porque só poderemos colocar a ciência em cultura por meio do questionamento da própria ciência e da atividade científica a qual se vincula.

Conforme destaca Snow (1995), em “*As Duas Culturas*”, mesmo entre os homens das ciências humanas e dos cientistas há certa rivalidade. Parece haver um profundo distanciamento entre a cultura “tradicional” (não científica) e a cultura científica. Há entre essas duas culturas e entre os grupos que a representam (literatos, sociólogos, físicos, etc), uma enorme incompreensão mútua, hostilidade e muitas vezes até aversão. Esse distanciamento entre a cultura tradicional e a cultura científica causa um empobrecimento de ambas, tanto nas questões de ensino como também para os cientistas, literatos e demais membros das ciências humanas.

Essa polarização é pura perda para todos nós. Para nós como pessoas, e para a nossa sociedade. É ao mesmo tempo perda prática, perda intelectual e perda criativa, e repito que é errôneo imaginar que esses três aspectos são claramente separáveis (Snow, 1995; p.29)

Diante do exposto até aqui, parece muito difícil estabelecer um conceito de cultura específico para abordarmos a física no Brasil. No entanto, o conceito de cultura abordado neste trabalho procurou relacionar a cultura científica com a humanística por associarmos a interação da física no Brasil com elementos sociais do país.

² No próximo capítulo abordaremos um pouco mais a respeito da polêmica conexão das estratégias utilizadas pela ciência e sua associação com os valores sociais estabelecidos.

³ Expressão utilizada por Hilton Japiassu, 1999.

De acordo com Japiassu (1999), ao destacar a importância de “*pôr ciência em cultura*”, interpretamos que o ensino da física deve buscar promover também pontes entre as representações sociais do país com as representações que fazemos das ciências e de seus progressos. Acreditamos que o entrelaçamento dessas duas culturas nos leva para um tipo de conhecimento mais amplo capaz de envolver uma contextualização histórica e social que poderá facilitar o aluno a reconhecer sua importância e a de seu país no desenvolvimento da ciência enquanto cidadão inserido nessas culturas.

Para evidenciarmos alguns dos aspectos que podem justificar as fracas relações entre a cultura científica e o ensino de ciências no Brasil, passamos a percorrer alguns momentos históricos relevantes, tanto no que diz respeito à ciência no Brasil e a formação de nossa comunidade científica.

1.3- Física e Sociedade no Brasil

Para buscarmos entender melhor a relação da física e das ciências no Brasil com a sociedade, faz-se necessário um resgate histórico no intuito de compreendê-la como parte integrante da cultura nos seus aspectos mais amplos. Essa passa a ser, então, a finalidade central deste tópico.

Da fase colonial até início da República, a ciência no Brasil foi fortemente marcada pela precariedade por quase não existir atividade de pesquisa em nível institucional. Até então, parte importante das pesquisas se desenvolveram por meio de algumas expedições científicas estrangeiras que vinham para cá observar e colher dados. Poucos brasileiros se destacaram nesse período como o Padre Bartolomeu Lourenço de Gusmão (o primeiro cientista das Américas, segundo Vargas, 2000 p.421) com trabalhos sobre balões aerostáticos que antecederam às experiências dos irmãos Montgolfier. Dentre outros assuntos de seu interesse, podemos citar a construção de bombas d'água e teorias físicas a elas relacionadas. Outros cientistas brasileiros se destacaram neste período, quase todos tendo realizado seus estudos na Europa e pouco contribuíram para o desenvolvimento da cultura local.

Com relação às expedições estrangeiras, poderíamos citar a instalação do primeiro observatório astronômico da América do Sul, em Pernambuco, durante o domínio holandês. Lá, realizaram-se observações sobre o eclipse solar de 1640, além de registro de dados meteorológicos locais e condições climáticas (Azevedo,1994,

p.191). Até então, não existia, na colônia brasileira, nenhum incentivo cultural, econômico ou político para o desenvolvimento da atividade científica e nem tão pouco a percepção da vinculação do conhecimento científico com o incremento na produção econômica. Segundo Santana (1978, p.43), o país pouco absorveu dos resultados dos trabalhos das expedições científicas, fato atribuído em parte aos poderes públicos coloniais e imperiais.

Com relação à transferência e adaptação da ciência fora da Europa, especialmente nas regiões em desenvolvimento como no Brasil, Basalla (1967) divide o desenvolvimento científico destas áreas em três fases. Na primeira, ocorreria a chamada difusão da ciência européia para outros países. Esse primeiro contato poderá ser estabelecido através de conquistas militares, colonização, atividades comerciais, religiosas ou um misto delas. As sociedades não européias tornam-se fonte de dados para os países europeus.

A segunda fase seria caracterizada pela eventual participação dos cientistas locais (“cientistas coloniais”) nessa exploração científica. Estes cientistas eram treinados na Europa a fim de obterem uma educação científica mais adequada. Nessa fase, o número de pessoas envolvidas com a ciência começa a aumentar, mas ainda assim a comunidade científica, nos primórdios de sua formação, continua dependendo das tradições da ciência que se encontram fora do país (Stepan, 1976, p.28).

A terceira fase seria caracterizada pelo maior número de cientistas nativos⁴ treinados e trabalhando no próprio país, estabelecendo um maior intercâmbio entre os cientistas nacionais bem como de outras nações. Eles voltam seus interesses para questões mais amplas da atividade científica e não apenas de caráter exploratório. Estes novos cientistas continuam dependentes da ciência européia para a aquisição de livros, equipamentos laboratoriais, dentre outros instrumentos científicos. Basalla (1967) comenta ainda a respeito do problema do cientista nativo orientar seus interesses para problemas traçados pelos cientistas europeus. Isso poderia gerar conflitos pelo fato de não coincidir os interesses entre as pesquisas desenvolvidas pelos cientistas europeus com os seus próprios⁵. Basalla (1967) complementa dizendo que os países que se industrializaram tardiamente já são dependentes da ciência e da tecnologia dos países

⁴ Termo utilizado por Bassala no sentido de referenciar o cientista de certa nacionalidade que, após treinamento na Europa (segunda fase), retorna ao seu país de origem para trabalhar.

⁵ O autor sugere que tanto Estados Unidos como Rússia chegaram à fase três entre a 1ª e 2ª Guerra Mundial, equiparando ou até superando a ciência européia nessa passagem.

industrializados. Assim, eles poderiam encontrar dificuldades para uma transição visando uma autonomia científica.

Na visão de Stepan (1976, p.27), o modelo de Basalla desconsidera a interdependência científica entre as nações cientificamente adiantadas e a dependência e progressão científica e tecnológica fora do país. A autora complementa a idéia de Basalla ao sugerir uma fase entre a fase dois e a fase três como sendo uma fase de independência parcial e de dependência parcial, como ocorre com muitos dos países em processo de desenvolvimento.

No Brasil, podemos dizer que a fase dois se inicia com as metrópoles colonizadoras européias, tanto portuguesas como espanholas que refletiam no país conquistado suas diferenças culturais e científicas. Segundo Azevedo (1994, p.23), a cultura desses países que prevaleceram, não foi a do Renascimento Europeu advindas com sua atitude de crítica e investigação, de dúvida, de inquietação intelectual e de espírito investigador que levou Portugal, nos séculos XV e XVI a um grande desenvolvimento de instrumentos de observações e métodos de navegação, mas sim, o espírito e a cultura da Idade Média, com toda sua pesada bagagem cultural inadequada para o nascimento e consolidação do espírito científico. Prevalecendo o monopólio da Igreja com suas influências e pressões religiosas, principalmente nos domínios educacionais, apego à rotina e ao regime político autoritário. Estes são alguns dos pilares que, de certa forma, nos impediram de participar da criação da ciência européia no século XVII (Lopes, 1998, p.156).

Foi toda essa mentalidade científica que se despontou em Portugal e Espanha, transferindo às colônias a mesma cultura que acabou por predominar nestes países. A criação de universidades em colônias da América, sob domínio espanhol, não diferenciou a prática da investigação científica destas colônias, pois a cultura que se poderia transferir era próxima do espírito medieval que impregnava aquelas culturas. Fernando de Azevedo (1994) considera que não apenas a herança cultural trazida pelos colonizadores ao Brasil caracteriza os primeiros focos de pesquisa no país, mas também as condições sociais e estruturais da colônia.

Ao contrário dos espanhóis, os portugueses não transferiram para cá instituições educacionais e culturais oriundas de seu país. Pelo contrário, Portugal não permitiu qualquer expansão educacional pelos jesuítas em território nacional (principais difusores do conhecimento europeu até por volta de 1759) alegando criar instituições que pudessem vir a rivalizar com as de Portugal. Esses e outros motivos levaram a uma defasagem em relação às colônias sob domínio espanhol até o final do período colonial.

Ainda neste período, foi criado no Brasil em 1722, a Sociedade Científica do Rio de Janeiro, concebida no intuito de difundir os conhecimentos científicos⁶, agora dentro de uma filosofia baseada na aprendizagem útil e na aquisição de conhecimentos práticos que se deu a partir do século XVIII. Ela foi fechada em 1794, provavelmente por motivos políticos, como afirma (Stepan,1976).

Com a transferência da família Real Portuguesa para o Brasil, a vida brasileira foi alterada radicalmente, pois, agora, todo o poder da metrópole havia se transferido para a colônia. A partir de então, foram melhoradas as condições de ensino, de saúde e da cultura de forma geral. As primeiras instituições surgidas nessa época foram nas áreas médicas e de saúde, principalmente para o combate às epidemias que flagelavam as cidades brasileiras. Foi criada a Escola de Cirurgia na Bahia. Houve necessidade de formar pessoas para a área de engenharia militar a fim de proteger o país de possíveis ataques. Foi criada então a Academia Real Militar no Rio de Janeiro (1810) depois transformada na Escola Central destinada à formação de engenheiros militares e civis.

No século XIX, a atividade econômica era predominantemente agrícola e voltada para as grandes plantações que visavam principalmente as exportações para o mercado europeu. Nesse período ainda não existia uma mentalidade científica que pudesse ser utilizada nas questões produtivas. O fim da escravidão contribuiu também para a sobrevivência de uma sociedade de plantadores que pouco exigia da ciência (Stepan, 1976, p.40).

Diante desse quadro cultural, a ciência não era percebida como utilitária e prática, e isso se demonstra pelo pouco interesse e valor dado aos seus estudos. Isso contribuiu para predominar no país uma educação mais voltada às questões literárias e retóricas de interesse das classes dominantes. O ensino de ciências como física, matemática, química, dentre outras, eram dadas como disciplinas complementares à formação geral em engenharia e medicina. Somente a partir do final do século XIX, muitos cientistas nacionais retornaram de seus estudos na Europa, e a vinda de alguns cientistas estrangeiros, trouxe para o Brasil idéias e demais influências do pensamento europeu. Eles tornaram-se os principais porta-vozes na luta para a melhoria e desenvolvimento da ciência no país.

⁶ Mais informações podem ser encontradas em: Expressões da Ilustração Brasileira e a saúde pública: A Sociedade Literária do Rio de Janeiro e o Patriota (1770-1815) nos anais do V Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia, 1995, p.142).

De acordo com as fases de desenvolvimento propostas por Basalla (1967), era necessário que o Brasil conseguisse superar algumas barreiras e passar da fase dois para a fase três. Dentre algumas delas, ele cita:

- Definição clara do papel social do cientista;
- Estabelecimento de relações adequadas entre ciência e governantes;
- Formação de sociedades no intuito de promover o esforço científico como a abertura de canais de comunicação tanto nacionais quanto internacionais;
- Criação de uma base tecnológica adequada para ciência;
- Melhoria do ensino de ciências.

No estado intelectual e cultural que se encontrava nossa população no final do século XIX, com cerca de aproximadamente 80% analfabetos, tanto cientistas nacionais quanto estrangeiros eram inexperientes para exercer funções empresariais visando o fortalecimento e ampliação das instituições científicas. Além disso, havia falta de recursos para viajar para a Europa a fim de melhorar a formação e ampliar os contatos com pesquisadores europeus. A educação estava voltada para carreiras de interesse das elites e mesmo nas poucas universidades brasileiras existentes na época, a idéia era transmitir principalmente conhecimentos obtidos fora do Brasil ao invés de encorajar a investigação original (Stepan, 1976, p.51).

O pouco desenvolvimento obtido pela ciência no Brasil se deu, de maneira geral, em circunstâncias emergenciais e de calamidades. Por isso, as pesquisas médicas e biológicas foram as que ganharam grande impulso em função das pragas que afetavam plantações, além de doenças que afetavam a população. Elas precisavam ser combatidas até mesmo para atrair mais mão-de-obra estrangeira e não prejudicar as exportações.

Grande parte dos institutos nessa época foram criados com o intuito de resolver esses problemas. Assim se deu com o Instituto Butantã (1889), o Instituto Oswaldo Cruz no Rio de Janeiro (1900), o Instituto Biológico de São Paulo, dentre outros. Enquanto que a física, a matemática e a química, não vistas como necessárias ao combate de calamidades, ficaram restringidas apenas a disciplinas dos cursos nas escolas profissionalizantes. Nessa época, a física era estudada por poucos professores e de forma isolada. Somente em 1842, quando a Escola Militar instituiu um curso de engenharia civil no qual era necessária a defesa de tese para obtenção do grau de doutor, passou a haver maior interesse pela matéria. A Escola Politécnica do Rio e

depois a de São Paulo passaram a conferir título de bacharel e doutor em ciências físicas e matemáticas, e em ciências físicas e naturais. Essas escolas formam assim o nascedouro da física experimental brasileira. (Bassalo, 1991, p.47)

O início do século XX foi marcado por um grande contato do Brasil com a Europa, especialmente com a França, gerando uma grande influência cultural. Foi de lá, e também da Alemanha, que foram transplantados para cá os modelos institucionais e intelectuais, trazendo uma visão de mundo que pouco tinha a ver com a nossa realidade, como a Academia Militar do Rio de Janeiro, no qual estava presente o modelo da *École Polytechnique* de Paris. Nesse período, ocorreram vários intercâmbios culturais, contribuindo para a circulação no país de várias obras literárias, filosóficas e científicas que se refletiram, de certa forma, na atividade científica brasileira já existente.

Foi nesse período que surgiram as primeiras revistas científicas ligadas a instituições brasileiras, como as das escolas de engenharias, do Museu de História Natural e do Observatório Nacional. Foram realizadas exposições nacionais, além de ter participado de vários Congressos internacionais. Todo esse ambiente propiciou, em 1916, a criação da Academia Brasileira de Ciências (ABC) que foi capaz de agregar cientistas de várias partes do país, fortalecendo a campanha pela implantação das universidades, consideradas como lugar ideal para atividades de pesquisa pura e de geração de conhecimento básico sem a necessidade imediata de sua aplicação. A ciência “pura” seria também uma importante forma de desenvolvimento cultural, contribuindo para a formação de pesquisadores, técnicos e professores (Schwartzman, 1979). Entretanto, eram grandes os esforços de vários professores para se manterem atualizados. Isso ocorreu devido às poucas pesquisas aqui produzidas e pelo isolamento científico que ainda reinava no país. Os trabalhos produzidos nesse período eram frutos de puro autodidatismo (Bassalo, 1991, p.48).

Outro fato marcante dessa época foi à visita de Einstein ao Brasil em 1925. Ele realizou conferências e palestras na Academia Brasileira de Ciências (ABC), visitas a universidades e instituições de pesquisas, esclareceu pontos a respeito da teoria da relatividade, ainda pouco conhecida no incipiente ambiente acadêmico brasileiro. Sua visita influenciou bastante a pequena comunidade científica na luta pela afirmação da ciência “pura” no país, tendo grande repercussão na mídia carioca⁷. A visita de Einstein ao Brasil tinha um caráter eminentemente político, pois dava aos cientistas brasileiros, perspectivas de obter maior relevância política e social junto à população e aos

⁷ Mais informações podem ser obtidas em “Einstein e o Brasil”, 1995, organizado por Ildeu C. Moreira e Antônio A. Passos Videira.

governantes nacionais, bem como dava indícios de maturidade da comunidade científica, merecedora de maior apoio financeiro. Assim, esperava-se conquistar maior peso político para a causa da ciência pura, pois a visita de Einstein significava reconhecimento na importância da pequena comunidade científica em formação.

A partir da década de 1930, as pesquisas em Física foram institucionalizadas. Entretanto, muitas foram às adversidades, principalmente com a Reforma Francisco Campos em 1931, que visava essencialmente unir o ensino profissional com as pesquisas tanto de caráter utilitário e profissional como puramente científico e sem aplicação imediata (ciência pura), considerada imprescindível à formação da cultura nacional. No entanto, era necessária, para a realização desses objetivos, uma maior autonomia acadêmica com a criação de instituições dedicadas prioritariamente às pesquisas, e não ao ensino profissional, existente nas escolas⁸. Com relação à autonomia, Francisco Campos acreditava que era necessário maior prática, experiência e critérios seguros de organização, elementos que o ambiente universitário brasileiro claramente não possuía. Dessa forma, seria inconveniente e anti-produtivo para o ensino uma ruptura repentina com o modelo presente já estabelecido. O estado deveria exercer o papel de guia das atividades da nova universidade. O próprio sistema educacional superior existente no país não possuía uma consciência clara da importância do trabalho e das pesquisas científicas para o país. O interesse do trabalho científico era limitado às aspirações de um reduzido grupo de intelectuais ligados à Academia de Ciências e imigrantes europeus, conscientes da importância e dos valores da atividade científica. (Schwartzman, 1979).

Com a ausência de um efetivo apoio do governo para as pesquisas científicas, era necessário obter outras fontes de financiamento que não dependessem das oscilações político-administrativas do governo, além, é claro, de continuar a insistir no projeto de criação de uma universidade com o perfil almejado pelos cientistas e demais integrantes da elite cultural brasileira. Foi o que ocorreu em São Paulo com a criação da USP em 1934. Neste modelo, a universidade não seria simplesmente uma agregação de escolas profissionais superiores, ela teria como eixo central a Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) onde seria promovida a pesquisa em tempo integral, contribuindo para um conhecimento universal puro e desinteressado, agregando todos os ramos da ciência numa única instituição. Para a aplicação da ciência, ficariam responsáveis as escolas profissionais que seriam autônomas e capazes de assumir a

⁸ Como por exemplo, na Escola Politécnica, na Faculdade de Medicina e na Faculdade de Direito.

liderança no processo de superação do atraso em que se encontrava o país (Schwartzman, 1979, p. 197).

Como havia poucos professores no país e poucos profissionais especializados para compor o quadro de pesquisadores da FFCL, o governo designou uma comissão de professores para recrutá-los na Europa. Buscaram selecionar, dentre os vários países desenvolvidos, o que de melhor possuíam. No caso da física, a Itália forneceu seus professores, trazendo para cá o professor ítalo-russo Gleb Wataghin para organizar, junto com o também matemático italiano Luigi Fantappiè, o departamento de Física da FFCL/USP e o curso de bacharelado em Física.

A criação da USP marca o início de uma nova fase no desenvolvimento da Física no Brasil. As pesquisas passaram a ocorrer de forma institucionalizada gerando um rápido e notório crescimento. A vinda de G. Wataghin para cá, deu início a duas linhas de pesquisas em Física. Uma delas, em física teórica e matemática e outra, em física experimental no campo dos raios cósmicos. Gleb Wataghin teve como seus primeiros alunos os estudantes dos cursos de engenharia da Politécnica. Dentre eles, Mario Schenberg, Abraão de Moraes e Walter Schutzer, em física teórica e matemática, e Marcelo Dammy, Paulus A. Pompéia e Y. Monteux no campo da física experimental trabalhando com os raios cósmicos (Schwartzman, 1979, p.254).

A partir de 1938, a física dos raios cósmicos tomou grande impulso com a vinda do italiano Giuseppe Occhialini para o Brasil, trazendo toda tradição da física experimental iniciada na Inglaterra com os professores J. J. Thomson e Rutherford (Schwartzman, 1979, p.256). A partir daí, as pesquisas em raios cósmicos foram crescendo gradativamente ganhando espaço e reconhecimento internacional, principalmente através dos trabalhos apresentados pelos físicos brasileiros que nada ficaram a dever em relação aos norte-americanos em um Simpósio Internacional Sobre Raios Cósmicos, realizado no Rio de Janeiro, em 1941, e promovido pela Academia Brasileira de Ciências.

Este simpósio constituiu um índice expressivo do alto nível a que então haviam chegado entre nós as pesquisas sobre a radiação cósmica, tendo servido como poderoso estímulo e como início de um fecundo intercâmbio entre os físicos brasileiros e os norte-americanos. (Azevedo, 1994, p.204)

Nesse cenário de crescimento da física no Brasil, principalmente por meio dos raios cósmicos, assunto de vanguarda na época, alguns de nossos físicos de destaque

foram estudar no exterior graças às influências e indicações de Wataghin. Em 1936, Schenberg foi trabalhar com Enrico Fermi e em 1939 foi para Cambridge onde fez seu maior trabalho com Gamow sobre o Processo Urca, no campo da astrofísica. (Schwartzman, 1979, p.255).

Na parte experimental, Marcelo Dammy atuou como assistente de Wataghin. Ele era responsável por construir os circuitos eletrônicos para detecção de radiação e os contadores Geiger-Müller, até então não existentes no mercado. A partir de 1938, Dammy passou dois anos em Cambridge onde desenvolveu novas técnicas de medição e detecção dos raios cósmicos. (Schwartzman, 1979, p.257).

1.4- Panorama geral da Física de Partículas até o início da década de 1930

Para entendermos um pouco melhor o contexto das pesquisas desenvolvidas em física de partículas no Brasil e a participação brasileira na descoberta do méson pi com o físico brasileiro Cesar Lattes, torna-se necessário descrevermos um pouco a respeito do desenvolvimento das pesquisas nessa área.

No início do século XX, com os trabalhos de Thompson, Rutherford e outros, a idéia de “átomo” parecia bastante adequada para designar as unidades básicas da matéria, constituídas por um núcleo central positivamente carregado (onde se concentra a quase totalidade da massa do sistema) e uma camada de elétrons neutralizando a carga nuclear a grandes distâncias. Os números atômico (Z) e de elétrons que preenchiam a eletrosfera se correlacionavam com as propriedades químicas obtidas pela tabela periódica, de tal forma que as características essenciais da matéria, como massa e outras propriedades químicas eram, até então, estabelecidas segundo um modelo praticamente “acabado”. Chegou-se mesmo a usar os átomos de Hidrogênio como substância elementar, a partir de superposição que pudessem construir qualquer outro átomo. Porém, essa idéia não foi longe porque a massa atômica de muitos elementos desviava-se significativamente do múltiplo esperado da massa do átomo de hidrogênio e também porque, desde a descoberta da radioatividade (1896), foram acumulados outros dados que também questionavam a indivisibilidade dos átomos e a relação de suas propriedades com o número atômico (Marques, 2005; p.178).

Observou-se que os átomos emitiam radiações chamadas alfa, beta e gama. As duas primeiras identificadas como núcleos de átomos de Hélio e elétrons, respectivamente, e a última, pelos raios X de Röntgen. Assim, nem os átomos eram indivisíveis, nem mesmo o Hidrogênio seria o mais fundamental dentre eles. Por isso,

sua hegemonia estava ameaçada pelo átomo de Hélio. Posteriormente, foram descobertos os isótopos⁹. Dessa forma, a simples correlação entre o número atômico e as propriedades químicas dos elementos deixava de ser uma relação simples para assumir um caráter bem mais amplo e complexo que reunia espécies químicas idênticas, porém, com diferentes propriedades nucleares, ainda que possuíssem o mesmo número atômico.

Em 1932, descobria-se que uma nova partícula poderia também ser emitida pelos núcleos atômicos: o nêutron, partícula eletricamente neutra de massa pouco maior que a do núcleo dos átomos de hidrogênio, diferentemente das outras radiações nucleares observadas nas transmutações da radioatividade natural, alfa, beta e gama. Ao nêutron foi atribuído um papel tão fundamental quanto o do próton na constituição dos núcleos atômicos. Em lugar de adicionar átomos de hidrogênio para constituir os átomos dos diferentes elementos, nêutrons seriam adicionados a prótons com aquela finalidade. O número atômico seria, como antes, igual ao número de prótons (e dos elétrons na eletrosfera) e a existência dos isótopos explicada pela diferença entre o número de nêutrons. A própria estabilidade dos núcleos, com elevado número atômico, foi reforçada, pois com a presença de nêutrons a densidade da energia eletrostática de repulsão torna-se menor, permitindo a inserção de prótons em volumes que se tornariam instáveis caso ocupados unicamente por eles.

Ficou provado posteriormente que a intensidade da força elétrica não depende do estado de carga dos participantes, ou seja, tem o mesmo valor quando são dois prótons, dois nêutrons ou um nêutron e um próton. Assim, a atração nuclear entre dois prótons, entre um próton e um nêutron ou entre dois nêutrons é, finalmente, a responsável pela estabilidade nuclear (Caruso, 2005; p.179). Porém, essa idéia levantava ainda duas outras questões:

i) com núcleos maiores do que o hidrogênio, como no caso do nitrogênio, haveria uma concentração de partículas carregadas positivamente em uma região espacial da ordem de 10^{-15} m. Logo, tem-se uma força de repulsão coulombiana considerável entre essas partículas. Então, por que a maioria dos núcleos não explode?

ii) se não há elétrons no núcleo, como explicar a emissão dessas partículas pelos núcleos, como por exemplo, no caso de uma emissão beta?

⁹ Substâncias com as mesmas propriedades químicas, ocupando a mesma posição na tabela periódica dos elementos, mas com diferentes características na desintegração radioativa e também nos valores das massas, isto é, nas propriedades nucleares.

Essas questões levaram a ampliar ainda mais as investigações sobre o átomo e seu intrigante núcleo. Para responder a essas questões, foi necessário introduzir duas novas forças, as já existentes forças gravitacional e eletromagnética.

Até por volta de 1932, no cenário da física de partículas, já eram conhecidas partículas como elétrons, prótons, nêutrons, pósitrons (anti partícula do elétron e primeira partícula elementar a ser encontrada que não “pertencia” ao núcleo¹⁰) e também o neutrino. Sabia-se que o núcleo do átomo era composto por prótons e nêutrons, entretanto, o que deveria manter os prótons unidos no núcleo, apesar da repulsão da força elétrica, era totalmente desconhecido até então.

A partir da verificação de que a massa do próton é praticamente idêntica à massa do nêutron¹¹, ainda em 1932, Werner Heisenberg (1901-1976), deu o primeiro passo para solucionar o problema da estabilidade do núcleo.

Até a década de 1920, ninguém sabia explicar porque no decaimento beta, o elétron emitido pelo núcleo assumia valores de energias que variavam continuamente de zero até um valor máximo, em contraste ao valor esperado, que deveria ser bem determinado¹². Isso porque, todos os valores da equação que descreve o processo eram conhecidos. Além disso, se o núcleo inicial estivesse em repouso, esperava-se que o núcleo final e o elétron tivessem deslocamento na mesma direção e sentidos opostos para conservar o momento linear do sistema. Entretanto, nada disso era observado nas experiências.

Esses problemas levaram Bohr, em 1932, a questionar a validade dos teoremas de conservação, abalando um dos principais pilares da Física. Em um ato de “desespero”, Bohr sugeriu que as conservações de energia e momento linear não seriam válidas para o mundo microscópico.

Em 1930, Pauli sugeriu, para tentar resolver esses problemas, que no decaimento beta, uma outra partícula, sem carga e com massa praticamente nula, seria emitida junto com o elétron (Guzzo e Natale, 2005, p.195).

¹⁰ Por extensão à descoberta do pósitron, esperava-se encontrar a antipartícula do próton, com mesma massa e spin, porém com carga elétrica de sinal contrário. E assim, consolidar a teoria de que toda partícula teria a sua antipartícula e que, por conseguinte, levaria à descoberta da antimatéria.

¹¹ $m_{\text{próton}} = 938,27 \text{ MeV}/c^2$ e $m_{\text{nêutron}} = 939,56 \text{ MeV}/c^2$.

¹² No decaimento beta de um núcleo A, inicialmente em repouso, em um núcleo B mais um elétron, pode-se determinar a energia do elétron através da equação: $E_e = \left(\frac{m_A^2 - m_B^2 + m_e^2}{2m_A} \right) c^2$ (Guzzo e Natale, 2005, p.194).

Enrico Fermi (1901-1954), em 1931, tomou conhecimento da proposta de Pauli e batizou a tal partícula de neutrino (pequeno neutro, em italiano)¹³. Devido as suas propriedades, essa partícula não seria detectada e seria responsável por carregar a energia que faltava ao elétron, não sendo necessário alterar os teoremas da conservação.

Com a descoberta do nêutron, em 1932, por Chadwick, Fermi pôde formular uma teoria fundamentada para esse processo, mostrando que no nível mais fundamental, esse processo ocorria com o nêutron. O nêutron “transforma-se” (decai) em um próton com a emissão de um elétron e um neutrino¹⁴. Além disso, sua teoria era capaz de descrever o espectro de energia do decaimento beta, caso o neutrino tivesse massa ou não (Guzzo e Natale, 2005).

A partir de então, Werner Heisenberg utilizou o mesmo mecanismo proposto por Enrico Fermi para explicar o decaimento nuclear beta. Ele propôs que as duas partículas, próton e nêutron, poderiam ser interpretados como diferentes estados de carga de uma mesma partícula que denominou de núcleon. Contudo, um cálculo detalhado dessa força demonstrou que a mesma era mais fraca que a força elétrica e, portanto, não poderia conter a repulsão coulombiana dos prótons.

Em 1935, o físico japonês Hideki Yukawa propunha que deveria haver uma força de intensidade maior do que a repulsão eletromagnética (que seria a responsável pela estabilidade do núcleo, denominada posteriormente de força forte) como decorrência da troca de uma partícula hipotética, cujo valor da massa situava-se entre a do elétron e a do próton, razão pela qual ficou conhecida como méson ou méson.

Fazendo analogia com o fóton, o quantum da interação eletromagnética, previu um quantum para essa interação nuclear. Com um raciocínio simples envolvendo a Relatividade e o Princípio da incerteza, determinou a massa desse quantum, que deveria ser cerca de 300 vezes maior do que a massa do elétron. Para determinar essa massa, Yukawa utilizou o seguinte raciocínio:

¹³ O neutrino só foi detectado em 1956, em uma experiência onde ocorriam colisões de neutrinos oriundos de um reator nuclear com prótons de um cintilador líquido, por Clyde Lorrain Cowan (1919-1974) e Frederick Reines (1918-1998), dois cientistas que haviam trabalhado em Los Alamos na construção da primeira bomba atômica. A teoria de Fermi, também propunha que o processo do decaimento beta era devido à manifestação de um campo de força tão fundamental quanto os demais já conhecidos (campo gravitacional e o campo eletromagnético). Essa interação é hoje conhecida por **interação fraca**.

¹⁴ A equação para descrever o decaimento beta do nêutron é a seguinte: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$
(Bassalo, 2002, p.85)

Quando um sistema qualquer de cargas e correntes elétricas com interação eletromagnética emite um fóton real de energia E , a conservação de energia requer que a energia do sistema varie por uma quantidade igual, $\Delta E = E$, a emissão tomando um tempo Δt dentro dos limites da relação de incerteza de Heisenberg, $\Delta E \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$. Se o processo, entretanto, envolver um fóton virtual – o mediador da força eletromagnética – essa relação será violada e $\Delta E \Delta t < \frac{\hbar}{2}$. Sendo E a energia do fóton virtual (inobservável), r_0 o alcance das forças eletromagnéticas podemos tomar $\Delta t \approx \frac{r_0}{c}$ e, finalmente $E = mc^2$, para uma partícula relativística de massa m , obteríamos $r_0 < \hbar/mc$. Logo, a massa das partículas de Yukawa será dada por:

$$m \approx \frac{\hbar}{r_0 c} = \frac{1,054 \times 10^{-34}}{1,2 \times 10^{-15} \times 3 \times 10^8} \approx 300 m_e$$

. (Caruso, 2005, p. 180)

Numa abordagem mais refinada e desenvolvida, Yukawa mostrou que o méson deveria existir numa variedade eletricamente neutra e duas outras carregadas com cargas positiva e negativa. No entanto, essas partículas teriam um curto raio de ação, devido à suas massas de cerca de 10^{-15} m, restringindo-se apenas ao núcleo atômico.

No entanto, as primeiras indicações sobre a presença de partículas com massa entre a do próton e a do elétron vieram dos trabalhos de Carl Anderson e Seth Neddermeyer, em 1936 e J. C. Street e E. C. Stevenson, em 1937, todos operando Câmaras de Wilson ao nível do mar por meio da radiação cósmica¹⁵. Os resultados de Anderson & Neddermeyer foram mais qualitativos, enquanto Street e Stevenson foram capazes de atribuir um valor para a massa daquelas partículas: $170 m_e$. A partícula recebeu o nome de méson e se tentou, desde então, identificá-la como o méson de Yukawa. Estes resultados forneceram grandes subsídios para a chamada “teoria dos mésons”. Entretanto, observações posteriores indicavam que esta partícula, apesar de ter uma massa em torno de duzentas vezes a massa do elétron, não sofria interação forte, não podendo ser o méson previsto inicialmente por Yukawa.

A grande diferença entre o valor da massa observada e o valor previsto não constituía propriamente uma dificuldade porque tanto a estimativa de Yukawa como a medida de Street & Stevenson, baseada num único evento mensurável, eram muito

¹⁵ A Radiação Cósmica foi descoberta em 1911 por Viktor Hess em vôo de balão transportando um eletrômetro de precisão que indicava a presença de correntes elétricas na atmosfera mais intensas nas altitudes mais elevadas.

imprecisas. Constituía, sim, um enigma, conciliar a idéia de que tais partículas pudessem ser os agentes da interação nuclear forte (mésons de Yukawa) com o grande poder de penetração dessas partículas, capazes de atravessar toda a atmosfera sem realizar uma só interação para serem encontradas ao nível do mar. Durante os anos da 2ª Guerra Mundial, Conversi, Pancini e Picione fizeram um experimento fundamental, demonstrando que o méson tinha uma interação nuclear muito fraca e não poderia ser identificado como a partícula de Yukawa. Com essa contribuição levantava-se outra questão: nesse caso, qual seria então a partícula de Yukawa?

O problema teórico acabou sendo resolvido em parte por Sakata e colaboradores do grupo de Yukawa, em 1942. Nessa ocasião já se demonstrara que o méson era uma partícula instável, com vida de uns poucos microssegundos (Caruso, 2005). Sakata e colaboradores construíram um modelo segundo o qual a partícula de Yukawa seria também instável, desintegrando-se no méson que em seguida também se desintegraria (Op. cit)¹⁶. Assim, a partícula que estaria sendo observada, o méson, não era diretamente a partícula de Yukawa, mas produto de sua desintegração. O modo de desintegração em dois mésons, proposto por Sakata, permaneceu desconhecido da física ocidental até depois de terminado o conflito mundial, só vindo a ser notado após a sua descoberta experimental e, embora alguns dados quantitativos não fossem verificados, a experiência mostrou que a idéia era basicamente correta. (Caruso, 2005; p.185)

Vale dizer que a proposta de Yukawa não teve muita repercussão no Ocidente, devido, principalmente, à dificuldade com o idioma, no entanto, ela recebeu críticas de importantes físicos como Niels Bohr, que não acreditava que a Mecânica Quântica pudesse ser estendida a domínios de dimensões tão pequenas. Yukawa terminou recebendo o prêmio Nobel de Física, em 1949, pela proposta dessa partícula, mas até lá teve de resistir a muitos oponentes que só não foram mais numerosos porque a entrada do Japão na 2ª Guerra, em 1941, tornou o contato entre os físicos ainda mais precário.

Somente em 1947, com as experiências realizadas pelos físicos ingleses Cecil Powell e Muirhead, o italiano Giuseppe Occhialini e o brasileiro Cesar Lattes o problema foi solucionado. Eles descobriram, experimentalmente, a desintegração do méson batizando-a com o nome pelo qual ficou conhecida: méson π ¹⁷.

¹⁶ Como já foi destacado, esse processo ficou conhecido como desintegração em dois mésons.

¹⁷ As variedades carregadas e neutras do méson π têm propriedades idênticas no contexto da força forte, tal como ocorre com prótons e nêutrons e, à semelhança desse caso, são chamados de píons.

Utilizando uma nova técnica de emulsões fotográficas nucleares, exposta em grandes altitudes, aquele grupo de cientistas observou a produção de dois mésons, chamados de méson pi (píon atualmente) e méson mi (múon atualmente). A partícula observada por Carl Anderson (múon) era, na verdade, o produto do decaimento do verdadeiro méson de Yukawa.¹⁸

Vale mencionar que no começo dos anos de 1930 a descoberta dos chuveiros penetrantes por Gleb Wataghin e seus colaboradores, no Departamento de Física da USP, mostrou que o mésotron, ou o que o acompanhasse na componente dura, podia penetrar espessuras apreciáveis de materiais densos e ainda dar curso a processos de multiplicação de novas partículas penetrantes. O mésotron da componente dura tinha propriedades contraditórias, pois de um lado interagia fortemente com a matéria nuclear e de outro interagia fracamente, permitindo que atravessasse toda a atmosfera sendo possível ser encontrado até mesmo a vários quilômetros abaixo da superfície rochosa da Terra. Algo faltava, obviamente, para uma descrição completa da componente dura. O elo que faltava foi descoberto por Lattes e o grupo de Bristol, nas reproduções fotográficas dos eventos que registraram em chapas expostas em grandes altitudes. Assim, foi possível verificar um méson mais pesado desintegrando-se num outro mais leve e numa partícula neutra, sendo ambos levados ao repouso sem deixar traços de sua desintegração¹⁹. A primeira partícula foi chamada de méson pi e a segunda de méson mi. Posteriormente, mediram suas massas e ficou esclarecido que o méson mi não era senão o mésotron de Anderson e Neddermyer, Street e Stevenson. A instabilidade dessa partícula, observada anteriormente por Rasetti e outros e não encontrada nas emulsões C2 utilizadas pelo grupo de Bristol, foi confirmada em fotografias de câmara de Wilson em 1948 e, em 1949, pelo próprio grupo de Bristol, usando emulsões fabricadas pela Ilford, sensíveis a elétrons. Já o meson pi teve destino mais nobre: foi identificado como a partícula de Yukawa e, no ano seguinte, produzido artificialmente por Gardner e Lattes no recém construído sincrociclotron da Universidade da Califórnia, dando início aos estudos de física sub-nuclear com aceleradores (citado em Caruso, 2005).

¹⁸ Hoje em dia, a partícula proposta por Yukawa é chamada de méson pi ou píon (π), que se apresenta em três versões: π^+ (139,57 MeV/c²), π^- (139,57 MeV/c²) e π^0 (134,97 MeV/c²), sendo a pequena diferença de massa, atribuída possivelmente à carga elétrica. Já a partícula de massa de 106 MeV/c² é chamada de **múon** (μ) pertencendo a um outro grupo de partículas denominadas léptons, sendo considerado uma espécie de primo mais pesado do elétron, que são diferentes dos mésons. (Bassalo, 2000)

¹⁹ As emulsões utilizadas não eram sensíveis a partículas de ionização mínima e, portanto, não podiam mostrar trajetórias de elétrons ou pósitrons.

1.5- Lattes e o processo de descoberta do méson

Um período relevante dentre os momentos vividos pela Física no Brasil, foi na década de 1940. Cesar M. G. Lattes foi um dos nossos físicos de uma geração que, a partir desta época, teve seu nome ligado a resultados científicos de grande repercussão, contribuindo para o avanço e progresso da Física e da ciência no Brasil e fora dele.

Sua carreira científica teve início em meados dos anos quarenta, no então departamento de Física da FFCL da USP. Após terminar o curso de Física em 1943, publicou seus primeiros trabalhos em física teórica com Wataghin e M. Schenberg em 1945 sobre a abundância dos elementos no Universo (Marques, 1994, p.14).

G. Occhialini (que já havia trabalhado com P. Blackett²⁰ confirmando a existência do pósitron e a produção de pares de elétrons resultantes de fótons de alta energia), quando chegou à FFCL, tentou por em funcionamento uma câmara de Wilson de grandes dimensões telecomandada por contadores Geiger, análoga a que havia trabalhado com Blackett. Este dispositivo alterou a carreira de Lattes que trocou a Física teórica pela Física experimental dos raios cósmicos sob liderança não mais de Wataghin, mas de Occhialini (Andrade, 1999, p.25).

Assim como Marcelo Dammy, M. Schenberg e outros físicos da geração anterior foram estudar fora do país, C. Lattes também foi fazer ciência no exterior. Isso ocorreu após Occhialini deixar a USP e o país para trabalhar com Cecil Powell no *H. H. Wills Physical Laboratory*, em Bristol, Inglaterra. C. Powell era diretor do laboratório e estudava as reações nucleares através de emulsões fotográficas. Occhialini considerou que tal método era limitado e pouco eficaz. Acreditava que Powell poderia obter melhores resultados se aumentasse a densidade de prata na emulsão fotográfica. Lattes, ao receber de Occhialini emulsões fotográficas revelando traços de prótons e partículas alfa, obtidas com o novo concentrado de emulsão produzido experimentalmente pela Ilford, imediatamente escreveu uma carta para Occhialini pedindo para trabalhar com as novas placas, pois este detector era mais denso para ver partículas parando do que a câmara de Wilson com que ele trabalhava aqui. (Lattes, 1984, p.01).

A ida de Lattes a Bristol tornou-se viável porque, para o trabalho com a nova chapa proposta por Occhialini para detecção de novas partículas, era necessário recrutar mais cientistas. Entretanto, os jovens físicos ingleses estavam sendo recrutados

²⁰ Nobel em 1948 pela descoberta do pósitron.

para trabalharem no esforço de guerra. Além disso, os ingleses desprezavam a física experimental e as universidades do interior. Mas Occhialini, sabendo da vontade de Lattes de estudar em instituições estrangeiras, propôs a Powell convidar o brasileiro para integrar o grupo de Bristol (Andrade, 1999, p.27). Foi dada a Lattes a tarefa de obter o fator de encolhimento da nova emulsão. Essa tarefa propiciou determinar a relação alcance-energia dos prótons, relação fundamental que foi utilizada durante muito tempo (Caruso et al, 1999; p.50). Lá, Lattes trabalhou também em outras pesquisas, tanto na parte teórica quanto experimental, quase todas envolvendo, de alguma forma, as ações das partículas nucleares nas emulsões fotográficas.

Powell e Occhialini estavam utilizando as antigas chapas fotográficas no espalhamento nêutron-próton, o que dificultava ver os traços de prótons na emulsão, quando a trajetória da partícula estivesse inclinada com relação ao plano da emulsão. (Andrade, 1999, p.28).

No intuito de detectar o méson proposto teoricamente por H. Yukawa nos raios cósmicos, Lattes solicitou à empresa fotográfica Ilford que as novas placas fossem impregnadas com *bórax* a fim de eliminar o *fading* (desaparecimento das imagens deixadas pelas partículas quando passa algum tempo entre a exposição e a revelação²¹). A resolução desse problema era essencial para a observação dos fenômenos mais difíceis de serem detectados por necessitarem exposições mais longas. Assim, uma das grandes contribuições do brasileiro foi exatamente identificar um composto que, misturado às emulsões, fosse capaz de alongar o tempo de exposição das imagens viabilizando assim as exposições de longa duração. (Marques, 1999, p.06)

Levando algumas emulsões tratadas com *bórax* e outras sem, Occhialini, aproveitando uma viagem de férias, subiu até o Laboratório do *Pic du Midi* (2.800m) nos Pirineus para exposição das chapas durante aproximadamente um mês. Verificou-se assim, que além de não ter ocorrido o desaparecimento da imagem fotográfica nas placas com *bórax*, elas apresentavam uma variedade de eventos com grande riqueza de detalhes. No entanto, nessa exposição, haviam sido obtidos poucos eventos completos, sendo caracterizado como uma amostragem pobre.

O estudo de Lattes a respeito do desaparecimento da imagem latente nas exposições foi de grande importância, conforme relatado pelo próprio Occhialini:

²¹ Para compreender um pouco melhor esse processo, ver em Marques, 1999

Após a descoberta de que mesmo nas novas emulsões, o desaparecimento gradual da imagem era importante, ficou claro que o tempo de exposição deveria ser encurtado. O ganho de algumas semanas causado por isso mostrou-se crucial. Naquela época, outros grupos da Europa expunham chapas em aeroplanos e nós, sem saber, participávamos da corrida do decaimento píon-múon. (Occhialini, 1948, p.2067)

Lattes propôs que as exposições ocorressem no Monte Chacaltaya (5.600m) a 20Km de La Paz, na Bolívia. Ali, conseguiram um número grande de eventos novos e suficientes para efetuarem as medidas que faltavam, tornando possível determinar a massa do méson precisamente. O valor encontrado foi de 273,73 vezes a massa do elétron. Esta medida estava de acordo com os valores previstos por H. Yukawa (Marques, 1999, p.08).

Apesar dessa importante participação de Lattes na detecção do méson pi via radiação cósmica que, segundo Occhialini (1948, p.2066), já merecia um lugar na história, ela não mostrou de maneira conclusiva que o méson pi fosse uma partícula nuclearmente ativa. A demonstração experimental de que o méson pi tinha de fato forte interação com o núcleo da matéria só ocorreu um ano depois, em 1948, quando Lattes foi trabalhar com Eugene Gardner no sincrociclotron de 184 polegadas situado no *Radiation Laboratory of Berkeley*, nos Estados Unidos. Com esse equipamento, era possível acelerar partículas alfa, formando um feixe de 380 Mev que colidia com prótons e nêutrons no alvo de carbono onde se situavam as placas de emulsões já desenvolvidas por Lattes, em Bristol. Dessa forma, foi possível produzir artificialmente o méson pi, demonstrando que essa partícula, emitida através das colisões entre as partículas alfa com os prótons e nêutrons do alvo de carbono, interagiu fortemente com a matéria nuclear. Encerraram-se assim as principais propriedades nucleares que caracterizavam o méson pi. (Marques, 1999, p.10)

Desses dois principais trabalhos de Lattes, a descoberta em Berkeley foi a de maior repercussão, principalmente pela mídia brasileira da época que logo tratou de mitificá-lo num verdadeiro processo de “heroificação” nacional. Lattes foi considerado pela opinião pública brasileira como um símbolo de esperanças coletivas, uma vez que a física, nessa época, estava associada à idéia de progresso, traduzindo como uma aliada na luta contra o subdesenvolvimento²².

²² Maiores detalhes podem ser identificados no trabalho de Andrade, 1994

O envolvimento de Lattes na detecção dos mésons tanto em Bristol como em Berkeley tornou-se um grande acontecimento da História do Brasil, principalmente pela época do pós-guerra. Após esse episódio, tornou-se possível arregimentar forças antes dispersas pela sociedade através de faculdades, no mundo dos negócios, nos quartéis e palácios da política brasileira. A união dessas forças contribuiu para a criação do CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas), em 1949 e do CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas), em 1951, ambos projetos antigos de professores da Universidade do Brasil e de escolas militares, e de membros da Academia Brasileira de Ciências. Lattes passou a ser uma espécie de “porta-voz” entre a ciência e os interesses políticos.

Reivindicações de professores tiveram sucesso com o pós-guerra quando negociação entre ciência e política passou a ser liderada por militares e físicos, dentre as quais Lattes e o Almirante Álvaro Alberto da Motta e Silva. No comércio de trocas simbólicas, permutava-se poder por conhecimento científico; isto é, apoio de toda ordem para o funcionamento do CBPF e conhecimento científico para viabilizar a produção futura de energia nuclear. (Andrade, 1999, p.06)

Outro exemplo de contribuição foi à cooperação científica estabelecida com pesquisadores japoneses (colaboração Brasil-Japão de Raios Cósmicos – CBJ). Além de amplas aberturas no terreno da institucionalização da ciência no Brasil e na América do Sul, como o Laboratório situado no Monte Chacaltaya que se transformou em um centro científico do maior interesse internacional, abrigando em suas dependências equipamentos e cientistas de todas as partes do mundo que desenvolveram importantes trabalhos sobre a radiação cósmica. (Caruso et al,1999, p.51-52)

Apesar de Lattes e Occhialini não terem sido consagrados com o prêmio Nobel, todos os países que se envolveram nessa empreitada foram de alguma forma contemplados: nos Estados Unidos e Inglaterra novas descobertas científicas foram conseguidas além do aperfeiçoamento de artefatos importantes para o desenvolvimento da ciência. No Brasil e também na Bolívia, países até hoje considerados mais consumidores do que produtores de ciência e tecnologia, a credibilidade obtida por Lattes foi investida na aliança entre ciência e política para fomentar a institucionalização da pesquisa científica e atrair cientistas estrangeiros para colaborar na produção e difusão da física moderna.

Capítulo 2

Ciência e Valores

2.1- Introdução

É inegável que a ciência faz parte de um mundo complexo recheado de idéias abstratas no qual se inserem áreas como a matemática, a filosofia, a política, a economia, dentre outras. No entanto, quando voltamos para a parte interna da ciência, no que diz respeito aos conceitos e teorias da física, por exemplo, podemos perceber que ela é altamente estruturada²³, seus conceitos e definições hoje podem ser representados e discutidos em quase todo lugar do mundo. Os critérios de validação das teorias envolvem alguns pressupostos mais ou menos estabelecidos e que aparentemente em nada influenciam na aceitação delas. A ciência possui uma linguagem e uma metodologia universais e seus critérios de validação e aceitação são os mesmos em qualquer lugar.

As regras gerais que caracterizam uma boa pesquisa científica foram trazidas para o Brasil. Todo o treino científico, a aquisição de métodos de pesquisa e a experiência de investigação foram basicamente importados.

Ainda que a ciência possa ter algum objeto de estudo caracteristicamente regional, como, por exemplo, a vegetação e a fauna brasileira ou mesmo a cultura de nossos índios, porém, mesmo se tratando de temas caracteristicamente regionais, as bases teóricas e metodológica não se constituem em algo genuinamente brasileiro. Por esses e outros motivos, não se deve falar em “ciência nacional ou brasileira”.

Com relação à nossa proposta, podemos dizer que os assuntos e temas a respeito da física no Brasil, podem se dividir essencialmente em duas dimensões distintas: uma que trata dos conteúdos e teorias contemporâneas da física e outra que aborda o peso dos condicionantes sociais na produção do conhecimento e demais fatores que se vinculam.

Um tema que discute e diferencia estas duas dimensões, diz respeito aos valores presentes e incorporados na atividade científica. Uma discussão sobre estes valores, muitas vezes implícitos, nas duas dimensões, diz respeito à neutralidade da

²³ Mais sobre a discussão a respeito da estrutura da física pode ser encontrado em Robilotta & Babichak, 1997. Lá eles discutem a respeito das definições e conceitos em física.

ciência. Assunto que não é novo e já há muito tempo vem sendo debatido por cientistas, filósofos e epistemólogos da ciência.

2.2- Considerações sobre o conhecimento científico

A busca pela compreensão e entendimento dos fenômenos naturais sempre foi motivo de investigação pelo homem ao longo de sua evolução. É essa busca pela sabedoria e desejo de conhecer que também integram a ciência. Suas origens parecem se vincular à própria natureza humana. Um dos objetivos elementares da ciência consiste essencialmente em tornar o mundo compreensível e inteligível. Ela busca elaborar explicações e entendimento a respeito dos fenômenos da natureza. Para isso, busca elaborar leis que os regem proporcionando meios de exercer controle sobre ela. O conhecimento científico é, portanto, “um processo de apropriação mental que o homem busca realizar no intuito de elaborar e implementar explicações sobre a natureza apontando o que e como são as coisas” (Badaró, 2005).

Desde o surgimento da ciência moderna no século XVII, sua vinculação aos meios produtivos e posterior integração com a tecnologia tornaram a prática científica e a própria ciência, de modo geral, cada vez mais consideradas e de grande valor social. A partir de então, tornou-se crescente seu poder de penetração e influência social, a ponto de hoje podermos dizer que o conhecimento científico está presente em todas as esferas de organização da sociedade, desde a vida cotidiana até a elaboração de concepções mais complexas sobre ciências.

Ao longo do desenvolvimento e crescimento da influência da ciência na sociedade, percebeu-se que ela se tornou detentora de uma verdade quase absoluta. Aliada à tecnologia vem exercendo grande poder na consciência comum do homem em seu dia a dia, tanto que grande parte da população credita o desenvolvimento da ciência como um dos principais responsáveis pela melhoria da qualidade de vida da população. Apesar de seus efeitos negativos e demais problemas que seu avanço vem gerando e ainda poderá gerar, a maior parte das pessoas acredita que os benefícios que ela traz sejam maiores que os malefícios (Vogt e Polino, 2003).

A partir do positivismo, que buscou valorizar demasiadamente o saber científico em detrimento de outras formas de conhecimento, criou-se o mito do cientificismo ou uma espécie de ideologia cientificista. Isso se configura como a crença no poder que a ciência teria de tudo explicar, conhecer e resolver sem limites para a ação humana. Essa ideologia cientificista usaria então uma imagem idealizada da atividade científica

na busca desinteressada e correta para a solução dos problemas, consolidando uma visão estereotipada da atividade científica como neutra e sem interesses na busca de exercer o controle sobre a natureza, ou ainda, que esse cientificismo é desinteressado das questões sociais ou morais e não se presta a nenhum valor em particular, podendo ser explicado independentemente de qualquer valor. A ciência geraria produtos teóricos neutros e completamente isento de qualquer forma de valores sociais ou morais.

A defesa da neutralidade científica fica estabelecida pelo fato do conhecimento científico se constituir em um conhecimento racional e objetivo capaz de representar a realidade tal como ela realmente é. Tudo se passa como se os critérios da ciência devessem ser universalmente válidos e como se as preocupações científicas e técnicas devessem ser consideradas como verdades absolutas. Valores morais ou sociais do cientista, da sua classe social, de seu país ou mesmo do momento histórico no qual a ciência é praticada por ele ou pela comunidade a que pertence, são independentes e não possuem qualquer relação na busca pelo entendimento da natureza. O papel do cientista seria o da busca desinteressada pela verdade científica. Suas motivações se dariam essencialmente pelo prazer dessa busca.

Por outro lado, há os que defendem a tese da não-neutralidade da ciência. Os defensores dessa tese acreditam que a ciência e a atividade científica não se baseiam simplesmente na busca desinteressada pelo entendimento científico capaz de explicar a natureza como ela é. Eles afirmam que o desenvolvimento da ciência é algo mais complexo e que está relacionado com interesses que se vinculam aos aspectos sociais, econômicos, políticos, dentre outros. Para esses críticos da ciência existem elementos não exclusivamente cognitivos presentes no desenvolvimento das pesquisas científicas. Esses seriam os principais fatores que tirariam da ciência sua suposta neutralidade. Assim, uma vez admitida tais influências, a tese da neutralidade da ciência passa a ser uma falácia.

A discussão em torno do tema neutralidade x não-neutralidade da ciência não é recente. Contudo, a tese da não-neutralidade se apresenta, muitas vezes, de maneira ambígua e confusa, tornando-se uma tese frágil devido à ausência de uma argumentação mais consistente e clara. Torna-se necessário, para se negar a tese da neutralidade, estabelecer uma boa base argumentativa que possibilite uma discussão mais ampla e fundamentada.

Os “ingredientes” necessários para a obtenção de uma boa argumentação acerca da não-neutralidade da ciência, parece que consiste na obtenção de uma tese

que não rompa abruptamente com a racionalidade científica estabelecida e que se mantenha num padrão aceitável para o encaminhamento das discussões. Por isso, torna-se inicialmente essencial, buscar rebater qualquer forma de relativismo.

2.3- Considerações sobre o relativismo na ciência

O termo “relativismo” pode ser usado para designar qualquer filosofia que afirme que a veracidade ou a falsidade de uma proposição é relativa a um indivíduo ou a um grupo social (Sokal e Bricmont, 2001, p.61). Aquilo que é considerado como uma boa ou má teoria científica irá variar dependendo de indivíduo para indivíduo, bem como de sua comunidade.

O relativismo nega que haja um padrão de racionalidade universal não-histórico, em relação ao qual possa se julgar que uma teoria é melhor que outra.

(...) para o relativista os critérios para julgar os méritos das teorias dependerão dos valores ou dos interesses dos indivíduos ou da comunidade que os nutre. (Chalmers, 1993; p.139-140)

Adotar uma postura relativista perante a ciência poderia significar uma rejeição implícita no que diz respeito às tentativas de estabelecer critérios a fim de validar e selecionar teorias. Estas tentativas poderiam deixar continuamente os critérios sob suspeita por considerar sua filiação a certos valores em detrimento a outros. Isso tornaria o empreendimento científico abalado e sem rumo. Estes valores estariam situados nos campos social, psicológico e cultural. Enfim, poderia haver uma conexão deturpada entre os elementos cognitivos que validam e definem as teorias científicas com o papel social da ciência e da atividade científica de forma geral.

Outro ponto que caracteriza uma postura relativista consiste no fato de se acreditar que todo ato gerador de conhecimentos provem essencialmente do sujeito em interação com os fenômenos a observar. As explicações propostas seriam então subjetivas e não descreveriam um mundo independente, ou seja, a realidade observada e descrita seria inteiramente dependente do observador. Assim, para os relativistas, seria impossível o conhecimento genuíno da realidade objetiva e universal, uma vez que a análise e a interpretação dos fenômenos seriam afetadas por considerações pessoais.

Se considerarmos que o “subjetivo” envolve também influências e crenças sugeridas pelas culturas nos trabalhos dos cientistas e das comunidades a que pertencem, abre-se precedentes para questionar a independência da racionalidade e objetividade da ciência. Entretanto, ainda que se leve em conta tais influências na

atividade científica, ela poderia ser distinguida em que esfera exerceria estas influências e em que momentos ela ocorreria. Neste sentido, vale destacar que os resultados e conclusões de pesquisas geralmente são submetidos a uma comunidade mais ampla, buscando concordância, consenso entre os membros dessa comunidade de investigação. Essa medida busca manter intacta a ligação com a objetividade e com a idéia de racionalidade como obediência a determinados critérios. Isso parece afastar os possíveis perigos do relativismo, principalmente se for extrapolado e considerado que as eventuais influências de cunho social e/ou psicológicos possam escapar das influências de todas as comunidades humanas, possíveis e atuais, para encontrar explicações ou associações fora dos padrões de coerência e da concordância. Aqui, o relativismo se faz presente pelo fato de se considerar que uma investigação venha a convergir para um ponto comum ou de que a verdade esteja acima dos homens, esperando ser decifrada.

Se olharmos para a história, em nenhum momento a humanidade pode olhar para trás e concluir que se chegou à “verdade definitiva”. O que geralmente ocorre é a busca por tentar retratar porque pontos de vista do passado foram considerados verdadeiros nesse mesmo passado para, então, explicar como podemos caminhar e rever nossas considerações numa direção mais promissora e correta. E assim, o processo se repete ao longo do tempo, pois, *“b fim da atividade humana não é o repouso, mas antes uma atividade humana melhor e mais rica”*. (Rorty, 1997; p.74).

Outro ponto que também merece destaque diz respeito ao fato de que os cientistas acreditam que suas investigações procuram descrever a realidade do mundo como um caminho na busca da verdade objetiva, caminho este que segue métodos de controle, testes, comprovações, podendo estar sujeito a retificações, correções e exclusões. Por este ponto de vista, a busca da verdade é objetiva e não fruto de uma construção pessoal e subjetiva, nem social da verdade científica, como entende o relativista.

De acordo com Sokal e Bricmont (2001)

(...) não há dúvida de que a atitude relativista está em conflito com a idéia dos cientistas sobre sua própria prática. Enquanto os cientistas tentam, da melhor maneira possível, adquirir uma visão objetiva do mundo (ou, antes, de certos aspectos dele), os pensadores relativistas dizem-lhe que estão perdendo seu tempo e que tal empreendimento é, por princípio, uma ilusão. (Sokal e Bricmont, p.61)

Adotar uma postura relativista, que encara a verdade científica como recheada de crenças que se relacionam com o mundo de um modo, rejeitando outros, nos parece mais apropriado para uma discussão a respeito do papel social da ciência do que simplesmente para analisar a natureza da ciência.

Pelo fato de a ciência ser desenvolvida admitindo-se a busca para caracterizar e revelar o mundo natural, ou ainda, ser uma representação da realidade por meio de modelos explicativos, há quem justifique a existência de um relativismo natural no interior do discurso científico. Para isso, buscam-se explicações científicas do passado. Ainda que elas possam ter sido consideradas verdadeiras e válidas no passado, hoje podem estar totalmente ultrapassadas, até mesmo porque tem sido normal que novas estruturas e modelos mais sofisticados de explicação da realidade descrevam melhor novos fenômenos observados. O próprio avanço tecnológico, do qual as pesquisas científicas freqüentemente se apropriam e contribuem para as observações e medições presentes nas experiências empíricas, permite que a realidade vigente possa ser transformada ou modificada ampliando as possibilidades e recursos da investigação científica. Assim, parece ser coerente que o cientista não espere que seu trabalho retrate uma realidade definitiva, imutável e como ela é em si mesma. O cientista tem consciência de que o conhecimento que desenvolve é sujeito a correções e aproximações, que seu esforço é no sentido de apresentar uma verdade passível de ser modificada, abandonada ou substituída por outra mais adequada aos fenômenos observados. Entretanto, essa maneira de encarar o conhecimento científico não significa assumir uma postura relativista principalmente por não violar a idéia de verdade objetiva.

No campo da filosofia da ciência, de acordo com Sokal e Bricmont (2001, p.85), Thomas Kuhn e Paul Feyrabend são tidos, por alguns, como um dos precursores do relativismo científico moderno. Para Chalmers (1993), os critérios utilizados por Kuhn para avaliar se uma teoria é melhor do que outras estão inclusos alguns aspectos como: precisão nas previsões (principalmente quantitativa), o número de problemas diferentes capaz de resolver, além de simplicidade e compatibilidade com outras especialidades. Estes critérios, dentre outros, constituem valores da comunidade científica. O estabelecimento desses critérios deve representar um sistema de valores de uma ideologia em conjunto com as instituições por meio dos quais o sistema é transmitido e executado. Neste sentido, a interpretação de Kuhn dá indícios de que a escolha de teorias, ou o que ele chama de mudança de paradigma, se devem principalmente a

fatores não empíricos. Assim, uma vez aceitas, atrelam nossa visão de mundo de tal forma que só poderá ser confirmada por meio de experiências posteriores.

A idéia de Kuhn poderá dá margens para considerar que as teorias determinam a percepção dos resultados experimentais, ou ainda, que a percepção do que é considerado um problema depende do paradigma ou da comunidade científica (Chalmers, 1993; p.146). Essas colocações abrem “brechas” para interpretações relativistas da ciência. Ainda que Kuhn tenha buscado desmentir aqueles que o acusavam de relativista, no mínimo é lícito afirmar que ele se expressou de modo ambíguo. (Sokal e Bricmont, 2001, p.81)

Paul Feyerabend é outro personagem bastante lembrado nas discussões sobre relativismo. Ele argumenta que não é razoável esperar que a ciência seja explicável com base em algumas regras metodológicas simples. Sua famosa frase: *“Todas as metodologias têm suas limitações, e a única “regra” que sobrevive é “qualquer coisa serve”* (Feyerabend, 1975; p.296), tornou-se emblemática para representar uma postura relativista.

Tal raciocínio dá margens a interpretação de que as regras e os critérios metodológicos não devessem se submeter a nenhum padrão razoável de racionalidade. Isso possibilitaria a abertura de caminhos para atitudes anticientíficas, extremamente relativistas e sem propósito. Apesar de considerarmos difícil tentar estabelecer critérios de codificação do chamado “método científico” (como sendo capaz de nos fornecer as regras para uma boa e acertada escolha de teorias), isso não impede o desenvolvimento de certas regras metodológicas mais flexíveis de validade mais ou menos gerais, com base em experiências anteriores²⁴.

A partir das considerações levantadas, o relativismo se mostra como uma postura incapaz de sustentar suas próprias posições assumidas. Mais do que isso, qualquer debate perde seu sentido. Por isso, torna-se essencial, para que a ciência e a atividade científica não percam seu caminho, que busque se pautar nos critérios de racionalidade e proponham descrever a “verdade científica” de maneira objetiva a partir dos valores cognitivos.

Não é nosso objetivo fazer uma análise aprofundada sobre as posturas relativistas atuais. Nosso intuito aqui é reforçar nossa posição de que o relativismo não

²⁴ Não estamos aqui afirmando de maneira conclusiva que T. Kuhn e P. Feyerabend sejam relativistas “natos” ou que não aceitem que as teorias da ciência se submetam a um padrão razoável de racionalidade, apenas procuramos exemplificar possíveis posturas relativistas, por meio de algumas de suas colocações que abrem eventuais “brechas” para interpretações ambíguas a respeito do relativismo científico, segundo os autores aqui citados.

nos parece fornecer um caminho frutífero e coerente a respeito da não-neutralidade da ciência por rejeitar os princípios de racionalidade. Entretanto, consideramos razoável admitir que por trás de algumas eventuais posições relativistas possa haver um posicionamento importante de crítica principalmente com relação ao papel da ciência diante da tecnologia nas sociedades modernas.

Grosso modo, uma postura relativista não parece mostrar a força necessária que todo argumento deve ter a fim de estabelecer uma discussão mais consistente e bem embasada. Se tudo é relativo ao indivíduo, ou a um momento histórico, social, político etc, não se chega a um resultado claro e objetivo que possa ser mais bem analisado e explorado, portanto, não expressam convicções e não fazem tentar convergir as diversas variáveis para um patamar aceitável no intuito de viabilizar as discussões.

Para nossas discussões a respeito da ciência, admitimos que ela seja portadora de uma racionalidade altamente consistente e de grande autoridade no qual a descrição e a busca do entendimento do mundo físico pode ser estabelecida por meio das teorias científicas. Ela pode ser concebida como uma ferramenta poderosa para pensar o mundo da ciência. Não é nosso objetivo tentar questionar ou mesmo “quebrar” a forma como a racionalidade científica está estabelecida. Deixamos essa incumbência para a filosofia da ciência cujo tema já é objeto de discussões há mais de trezentos anos.

2.4- A filosofia da ciência de Hugh Lacey

Para o encadeamento da discussão a respeito da neutralidade da ciência, nos apropriamos de algumas das idéias do filósofo Hugh Lacey. Lacey trata da neutralidade científica a partir do momento em que propõe um modelo de racionalidade científica que não desvincula os valores cognitivos presentes no interior da ciência e da atividade científica com os valores não-cognitivos referentes aos fatores externos à ciência²⁵.

Lacey, ao tratar a respeito do conceito de neutralidade científica de maneira mais ampla, divide o assunto em três outros subtemas, ao mesmo tempo em que define três noções: imparcialidade, neutralidade e autonomia.

a) imparcialidade

²⁵ Na verdade, Lacey não focaliza explicitamente a racionalidade da ciência, mas está implícito em seu discurso sobre a ciência que ela é percebida claramente como um modo específico de entendimento do mundo.

Trata do processo de seleção de teorias no interior da ciência. Ela traduz um valor que deve estar presente e incorporado na prática científica. Aqui ainda não é considerado o papel dos valores sociais na atividade científica, bem como é evitado o relativismo como uma forma de preservar a imparcialidade como um ideal, isto é, como um valor em si.

b) neutralidade

Expressa basicamente o valor de que a ciência não possui uma moral particular. O ideal representado pela neutralidade vai nos informar que uma teoria tida como correta se adequa a qualquer perspectiva de valor, ideologia ou visão de mundo.

c) autonomia

Pressupõe inicialmente uma distinção entre a pesquisa científica básica e a pesquisa aplicada. A pesquisa básica, pelo fato de possuir como meta o aumento do conhecimento (independente de aplicações), precisa ser patrocinada por instituições autônomas. Significa que não devem exercer qualquer tipo de pressão ou interferência, seja de ordem econômica, política ou moral, para que os cientistas não desenvolvam posturas ou interesse diferentes da manifestação dos valores cognitivos em suas teorias. Ao contrário da pesquisa básica, a aplicada poderá ser utilizada com fins mais específicos e bem determinados em favor de algum grupo ou sociedade específica.

A autonomia busca essencialmente garantir que as prática científicas sejam guiadas para o objetivo principal de obter teorias que satisfaçam aos requisitos de imparcialidade e neutralidade, logo, elas procedem melhor se não se vincularem a possíveis “influências externas” (conf. Lacey, 1998).

Vários filósofos da ciência, que adotaram a racionalidade científica como uma forma superior da ciência buscar descrever o mundo físico, tentaram estabelecer critérios e regras metodológicas cuja correta aplicação seriam capazes de desvendar os segredos para o sucesso de uma boa seleção de teorias. Tais regras poderiam ser indutivas, dedutivas, hipotético-dedutivas, ou como uma combinação delas. Entretanto, a tentativa de estabelecê-las como critérios que dão origem à teoria ou como se relacionam com os dados empíricos são controversos. Sobre isso, Lacey afirma que *“muito do que é aceito como progresso científico não pode ser explicável como algo que foi gerado ou legitimado por elas.* (Lacey, 1998; p.91)” Em nenhuma das alternativas propostas pode-se afirmar que a racionalidade da ciência tenha sido explicada de forma inquestionável. (Lacey, 1998)

Hugh Lacey vem tratando a filosofia através de uma análise envolvendo as relações sociais como tema central e utilizando a tese sobre ciência e valores²⁶.

Lacey tem seu pensamento vinculado à filosofia analítica, cujo foco central diz respeito ao processo de seleção entre teorias rivais na ciência. Contudo, nos últimos anos, Lacey tem enfatizado suas críticas ao materialismo científico e ao capitalismo. Ele trata das questões que dizem respeito à ciência e à tecnologia modernas estreitamente articuladas com sua crítica ao capitalismo. Essa crítica é sustentada por incorporar uma supervalorização do controle da natureza em detrimento de outras formas de relacionamento com a mesma, alegando que ciência e tecnologia seriam manifestações dessa corrente. Mas suas críticas ao materialismo e ao capitalismo se dão em termos de valores e não na esfera econômica de produção.

Lacey realiza um questionamento mais geral entre ciência e o complexo mundo dos valores evitando cair no relativismo. Ele desenvolve a discussão a respeito dos valores utilizando um sistema de referência que abandona o projeto positivista de tratar a racionalidade científica como estabelecimento de regras ou algoritmos para escolha ou validação de teorias. Ele passa a analisar a prática científica como um conjunto de valores cognitivos, cuja manifestação numa teoria em grau elevado é o que constitui o critério racionalmente aceitável e legítimo. Ele propõe que esses critérios ocorrem por meio de uma relação dialética entre os integrantes da comunidade científica a respeito do grau de manifestação de tais valores por uma teoria ou teorias rivais. Tal idéia é contrária à aplicação de um algoritmo ideal por cientistas individuais. Para Lacey, é uma busca não promissora a tentativa de estabelecer regras ou algoritmos.

A maneira como Lacey encara a atividade científica oferece maior abertura a interpretações controvertidas que o julgamento a respeito dos valores admite no interior de sua prática. Sua proposta significa uma mudança na forma tradicional de se abordar a racionalidade científica por torná-la mais flexível e aceitar discordâncias entre os membros da comunidade científica em razão de suas práticas. Ao contrário da busca pelas regras, busca apontar, de maneira inequívoca, uma conclusão capaz de decifrar o código racional para uma eficiente seleção de teorias e uma forma correta de se pensar cientificamente.

²⁶ Lacey é um filósofo nascido na Austrália e radicado nos Estados Unidos. Ele possui uma estreita relação com o Brasil, tendo sido professor na USP entre 1969 a 1971 e, ainda hoje, são comuns suas visitas ao Brasil para participar de bancas, eventos, dar cursos, etc. Desde 1972 é professor de filosofia no Swarthmore College, na Pensilvânia, Estados Unidos.

No entanto, a proposta de Lacey de abordar a racionalidade científica em termos de valores não é nova. Ela foi sugerida por Kuhn em "*A Estrutura das Revoluções Científicas*" (posfácio – 1969) e em um artigo "*Objectivity, value judgement and theory choice*" (1997), que considera os valores como "*constitutivos da ciência*". Outro autor citado por Lacey é Mc Mullin, tido como um dos melhores a desenvolver a discussão a respeito da racionalidade científica em termos de valores. Ambos autores distinguem os valores cognitivos de outros tipos de valores (não-cognitivos). O primeiro seria ligado aos critérios a serem concebidos por uma boa teoria científica e o outro estaria associado ao fato de a ciência se desenvolver por meio de instituições sociais e, por isso, haver valores não-cognitivos. Os valores cognitivos estariam vinculados à parte interna da prática científica e os não-cognitivos, à parte externa, ou seja, ao âmbito dos valores sociais ou morais que em nada tem a ver, por exemplo, com a aceitabilidade ou não de uma teoria.

Apesar de muitos cientistas seguirem princípios comuns de racionalidade (expressos pelos valores cognitivos) não necessariamente significa que todos julguem uma teoria com igual critério de validação. É perfeitamente possível que os cientistas atribuam pesos diferentes aos diversos valores cognitivos encontrados numa teoria e utilizem de forma diferenciada o mesmo critério para julgá-la.

A filosofia da ciência proposta por Lacey pode ser dividida em dois níveis fundamentais e distintos a respeito da atividade científica. O primeiro busca retratar a dinâmica intelectual interna das explicações científicas. Ela funciona como uma espécie de "guia norteador" para a escolha adequada de teorias científicas. E o segundo se refere ao peso dos condicionantes sociais na produção desse mesmo conhecimento. Lacey desenvolve no primeiro nível o conceito de imparcialidade e, no segundo, a tese da não-neutralidade na ciência. Uma terceira tese trata da autonomia no qual busca validar e legitimar teorias que promovam e afirmem a imparcialidade e a neutralidade, além de descobrir novos fenômenos que favoreçam a estes interesses. (Lacey, 1998; p.134) Logo, ao se admitir a tese da não-neutralidade automaticamente a tese da autonomia passa a ser abalada.

2.5- A questão da Imparcialidade e os valores cognitivos

De acordo com Lacey, a tese da imparcialidade da ciência refere-se mais especificamente ao processo de seleção de teorias. Essa seleção se dá, normalmente, sob o uso exclusivo dos valores cognitivos, ou seja, uma possível relação que uma determinada teoria possa vir a ter com qualquer perspectiva de valor particular é

irrelevante para o juízo imparcial na escolha das teorias. Além disso, também Independe de como ela possa se relacionar com outros interesses da sociedade. Neste aspecto, a imparcialidade é tida como um ideal, uma aspiração que busca nortear os critérios racionais de seleção e legitimação de teorias pelos cientistas. É nessa direção que Lacey busca tratar a tese da ciência como livre de valores. (Santos, 2004, p.56)

Os valores cognitivos seriam os critérios racionais que buscam contribuir para confirmar, rejeitar ou gerar teorias. São características que as teorias e hipóteses científicas devem ter com a finalidade de expressar corretamente o entendimento (Lacey, 1998; p.121).

(...) a imparcialidade afirma que uma teoria é apropriadamente aceita somente se ela manifestar os valores cognitivos num alto grau à luz dos dados empíricos disponíveis e de outras teorias aceitas. (Lacey, 1998; P.09)

Para Lacey (1998), os valores cognitivos devem cumprir “*tanto encargos explicativos quanto normativos*”. Deve satisfazer a função de explicar as escolhas das teorias e “*que sua significação cognitiva ou racional seja bem sustentada*” (p.65).

Torna-se inadequado então buscar uma resposta externa à atividade científica no que diz respeito à meta da ciência de buscar produzir conhecimento capaz de tratar da natureza do mundo. Ela deve ser analisada independentemente da classe social, da nacionalidade, da cultura ou outras características nessa direção. Uma vez adotada a meta da ciência com suas regras, métodos e técnicas, o seu desenvolvimento teórico e prático parece ser mais bem explicado internamente e não externamente a ela, pois isso permitiria a entrada de interesses não-cognitivos.

Questões como, por exemplo, o porquê da teoria ondulatória da luz superar a teoria das partículas ou o motivo dos resultados obtidos por Hertz a respeito das ondas eletromagnéticas serem rapidamente incorporados à física parecem ser respondidas de forma mais satisfatória internamente em relação ao objetivo da ciência.

“Buscar uma resposta externa para essas questões na classe social, na nacionalidade de origem ou outras características dos cientistas é algo tão inadequado quanto procurar uma explicação semelhante para o motivo pelo qual um jogador se aproveita do descuido do goleiro.” Chalmers (1994; p.126)

O conhecimento científico é imparcial no sentido de que a escolha de teorias se fundamenta tão somente em um procedimento baseado em regras (ou algoritmos).

Dentre os valores cognitivos, Lacey define alguns que estão mais presentes em suas discussões. São eles:

a) Adequação empírica:

Diz respeito se uma teoria se ajusta bem aos dados empíricos relevantes, se é testável empiricamente, se mostra ter um bom poder preditivo e se está de acordo com conteúdos não refutados anteriormente.

b) Consistência lógica:

Uma boa teoria deve se mostrar consistente no interior da própria teoria, deve ser consistente com as concepções dominantes no seu campo particular de pesquisa.

c) Simplicidade

A teoria deve se mostrar clara, inteligível e coerente, bem como desprovida de aspectos *ad hoc*.

d) Fecundidade (fertilidade)

Uma boa teoria deve ser capaz também de originar novas questões possibilitando ampliar novos programas de pesquisa. Deve ainda buscar antecipar e solucionar problemas, além de se mostrar de utilidade prática e/ou tecnológica.

e) Poder explicativo

Uma teoria se destaca em relação a outras na medida em que explica os fenômenos numa maior profundidade e extensão. Ela fornece acesso às leis, processos e estruturas subjacentes aos fenômenos. Ela é capaz de explicar todas as causas e efeitos nos fenômenos e, se possível, unificar uma classe diversificada de fenômenos.

A ampliação dessa lista²⁷, e mesmo possíveis discussões acerca de sua hierarquia, podem variar conforme as disciplinas científicas, e seus critérios para escolha de uma boa teoria podem variar de acordo com as características dos fenômenos que uma teoria pretende explicar, como o próprio autor explicita:

²⁷ Outros valores cognitivos que poderíamos aqui listar seriam: o poder de previsão teórica e o poder de encapsular possibilidades de fenômenos, (conf. Santos, 2004, p.53). Estes são alguns dos valores cognitivos pelo qual uma determinada teoria deve disputar com outras a preferência de escolha.

(...) os juízos científicos corretos são feitos por meio do diálogo entre os membros da comunidade científica acerca do nível de manifestações de tais valores por uma teoria, ou por teorias rivais, em vez de por meio da aplicação de um algoritmo ideal por cientistas individuais. (Lacey, 1998; P.61)

Apesar de a ciência buscar se pautar em critérios epistemológicos racionais para legitimar teorias que permitam classificar a ciência como imparcial, às vezes, a imparcialidade pode não se manifestar. Um exemplo emblemático é o caso Lyssenko.

Este fato ocorreu a partir de 1929, na antiga União Soviética, quando Stálin procurou desenvolver a ciência própria ao socialista. Para isso, se fazia necessário transformar uma sociedade essencialmente camponesa numa sociedade industrial. Stálin buscou vincular a ciência e a verdade de uma teoria científica, de acordo com as necessidades econômicas da sociedade. Então, adotou a genética de Trofim Lyssenko.

A genética de Lyssenko rejeitava a concepção de que as características adquiridas não podem ser transferidas hereditariamente. Acreditava que as influências ambientais poderiam, por si mesmas, modificar os genes de culturas e produzir genes mais resistentes e superiores. Lyssenko afirmava, por exemplo, que o trigo de primavera, com grande teor de proteína e pouca resistência ao frio, poderia ser modificado por condicionamento ambiental em trigo de inverno, ou seja, com características contrárias ao trigo de primavera.

A tese de Lyssenko nunca foi confirmada, mas mostra claramente a vinculação da ciência a favor de uma ideologia socialista liderada por Stálin no estado soviético. Apesar do Lyssenkismo ter sido um desastre para a agricultura soviética, ela dominou a genética soviética por mais de duas décadas, sendo uma das precursoras para a divisão das “duas ciências”, em que estavam envolvidos elementos que escapam dos critérios de pura racionalidade e objetividade científica.

De acordo com o lyssenkismo, haveriam “*duas ciências*”. Uma ciência biológica, socialista e soviética, outra representada pelo capitalismo ocidental por meio da “genética burguesa”, tida como uma biologia reacionária. A ciência classificada como soviética se submetia tanto a uma doutrina filosófica como a ideologia política estabelecida pela divisão dos “dois mundos da guerra fria”.

Segundo (Kneller, 1980), a “*teoria das duas ciências*” teria sido ampliada também à física e a química. Como exemplo, a concepção de que o trabalho de Linnus

Pauling sobre a ligação química estaria fundamentado sobre o materialismo dialético e que a mecânica quantitativa seria burguesa.

Uma das críticas relevantes já levantadas pelos sábios e intelectuais socialistas era com relação às condições sociais e políticas que determinavam a orientação das pesquisas científicas e a aplicação de seus resultados. Eles advertiam que a ciência estava submissa aos imperativos do lucro como sua utilização para fins bélicos e de dominação do poder. Entretanto, como coloca Löwy (1989, p.181), o exagero e o absurdo ideológico se deram em considerar que o conteúdo da própria ciência era também submetido às pressões ideológicas dominantes. A partir de então, desapareceria toda a imparcialidade e autonomia da atividade científica e da própria ciência por ter seu processo de escolha de teorias fundadas numa base de natureza ideológica.

2.6- A questão da neutralidade a partir da Ciência e da Tecnologia

Um tema bastante presente na discussão a respeito da neutralidade da ciência diz respeito à tecnologia. Ao contrário da ciência, que possui em sua essência a busca do conhecimento com finalidades intelectuais, a tecnologia é descrita como uma atividade de caráter eminentemente prático. Numa visão idealista, ela busca geralmente facilitar a operação da ação humana proporcionando um melhor desempenho e eficiência na realização das tarefas.

A interação entre ciência e tecnologia não é um fenômeno recente. São vários os exemplos de utilização da ciência, com vistas à solução de problemas práticos, assim como a presença da tecnologia foi muitas vezes marcada por influenciar e incentivar o desenvolvimento das teorias na ciência. Entretanto, essa interação se dava de maneira menos formal, mais sutil e artesanal antes da chamada ciência moderna.

Ao longo da história, o uso da ciência muitas vezes foi associado ao desenvolvimento de materiais e instrumentos para fins práticos. Ela poderia ser desenvolvida por uma pessoa com pouco conhecimento teórico e com grande habilidade prática para inventar instrumentos e artefatos para uso geral. Na antiguidade, por exemplo, a ciência desenvolvida por Arquimedes era usada para confeccionar instrumentos que permitissem a defesa da cidade de Siracusa. O brasileiro Santos Dumont é outro exemplo de homem que tinha uma maior habilidade prática do que um conhecimento teórico.

Por outro lado, há casos em que a tecnologia foi causa direta ou indireta de estudos que levaram a novas descobertas no campo da ciência teórica. Na Renascença, os estaleiros de Veneza despertaram o interesse de Galileu pelo estudo da mecânica. A refutação de Torricelli de que a natureza tem aversão ao vácuo resultou de tentativas para explicar a capacidade limitada das bombas usadas na drenagem de minas (Kneller, 1980).

Mas, segundo Kneller (1980, p.250), foi somente a partir do século XIX que a tecnologia começou, de maneira efetiva, a fazer uso mais intenso das leis e teorias da ciência. Isso se deu a partir do momento em que a indústria química se apoiou em descobertas científicas para alterar substâncias naturais como nas indústrias de corantes, fertilizantes e farmacêutica. A partir daí, a tecnologia se aliou definitivamente à ciência. Agora, não mais com fins puramente intelectuais, mas práticos.

Com relação à física nuclear, Kneller (1980, p.255) ressalta que, de fato, somente a partir de 1930, o interesse pela física deixa de ser puramente intelectual. A grande preocupação e os esforços dos físicos da época estavam em tentar descobrir a natureza fundamental das forças nucleares, mas a junção entre a ciência e a tecnologia, neste caso, ficou marcada principalmente a partir da descoberta da fissão do núcleo atômico. Tal fato representou a possibilidade imediata da aplicação dos conhecimentos básicos existentes.

Hoje, tanto as ciências básica e aplicada se uniram à tecnologia a ponto de tornar-se difícil separar uma da outra. Elas se nutrem e se reforçam mutuamente. A ciência moderna tornou-se parceira da tecnologia e vice-versa.

Devido a esta união, foi possível ampliar as áreas de investigação em todos os ramos da ciência. Na física, foi possível desenvolver os contadores e os aceleradores de partículas, dentre outros instrumentos que, aliados à informática e à eletrônica, tornaram viáveis as pesquisas atuais da física moderna e contemporânea aplicada às áreas da física atômica e molecular, física do estado sólido, física de plasmas, física médica, dentre outras. A partir da união da tecnologia com a ciência, parece-nos difícil sustentar a tese de que a ciência possa ser considerada neutra e autônoma, uma vez que estaria completamente contaminada pela tecnologia.

No decorrer da história, até os dias atuais, vários são os que defendem a tese da neutralidade da ciência. Eles acreditam na idéia de que a ciência consiste na busca desinteressada em conhecer e desvendar os mistérios da natureza. Por este ponto de vista, a ciência é sustentada e justificada como sendo neutra, imparcial e autônoma.

Dessa forma, a ciência ficaria automaticamente resguardada de todo tipo de questionamento social que buscasse vincular sua prática a qualquer perspectiva de valor social ou moral.

Essa forma de encarar a ciência moderna e seu vínculo com a tecnologia significa tratar, por exemplo, o cientista como um ser exclusivamente a serviço do bem da humanidade, sem qualquer responsabilidade de responder por eventuais efeitos negativos originados da própria ciência.

Nos dias atuais, é inegável que a direção das pesquisas científicas em geral, principalmente aquelas mais diretamente atreladas com a tecnologia, buscam trilhar por caminhos que levem no futuro a grandes lucros sobretudo ao atingir o grande público. Tais pesquisas são, muitas vezes, patrocinadas por entidades particulares colocando em risco a autonomia científica e, conseqüentemente, sua pretensa neutralidade. Como exemplos, podemos citar as pesquisas voltadas para a descoberta da AIDS, do câncer, dentre outras, todas movidas, direta ou indiretamente, pelo lucro. Neste sentido, não se pode desconsiderar a participação e a contribuição do cientista pesquisador nesse processo. Por estes e outros elementos, não se pode denominar a ciência moderna em geral de neutra.

2.7- Neutralidade e a dimensão dos valores sociais

Diferentemente da imparcialidade, a idéia de neutralidade relaciona a ciência com os valores sociais ou morais presentes numa sociedade, ou seja, a neutralidade é tratada em associação com valores de ordem social mais amplos e sem conexão direta com os elementos que distinguem a imparcialidade.

[...] a neutralidade afirma que uma teoria poderia ser aplicada, em princípio, a práticas pertinentes a qualquer perspectiva de valor e não serve de modo especial aos interesses de nenhuma perspectiva de valor particular. (Lacey, 1998; p.14)

Essa colocação deixa claro que a neutralidade expressa a idéia de que a ciência não possui uma moral predileta. As teorias estabelecidas como corretas, por meio da prática científica, geralmente se filiam a perspectivas de valor ou estratégias cujas tarefas de aplicação, independentes de serem boas ou más, possam servir de instrumento para a sociedade. A neutralidade científica expressa a possibilidade de que as teorias corretamente aceitas, se adequem a qualquer perspectiva de valor, ideologia

ou visão de mundo. As eventuais consequências em nada têm a ver com a estrutura dos conceitos da ciência.

Na visão de Lacey (1998), independente da perspectiva de valor considerada ou mesmo da “*estratégia*” considerada, “as aplicações de teorias corretamente aceitas podem ser feitas isonomicamente de forma que não existe uma perspectiva de valor viável para a qual a estrutura das teorias tenha um significado especial”. Aqui, novamente podemos colocar a idéia de imparcialidade como um valor central presente em todas as práticas de pesquisas guiadas sob qualquer espécie de estratégia.

O princípio das reflexões que conduzem Lacey à conclusão de que a ciência não possui uma neutralidade social está na análise sobre o tipo de entendimento que caracteriza a ciência moderna. As características comuns das teorias científicas, bem como suas formas de expressão e relações com os fenômenos experimentais analisados na natureza ou mesmo nos laboratórios, não decorrem de uma simples apreensão genuína dos fenômenos naturais. Essa apreensão estaria ligada, na concepção de Lacey, a uma estratégia, que denomina de “*estratégia materialista*”.

Tal estratégia estaria originalmente ligada ao modelo materialista instituído como visão de mundo dominante na Europa a partir do século XVII. Ele pressupõe que a matéria ou as condições materiais, são suficientes para a explicação dos objetos e eventos tidos como reais. Unido ao materialismo estava o mecanicismo, doutrina segundo a qual a explicação de todos os fenômenos da natureza poderia ser reduzida a processos mecânicos. Estes processos se explicam a partir das leis dos movimentos dos corpos e por mudanças puramente quantitativas. A concepção do materialismo mecanicista (ou materialismo científico) foi de fundamental importância para o estabelecimento do “método científico moderno”²⁸.

De acordo com a estratégia materialista, o tipo de conhecimento alcançado através da ciência é produto universal de uma lógica e de uma racionalidade atemporais, sendo este um dos elementos que pressupõe o caráter neutro da ciência e dos resultados obtidos por meio de suas teorias.

Sem a adoção de uma estratégia, não há investigação coerente e sistemática, não sabemos as questões relevantes a tratar, não conseguimos identificar as classes de possibilidades, não conseguimos identificar o tipo de explicação a ser dado, não sabemos, em suma, quais são os fenômenos que devemos observar, medir e

²⁸ Para uma discussão um pouco mais aprofundada a respeito da filosofia materialista e mecânica que se associaram pela primeira vez a partir do nascimento da ciência moderna, ver Rossi (1997) Caps 9 e 15.

experimental ou quais são os procedimentos a empregar. É, portanto, a estratégia que define os contornos e as metas das pesquisas a serem empreendidas. (Mariconda e Ramos, 2003; p.256)

Podemos dizer que os objetos tratados pela ciência e guiados pela estratégia materialista, funcionariam como uma espécie de bússola orientadora das pesquisas, apontando o rumo do que interessa investigar e de que maneira proceder. Dessa forma, podemos cogitar que os objetos selecionados pela ciência, segundo esta estratégia, não englobam todos os objetos que compõem a realidade do mundo. Investigar a natureza cientificamente significa identificar as estruturas, os processos e leis subjacentes aos fenômenos e que regulam as interações entre as coisas²⁹, separando as relações que essas mesmas coisas possam vir a ter com a vida humana e social em geral. “Fazer ciência” significa, de certa forma, buscar tais estruturas, processos e leis subjacentes que regulam o processo de investigação da natureza. Assim, os fenômenos são explicados quando se demonstram que, de fato, são assim produzidos. Segundo Lacey (1998):

A ordem subjacente permite que uma série de possibilidades se torne acessível aos fenômenos; a partir dela, fenômenos diferentes podem ser gerados sob condições diferentes. Chamarei as possibilidades presentes nessa série de possibilidades materiais das coisas. (p.115).

Desse modo, torna-se possível manipular, combinar e controlar certos fenômenos naturais, produzindo, muitas vezes, outros fenômenos como, por exemplo, a possibilidade de controlar os efeitos de uma reação química, detectar partículas nos raios cósmicos, manipular geneticamente os alimentos, dentre outras possibilidades.

Se na ciência há uma estratégia por trás dos fenômenos e processos que regem sua dinâmica com o objetivo de se chegar a determinados fins, podemos concordar com Lacey que, de fato, não são todos os objetos que fazem parte da realidade do mundo a serem investigados, mas sim, os que condizem com a estratégia adotada. Restaria-nos apenas questionar se tais estratégias estão ou não de acordo com o que, de fato, acontece.

A restrição e a seleção do que investigar precisa estar de forma que expressem, de fato, as estruturas, os processos e as leis subjacentes aos fenômenos naturais. Lacey os interpreta como sendo um “entendimento materialista”. Eles não

²⁹ Lacey denomina de ordem subjacente o fato dos fenômenos da natureza serem produtos das estruturas, processos e leis subjacentes. Deste modo, um fenômeno natural estará cientificamente explicado na medida em que ele for apresentado como produto dessa mesma ordem.

dependem dos interesses da sociedade onde se gerou o conhecimento e nem variam conforme os interesses, ações e valores humanos. Não interessa também as relações que as coisas possam ter com a vida humana individual ou com os valores de uma sociedade específica.

O papel das estratégias visa principalmente selecionar os fenômenos que devem ser investigados e restringir o tipo de dados empíricos a serem levados em consideração para formular e comprovar teorias respeitando a “ordem subjacente”. Esse processo sempre envolve a utilização de dados exprimíveis geralmente em termos quantitativos e matemáticos obtidos por medições, intervenções instrumentais e operações experimentais (p.116). Lacey denomina esse processo de “estratégia de restrição e seleção”.

Selecionar e restringir as explicações dos fenômenos da natureza de maneira que estas restrições sempre envolvam correlações entre variáveis quantitativas (para que possam fornecer a reprodutibilidade e a previsibilidade dos experimentos) implica, de acordo com Lacey, em sérias limitações na classe de hipóteses consideradas legítimas para a explicação do fenômeno. (Lacey, 1998; p.116).

Então, por que adotar as estratégias de restrição e seleção? Por que se engajar numa investigação conduzida segundo as estratégias materialistas? Ou ainda, por que a pesquisa conduzida por esta estratégia é considerada exemplar? Essas foram algumas questões levantadas por Lacey.

E, para ele, isso ocorre, dentre outros motivos, pelo fato de todos os fenômenos naturais serem derivados da ordem subjacente. Nesta perspectiva materialista, apenas as categorias utilizadas por essa estratégia são adequadas para representar corretamente o mundo tal como ele se apresenta independente das suas relações com os seres humanos. Por este ponto de vista, torna-se verdadeira a afirmação de que a seleção e a restrição impostas pela estratégia materialista são as que melhor descrevem os fenômenos naturais e sintetizam, com sucesso, as possibilidades materiais das coisas. Mas Lacey levanta ainda algumas questões que remetem à metafísica materialista.

Como podemos saber que o mundo é tal como o materialismo científico afirma que ele é? Mesmo que o mundo fosse desse modo, como podemos saber se as nossas melhores teorias não o representam adequadamente? [...]

Lacey (1998) ainda acrescenta, observando que:

[...] o objetivo é representar o mundo tal como ele é, independente das suas relações com os seres humanos; mas, para nós, a representação é apenas lingüística ou simbólica. As representações são produtos humanos, construções históricas de práticas científicas que empregam métodos também provenientes da nossa própria construção [...]. Assim, sabemos que as teorias representam o mundo do modo como ela aparece na perspectiva das práticas científicas. Em virtude de que poderíamos ainda sustentar que as representações teóricas são independentes das práticas que dão origem às teorias? (p.20)

Outro argumento tratado por Lacey consiste na idéia de que as estratégias materialistas se afinam estritamente com o aumento da capacidade humana de exercer controle sobre a natureza³⁰. O valor do controle sobre a natureza passa a ser tido como um valor social de alto posto na sociedade moderna e que gradativamente foi se estabelecendo até tornar-se fortemente manifestado pelas instituições econômicas e políticas dirigentes, principalmente por meio das tecnologias, porque são consideradas como capazes de resolver cada vez mais problemas em benefício do homem.

Essa visão de Lacey de conceber a ciência moderna, como a “*utilidade baconiana de exercer controle sobre a natureza*” e, conseqüentemente, ser capaz de gerar cada vez mais tecnologia, desempenha um papel importante nas práticas científicas e escapa da visão tradicional que geralmente se tem a respeito da ciência. A partir destas considerações, podemos inferir que as teorias não são estabelecidas exclusivamente para explicar a realidade em si mesma, mas também para representar a realidade vinculada com as intenções humanas em conjunto com a prática do controle da natureza. Dessa forma, valores não exclusivamente cognitivos são sustentados e priorizados no que Lacey chama de “moderno esquema de valor do controle”. (Santos, 2004, p.87)

Mas afinal, parece fazer parte da natureza humana a busca pelo controle da natureza. O que é distinto no controle realizado a partir da modernidade é sua extensão, preeminência e centralidade com que acessam nossas vidas.

Exercemos controle sobre os objetos quando os submetemos deliberadamente e de um modo bem sucedido ao nosso poder e os utilizamos como meios para os nossos fins.

[...] o exercício do controle serve-se obviamente do entendimento prático, o entendimento dos efeitos de nossas ações sobre as coisas e de seus efeitos sobre nós. (p.118-119)

³⁰ A esta idéia, Lacey denomina de realização do “ideal baconiano do controle da natureza”.

De acordo com Lacey, o exercício do controle é praticado e valorizado em todas as culturas sob certas condições, entretanto, nem toda interação com o mundo é um caso de controle. Os modernos valores de controle colocam no topo da hierarquia “a expansão da capacidade humana de controlar a natureza”. E sua capacidade para exercê-lo se dá, muitas vezes, de forma ilimitada. Nem toda interação intencional com o meio é, segundo sua análise, um caso de controle. Isso se dá devido ao fato de que existiram e ainda existem, em várias culturas tradicionais, outras formas de interação e relacionamento com a natureza regidas por princípios outros como, por exemplo, a *reciprocidade*, a *mutualidade* e o *respeito*, de acordo com os quais, em contraposição à perspectiva do controle, o valor dos objetos não é reduzido inteiramente ao seu valor instrumental pelos homens. Nessas culturas, ainda que a perspectiva de controle sobre a natureza esteja presente, o controle não assume o posto mais elevado na escala dos valores sociais (Lacey,1999; P.134). Isso, todavia, parece não ocorrer normalmente na maior parte das sociedades do globo.

Na maioria das sociedades, o valor do controle tornou-se algo fortemente estabelecido e não subordinado a nenhum outro valor. Isso se deu devido à presença cada vez maior da tecnologia que se associa diretamente ao aumento do bem estar do homem. Essa grande presença da tecnologia acaba por ser uma forma de aceitação parcial das mudanças nas relações sociais. Nas próprias palavras de Lacey (1998):

Conquistar o controle sobre a natureza tornou-se um valor social altamente estimado, não subordinado a (...) nenhum outro valor [...]. Não se trata de tomar, de uma forma inequívoca, o controle da natureza como se fosse um valor em seu próprio benefício. Ao contrário, via implementações e avanços tecnológicos, ele é tomado como capaz de servir a todos os valores sociais e ideais de florescimento humano viáveis e, a longo prazo, servir à ampliação do bem estar humano em geral. (p.120)

Neste aspecto, a ciência moderna parece ser a responsável direta pela aquisição e expansão do controle. Essa busca pelo controle se alia, na visão de Lacey, à estratégia materialista. Dessa forma, a análise de Lacey nos propicia encontrar uma conexão da ciência com determinados valores sociais e não-cognitivos, tornando possível afirmarmos que a ciência moderna responde também, e não exclusivamente, a um valor social.

A centralidade que o valor de controle sobre a natureza (num sentido bem próximo ao tratado por Lacey) ocupa na modernidade, como um princípio organizador central dessa mesma sociedade, já havia sido enfatizado por Mario Bunge (1987,

p.203). Para este autor, os processos de desenvolvimento tecnológico estariam sendo guiados, principalmente nas sociedades industriais, por preceitos ou máximas daquilo que ele chama de “tecno-ética”³¹.

A análise que Lacey desenvolve ao refletir sobre a relação entre a estratégia materialista de restrição e seleção de teorias e o moderno esquema de valor de controle é um tanto quanto polêmica e extremamente complexa. Não é nosso objetivo aqui aprofundar essa discussão. Entretanto, convém ressaltar que a estratégia materialista não é necessariamente o meio para a realização do controle. Nem toda teoria científica bem sucedida é capaz de levar à aplicação tecnológica ou prática, da mesma forma, nem toda inovação tecnológica parte necessariamente de avanços do conhecimento científico. Lacey denomina essa relação de *afinidade eletiva*³². Grosso modo, ela nada mais é do que uma tradução do que já dissemos a respeito do desenvolvimento teórico e tecnológico que se alimentam mutuamente de forma que hoje torna-se difícil distinguir e compreender um desvinculado do outro. Há uma afinidade mutuamente reforçadora entre ambas.

Mesmo com relação à pesquisa básica, o tipo de teorias científicas que obtêm sucesso parece nascer e refletir, ainda que de forma sutil e subliminar, as bases ou uma projeção do ideal de controle e domínio da natureza, alicerçada pelo materialismo científico. Nas palavras de Lacey (1998)

[...] o materialismo científico falha. As teorias desenvolvidas sob as estratégias materialistas não representam o mundo tal como ele é, mas representam (1) as possibilidades de controle da natureza e (2) o entendimento de mais alguns objetos sob a forma de uma projeção da perspectiva de controle – assim obtemos um bom entendimento de coisas tais como, por exemplo, o movimento dos planetas, que não são objetos de controle. (p.31)

Segundo a concepção da estratégia materialista, vinculada à capacidade de gerar novas tecnologias que aumentam o controle humano sobre a natureza, e que ocupam um destacado posto na modernidade, Lacey (1999) destaca:

³¹ Dentre os pontos elencados por Bunge, podemos citar, por exemplo, o fato do homem ter o direito e talvez o dever de subjugar a natureza em seu próprio benefício (individual ou social), a tarefa suprema da tecnologia é conseguir a exploração mais completa dos recursos naturais e humanos, ou seja, maximizar o produto nacional bruto, ao menor custo possível, sem se importar com mais nada, etc.

³² Expressão utilizada por Max Weber, mas usada por este em outro contexto, conforme o próprio Lacey destaca (P.74)

O compromisso com o moderno valor de controle é a chave que explica a adoção virtualmente exclusiva de estratégias materialistas na ciência moderna. Em geral, a pesquisa conduzida sob essas estratégias serve aos interesses que emergem desses valores, e não apenas quando é imediatamente endereçada a questões práticas de controle. Além disso, quaisquer outros valores envolvidos nas modernas atividades de pesquisa ou incorporados em instituições de pesquisa precisam, sob condições históricas modernas, co-ocorrer em complexos de valores junto com os modernos valores de controle. (p.126)

Uma boa teoria deverá satisfazer inicialmente as condições estabelecidas a partir das estratégias materialistas de restrição e seleção no intuito de contribuir para intensificar a capacidade de se praticar o controle sobre a natureza. As teorias que não se ajustam àquelas estratégias são automaticamente excluídas. Entretanto, pode haver mais de uma teoria que esteja de acordo com os princípios da estratégia materialista. Neste momento, são os valores cognitivos, e não os valores sociais e morais, que representam as estratégias materialistas, que acabam por designar qual teoria deverá ser aceita.

A partir destas considerações, as teorias seriam selecionadas em função de interesses que decorrem de valores sociais estabelecidos a partir da estratégia materialista, ou seja, de maneira geral, as teorias que mais interessam são aquelas capazes de aumentar a capacidade de domínio e controle, consequentemente, colaborando para o aumento e capacidade de se produzir tecnologias.

A princípio, *“não há nada logicamente impróprio em que valores sociais influenciem fortemente essa escolha”* (op. Cit), desde que se considere que são os fatores que garantem a imparcialidade da ciência (valores cognitivos) os responsáveis últimos pelo juízo a respeito da teoria que melhor irá representar as causas dos fenômenos. Enfim, os valores sociais teriam a função de restringir que tipo de teoria merece a atenção do cientista. Neste caso, a que estaria em conformidade com as estratégias materialistas, embora elas não determinem propriamente a teoria que deverá ser escolhida. Essa tarefa caberia aos valores cognitivos, responsáveis direto pela escolha da melhor teoria a ser aceita e acatada pela comunidade científica.

Na medida em que valores sociais e morais se vinculam à prática do controle e domínio da natureza³³, podemos interpretar que as teorias selecionadas segundo as

³³ Lacey (1998, p.135) afirma que o domínio da natureza é tido como um valor que desempenha um papel importante na escolha de teorias, entretanto, tal valor não pertence rigorosamente a todas as sociedades. Neste

estratégias materialistas de restrição e seleção não possuem um caráter neutro. Se considerarmos que a ciência praticada atualmente está de acordo com as expectativas de uma sociedade que valoriza o desenvolvimento humano por meio do controle e domínio dos fenômenos naturais, podemos deduzir que o valor social da prática do controle presente na seleção de teorias elimina, de forma bastante coerente, a possibilidade de uma neutralidade na ciência, principalmente se admitirmos que os valores guiados pela estratégia materialista podem não pertencer a todas as sociedades.

Se tomarmos a posição abordada por Lacey (1998) para a tese da neutralidade quando destaca que uma teoria poderia ser aplicada independentemente a qualquer perspectiva de valor e, por outro lado, considerarmos que a forma como a ciência é praticada responde muito bem às expectativas de uma sociedade que valoriza fortemente o desenvolvimento humano por meio do domínio e controle da natureza, então podemos dizer que o valor social da prática de controle presente na seleção de teorias, de fato, descarta a possibilidade de uma neutralidade na ciência.

Lacey (1998), ao ressaltar a respeito das possibilidades sintetizadas numa teoria não ser de interesse em práticas sociais cujos valores são diferentes dos valores presentes na estratégia materialista, significa que os conhecimentos obtidos pela ciência moderna sobre a forma de manipular e tratar as pesquisas voltadas, por exemplo, para a produção agrícola, ou ainda nas áreas de energia, saúde e informações, podem não ser, necessariamente, de interesses de sociedades que supervalorizam o controle e o domínio da natureza.

Segundo o modelo de racionalidade da ciência sugerido por Lacey, conforme já descrevemos, não há como separar considerações acerca dos valores cognitivos estabelecidos como parte integrante da metodologia científica. Dessa forma, o conhecimento gerado por meio desse modelo é capaz de abarcar a busca do entendimento em várias dimensões, aspectos e particularidades. Ele leva em conta igualmente:

- a) as possibilidades materiais dos espaços e as caracterizações humanas e sociais das condições de contorno; b) as consequências humanas, sociais e ecológicas dos processos dentro dos espaços e c) as possibilidades humanas e sociais que podem estar escondidas neles. (Lacey, 1998, p.144)

sentido, “as possibilidades sintetizadas numa teoria podem simplesmente não ser de nenhum interesse em práticas que expressam valores diferentes daqueles vinculados às estratégias geradoras da teoria”.

No entanto, quando se busca o entendimento dessa forma, algumas questões são susceptíveis de serem levantadas:

É a ciência extensiva genuinamente independente do contexto? Podem as possibilidades materiais dos espaços serem exploradas e mapeadas de maneira geral quando se faz a abstração dos arranjos e práticas sociais que moldam tais espaços? Talvez algumas das condições de contorno que têm sido completamente caracterizadas com categorias materialistas possam, ser produzidas, na prática histórica concreta, apenas em estruturas sociais particulares (Lacey, 1998, p.144).

Lacey proporciona ainda o contexto para algumas especulações acerca de como a ciência poderia proceder diante de estratégias alternativas e que poderiam se relacionar de maneira mais frutífera ao se ligar a valores prezados por movimentos sociais que questionam o lugar central do controle dos objetos da natureza na sociedade moderna.

Penso que essas especulações possuem importantes implicações para pensar acerca do desenvolvimento no Brasil e acerca do lugar da atividade científica nas práticas de desenvolvimento. (Lacey, 1998; p.10)

Lacey (1998) usa como um exemplo de uma estratégia alternativa o caso da agricultura ao tratar da agroecologia.

“Na moderna biotecnologia, estudamos as estruturas moleculares das substâncias, e a partir daí podemos modificá-las. Este tipo de modelo só tem interesse em certos aspectos, por exemplo, na resistência a pesticidas das plantas geradas por certo tipo de sementes. Mas uma semente não é simplesmente um objeto bioquímico, é também um alimento dentro de um agroecossistema e fonte de biodiversidade, de sustentabilidade ecológica, etc. Quando se quer identificar as possibilidades da semente, frequentemente se considera que o único tipo de pesquisa possível é dentro da perspectiva do modelo molecular da bioquímica, porque se considera que não é possível investigar de uma maneira sistemática, empiricamente, as possibilidades dentro de perspectivas ecológicas. Temos uma situação em que a noção de um modelo de racionalidade científica obscurece, de fato, uma escolha.” (p. 04).

Para ele, o exemplo da agroecologia retrata bem a união entre o conhecimento materialista produzido pelo modelo de ciência dominante com as preocupações sociais e ecológicas pensadas a partir de objetivos diferentes e que não visam exclusivamente o controle guiado pela estratégia materialista: a agroecologia não abstrai completamente

a relação das coisas com a vida humana, mas utiliza o conhecimento materialista para ajudar a identificar os elementos constituintes dos ecossistemas, como, por exemplo, bactérias e outras entidades microscópicas. No entanto, o interesse da agroecologia consiste basicamente em produzir dentro de agroecossistemas específicos de forma não só produtiva, mas também sustentável, tanto no sentido ecológico como no social. Além do mais, os métodos agroecológicos têm uma continuidade com o conhecimento tradicional da agricultura em vários locais e muitas vezes desenvolvidas no decorrer da interação com grupos populares no campo.

Faz parte do modelo de racionalidade de Lacey o fato de a ciência também ser responsável por buscar, por exemplo, promover o fortalecimento da organização social e diminuição da pobreza, o fortalecimento das comunidades locais e manutenção das tradições. Os valores sociais podem determinar as possibilidades de interesses, mas eles nunca podem mostrar exatamente, concretamente, quais são as possibilidades. Para isso é necessário avaliar as teorias à luz dos dados e valores cognitivos.

Para Lacey (1998), conceder privilégios ao conhecimento científico adquirido com métodos materialistas geralmente desvia para longe a atenção de formas alternativas de agricultura, dentre outras áreas. Em princípio elas podem ser capazes de levar respostas positivas e eficazes para a questão do fortalecimento local. Elas podem gerar um aumento na produtividade local de forma consistente com a sustentabilidade ecológica e social.

A abordagem da ciência dada por Lacey, ainda que polêmica em alguns pontos³⁴, nos permite refletir sobre a ciência e o empreendimento científico nos seus aspectos mais amplos e não apenas restritos aos aspectos cognitivos que geralmente são abordados quando nos voltamos para a educação científica e tecnológica.

2.8- A educação científica na perspectiva de Lacey

Com relação à educação científica, Lacey (1998) considera que:

A tarefa da educação científica é também desenvolver a autoconsciência crítica sobre o caráter da atividade científica e de suas aplicações e sobre as escolhas com as quais se defrontam seus participantes responsáveis. Para o desenvolvimento dessa autoconsciência é necessário: 1) estudar o lugar da ciência na sociedade humana e na vida contemporânea; 2) estudar os fatores que influenciam a atividade científica, suas escolhas de direções

³⁴ Vale ressaltar que não é nosso intuito desenvolvermos essa complexa discussão.

para a pesquisa e a forma e composição de suas comunidades e instituições; 3) estudar a relação da ciência (a sua busca, o conhecimento por ela obtido e as suas aplicações) com o bem estar humano e avaliar o valor da ciência com relação a outros valores sociais e humanos significativos; 4) examinar criticamente a interação entre os fatores cognitivos e sociais na atividade científica e, particularmente, tornar-se atento aos mecanismos por meio dos quais os fatores sociais possam veladamente (e impropriamente) misturar-se a fatores cognitivos na execução e juízos teóricos; 5) alcançar uma percepção do que pode e do não pode ser adquirido a partir da ciência, e de que isso poderia assumir formas diferentes sob condições sociais diversas que expressassem diferentes valores; 6) empenhar-se numa avaliação crítica das visões concorrentes sobre essas questões.

(...) A expansão e consciência dessas questões contribuiria bastante para elevar o teor da educação científica. (p.139-140)

No âmbito da educação científica no Brasil, os PCN's representam a posição dos que não acreditam na neutralidade. Esse posicionamento pode ser exemplificado quando colocam:

(...) este documento (...) debate a importância do ensino de Ciências Naturais para a formação da cidadania, e) caracteriza o conhecimento científico e tecnológico como atividades humanas, de caráter histórico e, portanto, não-neutras. (PCN, 1997, p.15)

Entretanto, pelo fato de o tema a respeito da neutralidade científica dificilmente ser abordado no ensino de ciências, a imagem da ciência que parece estar fortemente presente no ensino tradicional, e talvez também no imaginário dos alunos, é de que a ciência é auto-suficiente, descreve totalmente a verdade do mundo e, por isso, não existiriam outras formas de se compreender e de se relacionar com a natureza no intuito de promover o desenvolvimento social e humano. Dessa forma, os alunos ficam ausentes do debate acerca da neutralidade da ciência.

A ciência como uma atividade humana, sendo permeada por interesses que se apresentam no cenário social, cultural, político e econômico, está inteiramente relacionadas com os interesses dos cientistas e aos objetivos da comunidade que a desenvolve.

O trabalho dos homens e mulheres de ciência, como qualquer outra atividade humana, não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do

momento histórico (...) do mesmo modo, a ação dos cientistas tem uma clara influência sobre o meio físico e social em que se insere.

(...) a idéia de que fazer ciência não é mais do que uma tarefa de “gênios solitários” que se encerram numa torre de marfim, desligados da realidade, constitui uma imagem típica muito difundida que o ensino de ciências, lamentavelmente, não ajuda a superar, dado que se limita a uma transmissão de conteúdos conceituais e, no fundo, ao treino de algumas destrezas, deixando de lado os aspectos históricos, sociais, culturais, políticos, que caracterizam o trabalho científico no seu contexto, bem como o desenvolvimento científico. (Gil Pérez, et al, 2001)

A discussão no âmbito social da ciência que a teoria de Lacey aborda e trata, apesar de ser passível de críticas e questionamentos, nos parece oportuna, pois permitirá clarear a nossa intenção de tratar temas sobre a física no Brasil de forma equilibrada, sem cairmos num relativismo e sem desvinculá-la dos padrões aceitáveis de racionalidade. As idéias propostas por Lacey possibilitam também abrir espaços e caminhos na direção de nossa proposta de levar para o ensino médio aspectos da ciência e da atividade científica a fim de que os alunos perceberem de maneira crítica e mais fundamentada, “*a interação entre os fatores cognitivos e sociais da atividade científica*”. Dessa forma, nossa proposta procurou entrelaçar os conteúdos físicos abordados de forma imparcial e no âmbito dos valores cognitivos com o papel social dos cientistas, das instituições e de alguns elementos que envolvem o âmbito da dimensão social. Isso nos permite ampliar o leque de abordagens sobre a física no Brasil sem perder de vista os critérios que garantem a imparcialidade da ciência, além de nos possibilitar estabelecer discussões sobre a ciência sem fugir dos ditames que regem a racionalidade científica.

Capítulo 3

Uma outra percepção da física nos livros

No capítulo anterior apresentamos algumas idéias na tentativa de conceber a ciência e a atividade científica como não neutras. Para isso, explicitamos argumentos que buscam justificar e caracterizar o empreendimento científico na visão do filósofo Hugh Lacey.

Quando voltamos nossas atenções para a área que relaciona aspectos da educação com a formação científica e cultural dos cidadãos, questões de âmbito mais específico têm sido levantadas em torno do ensino de ciências e da formação científica. Um destes aspectos trata da conversão do saber da ciência em saber escolar. Essa conversão carrega elementos que não podem ser compreendidos apenas pelas dimensões pedagógicas. Ela revela conteúdos e características explícitas e implícitas que, de certa forma, influenciam a transmissão cultural podendo restringir as possibilidades educacionais no que se refere a participação plena na cultura.

A organização do saber científico a ser transplantado para o ambiente escolar, muitas vezes exige maior atenção aos aspectos didáticos e pedagógicos, o que acaba por fazer, geralmente, que se considere a ciência e a física como um grande edifício perfeitamente definido, bem estruturado e imutável.

Essa imagem da ciência pode ter origem a partir do momento que a física é enfocada apenas através do seu produto pronto e acabado. A percepção da ciência como integrante de um universo isolado com suas abstrações, suas linguagens e verdades distantes da realidade perceptível poderá colaborar para uma visão da ciência como uma unidade quase que absoluta, fortalecida pela estrutura lógica de suas construções. Não pretendemos aqui, questionar ou problematizar a unidade interna das teorias da física, mas não podemos desconsiderar que as teorias que integram sua estrutura foram construídas e elaboradas em períodos históricos diferentes, em locais diferentes, sob influências ideológicas e filosóficas também diferentes.

Ainda que toda essa discussão filosófica a respeito de uma suposta unidade da física venha sendo levantada e discutida já há muito tempo, é fato que para o ensino de ciências ela é utilizada como uma referência sólida e consistente por meio de um conjunto de conteúdos de referência que orientam o saber escolar.

Conforme foi levantado no capítulo anterior, o desenvolvimento da ciência pode ser considerado sob múltiplas vias, que vão desde interesses intelectuais (cognitivos) a outros domínios de cunho social ou moral (não-cognitivos). Tal fato pode ser capaz de conduzir o ensino de ciências de maneiras diferentes, adequando-o aos interesses, nem sempre explícitos, associados à formação e à consolidação de uma visão distorcida do empreendimento científico. Nesse sentido, poderíamos até mesmo indagar: qual formação científica determinada seleção e organização do saber científico (tratada, por exemplo, nos livros utilizados no ensino de física) estaria propiciando?

Quanto à dimensão cultural na esfera científica, os conteúdos teóricos são afastados de outras áreas e influências da cultura quando transposto para o ambiente escolar. O saber adaptado e configurado para o ensino parece se pautar muito mais nos resultados e/ou aplicações tecnológicas do que no contexto social e histórico do desenvolvimento das teorias científicas.

3.1- O saber da ciência e o saber científico escolar

Desde que o homem tentou encontrar explicações teóricas para compreender o mundo natural, a física acumulou um grande volume de conhecimentos que se encontram atualmente difusos nos vários setores sócio-culturais e tecnológicos. Principalmente ao longo do século XX, a física passou a ser um ponto de referência significativo, um marco para o progresso e desenvolvimento da ciência. Segundo Granger (1994, p.16), essa grande confiança que o mundo moderno acabou depositando nessa ciência pode ter sido fruto de seus resultados mais práticos e perceptíveis do que da consistência teórica interna do projeto filosófico-científico.

Por essas e outras questões é que o saber científico tornou-se necessário no âmbito educacional, o que perpassa também pelos livros textos e didáticos em geral. No entanto, todo esse conhecimento alcançado pela física, e elaborado ao longo de mais de trezentos anos, revela vários aspectos importantes e que poderiam estar presentes nos livros e no ensino da física de modo geral como, por exemplo, os conflitos teóricos, os fatores e elementos que tornam consensuais as elaborações científicas com suas teorias abstratas e muitas vezes conflituosas. Poderíamos levar em conta não apenas a estrutura teórica e conceitual da física, mas também os aspectos metodológicos, históricos, filosóficos, sociais, políticos, ideológicos e tecnológicos que, por sua vez, poderia ainda se subdividir na história dos inventores, dos métodos, das idéias,

possibilitando mostrar a criatividade, a personalidade, a vida social dos cientistas e assim por diante.

Entretanto, a transferência direta do saber científico, ou seja, dos manuscritos originais produzidos pelos cientistas e demais características relacionadas ao conhecimento científico aqui levantado, torna-se algo impraticável de ser abarcado pelos livros e para sua inserção na sala de aula.

(...) uma transferência direta do saber científico para a sala de aula, tendo no caso a física como referência, traz uma grande dificuldade associada ao seu grau de complexidade. (Wuo, 2000; p.32)

Por isso, torna-se indispensável um processo de seleção e transformação do saber. É esse processo que determina os critérios do que e como vão, para o ambiente escolar, os conteúdos científicos. O processo seletor e transformador dos conteúdos originais da ciência em conteúdos a serem ensinados é chamado de transposição didática. *“Em resumo, a Transposição Didática é o conjunto das ações que tornam um saber sábio em saber ensinável”* (Alves Filho, 2000; p.219). O que acaba ocorrendo é uma seleção e transformação desse saber, de acordo com as finalidades provenientes de fatores sociais e culturais gerais e também das limitações inerentes ao processo de aprendizagem. Assim, a disciplina escolar não será absolutamente igual à disciplina científica que lhe dá o nome: ela vai funcionar como um saber de referência para balizar o conhecimento. Uma autonomia é própria do campo de ação escolar, no sentido de selecionar temas e assuntos no acervo da ciência e da cultura associada a ela e estabelecê-los segundo uma ordem e sequência conveniente com certos fins.

De acordo com Chevallard (1991), o sistema didático integra um ambiente com múltiplos e complexos fatores (internos e externos) que o influenciam. Este ambiente é chamado de noosfera e é lá que se desenrola e acontece a integração entre os saberes e os aspectos sociais (representados pelos seus membros) com seus interesses e anseios. É também na noosfera que se encontram os membros que ocupam os cargos principais do funcionamento didático (governantes, supervisores, secretários de educação, editores de livros, professores, etc) e que se enfrentam com os problemas oriundos do confronto com a sociedade. É nesse ambiente que amadurecem soluções, geram-se conflitos, “pesam” interesses, ocorrem negociações, etc, ou seja, é nesta esfera que se pensa e se intermediam todos os processos para a transposição.

A noosfera é o ambiente no qual o saber sábio é um corpo de conhecimentos legitimado epistemologicamente, tendo como condição

fundamental seu caráter acadêmico para inserção nas questões de ensino. Todavia, o que ocorre na escola depende, portanto, eminentemente da legitimidade que a sociedade lhe concede e lhe nega. (Chevallard, 1991; p.164).

O saber científico, ao ser transposto, passa a se configurar como o saber escolar. Esse saber adquire assim um outro estatuto epistemológico, com outro formato e com características peculiares, revelado por meio dos currículos e textos didáticos. Dessa forma, o ambiente escolar se mostra como um espaço diferenciado de produção dos saberes, sem equivalentes na área de pesquisa. Eles são readaptados e muitas vezes ocorrem verdadeiras criações didáticas, como relata Ofugi (2001):

Boa parte dos exercícios de cinemática e termometria, por exemplo, nunca foram objetos de estudo da física. Não existe nenhum grupo de físicos estudando transformações de escalas termométricas, nem tão pouco algum que tenha como objeto de pesquisa o tempo de queda de uma lasca de madeira que se solta de uma ponte. (p.67)

Se, por um lado, o corpo de conhecimentos da física pode ser superado por uma outra teoria mais geral ou outras que levam a situações que contrariam os fatos experimentais, por outro lado, o ensino escolar da física não tem se ocupado de elaborar e provar teorias (apesar de alguns trabalhos terem apontado sua relevância), mas procurar despertar o interesse pelo que está sendo estudado, enfatizar e convencer os alunos sobre a necessidade de determinado conceito e seu poder explicativo, mostrar modelos teóricos por meio de experimentos e textos, mobilizar e persuadir os estudantes a partir dos valores sociais, políticos, econômicos, dentre outros. Ao contrário da ciência, que utiliza um discurso dialético e lógico-analítico, no ensino escolar, o discurso se caracteriza como persuasivo e retórico. (Wuo, 2000; p.27)

A compreensão do processo de transposição didática nos permite percebermos que os conteúdos científicos presentes nos livros textos não são uma reprodução fiel da produção científica. Dessa forma, verifica-se que a transformação do conhecimento científico para fins educacionais não se constitui em simples “adaptação” ou apenas mera “simplificação” do conhecimento, nem somente uma vulgarização do conhecimento, mas trata-se sim de um conhecimento que foi modificado, tornando-se limitado e incompleto pelo fato de ser inviável tratá-lo no nível didático escolar em sua totalidade. No entanto, ele ainda permite uma acessibilidade ao saber científico, por estar implícita a idéia de que existe uma correspondência relativa entre o saber científico original e o escolar. Ao professor caberá o papel de trazer para o cenário escolar parte

do processo científico “perdido” na transposição. Isso ameniza a neutralidade e o artificialismo da ciência escolar (Alves Filho, 2000).

Grande parte dos assuntos e temas enfocados no ensino escolar da física ainda é estabelecido principalmente pela organização curricular que define os programas a serem executados na sala de aula. O currículo recebe influências e determinações de fatores variados, que vão desde propósitos científicos, tecnológicos e humanistas até as necessidades de formação e manutenção de elites, além do contexto histórico, político e social das demandas de mercado, dentre outras. (Saviani, 1994)

O currículo vai se preocupar em expressar aspectos de natureza eminentemente social, tanto no que diz respeito à realidade da sociedade próxima com seus conflitos internos, interesses de classe, dentre outros de interesse universal. Nesse caso, atribui-se a um núcleo universal, em matéria de ensino de ciências, um significado que remete a um conteúdo curricular mais geral, imposto geralmente por países que predominam econômica e culturalmente o cenário mundial. Neste sentido, as influências de um currículo mundial acabam por inibir as manifestações culturais nacionais. Países culturalmente diferentes apresentam currículos que não expressam muitas vezes a diversidade cultural, mas procuram manifestar um padrão estabelecido normalmente por países mais desenvolvidos. Dessa maneira, o currículo tende a selecionar e tomar como padrão os elementos dessas culturas, sem levar em consideração, muitas vezes, o desenvolvimento e as contribuições dadas pelos países menos desenvolvidos nos vários campos do conhecimento, com seus respectivos ganhos e conseqüências para o país. Tal fato acaba por garantir a hegemonia no currículo de determinados saberes, valores e visão de mundo em detrimento de outros.

De acordo com Williams (1984), a seleção curricular deve fazer-se de modo a expressar a realidade da sociedade para a qual se destina, em vez de reproduzir padrões alheios. Trata-se de compreender a natureza dessa sociedade e organizar a educação e o currículo para que expressem e criem os valores adequados para uma sociedade democrática e instruída. Trata-se de procurar, por meio de um currículo comum, contribuir para o rompimento de eventuais barreiras e privilégios, senão corre-se o risco de se ter, ao invés de valores e saberes partilhados, a supressão do que foi produzido e conquistado pelas nações periféricas.

Segundo um estudo realizado por Benavot et al (1991, p.317-344) e por pesquisadores ligados a universidades americanas e asiáticas a respeito da constituição curricular de países afiliados à UNESCO, nos períodos de 1920-1944, 1945-1969, 1970-

1986, os currículos dos sistemas nacionais de educação foram configurados mais pelos processos mundiais que pelos nacionais.

O currículo de massas é definido e prescrito diretamente através da influência de determinadas organizações internacionais (por exemplo, o Banco Mundial e as Nações Unidas) mediante modelos apontados por Estados-nação dominantes e por profissionais da educação que operam em escala mundial. (Benavot 1991 et al, p.339)

De acordo com o autor espanhol Santomé (1993), a seleção dos conteúdos curriculares deve promover a construção de conhecimentos, destrezas, atitudes, valores e normas necessários a uma cidadania consciente. Trata-se de favorecer uma reconstrução reflexiva e crítica da realidade, tomando como ponto de partida as teorias, os conceitos, os procedimentos, costumes, dentre outros que existem nessa comunidade e naquelas às quais se deve facilitar o acesso.

Tendo-se criado uma tradição a partir da qual os conteúdos que aparecem nos livros-texto são os únicos possíveis, os únicos imagináveis, incluindo os conteúdos da física (cultura hegemônica), são muitas as vozes que parecem ficar excluídas e/ou modificadas na maioria dos currículos planejados, principalmente nas nações em desenvolvimento. Elas parecem escamoteadas e/ou deformadas para anular qualquer tentativa de mudança dessa situação.

Dentre algumas das culturas ausentes do currículo, Santomé (1993) destaca:

- As culturas das nações do Estado espanhol;
- As etnias minoritárias ou sem poder;
- O mundo feminino;
- A classe trabalhadora e o mundo das pessoas pobres;
- As vozes do Terceiro Mundo.

Quando nos reportamos ao conteúdo que é normalmente trabalhado em sala de aula pelo professor, ou seja, o saber a ensinar estabelecido nos livros e manuais didáticos e também pelos currículos, verifica-se que ele sofre uma segunda transposição (dita transposição interna), caracterizando assim o saber ensinado. Este saber é o que de fato se faz presente na sala de aula. Ele é marcado principalmente por adaptações didáticas que buscam otimizar o “tempo didático”, adequando os conteúdos de acordo com o número de aulas semanais, características e preferências do próprio professor, objetivos da escola e da comunidade a que pertence, dentre outros fatores.

Neste nível de saber, é mais explícita a interferência das concepções pessoais do professor, dos interesses e opiniões da administração escolar, dos alunos e da comunidade à qual a escola está ligada.

Apesar do processo de transposição didática se fazer claramente presente no processo que envolve o ensino-aprendizagem, até mesmo para evidenciar e esclarecer que os conteúdos científicos presentes nos livros textos não são uma reprodução fiel da produção científica e que fazem parte de um processo transformador com regras que buscam legitimar esse novo conhecimento, as referências que podem intervir e legitimar o saber escolar se encontram fora do contexto interno da ciência e da atividade científica³⁵. De acordo com Martinand (1986), as Práticas Sociais de Referência (PSR) podem legitimar o saber escolar.

Deve-se, de maneira inversa partir de atividades sociais diversas (que podem ser atividades de pesquisa, de engenharia, de produção, mas também de atividades domésticas, culturais...) que possam servir de referência a atividades científicas escolares, e a partir das quais se examina os problemas a resolver, os métodos e atitudes, os saberes correspondentes.

Em outro ponto, Martinand esclarece que as práticas sociais de referência:

(...) funcionam essencialmente como um guia de análise de conteúdo, de crítica e de proposição. A idéia de referência indica que não podemos e nem devemos nos ligar a uma conformidade estreita de competências para adquirir as funções, os papéis e as capacidades da prática real. Antes de tudo deve dar meios de localizar as concordâncias e as diferenças entre duas situações, onde uma prática industrial, por exemplo, é objeto ensinado, e possui uma coerência que deve ser transposta para a escola. (Martinand, 1986 apud Alves Filho, 2000; p.222-223)

As PSR podem sinalizar caminhos alternativos e diferentes daqueles que aparentemente parecem seguir uma tradição curricular hegemônica ao abordar os conteúdos presentes nos livros e manuais didáticos, como algo puramente vinculado a produções científicas estrangeiras. De acordo com estas PSR, abre-se espaço e possibilidades para abordagens de conteúdos que revelem alguns de nossos principais cientistas, suas principais contribuições, seja na área científica como em outras áreas da

³⁵ Martinand (1986) denominou estas referências de “Práticas Sociais de Referência” (PSR), no qual interferem diretamente nos conteúdos eleitos para serem incorporados no saber escolar. As PSR funcionariam assim como um guia no processo de transposição.

cultura. Essa abordagem não se constitui em mera apreciação e exacerbação de nossos cientistas, nem tão pouco da ciência no Brasil, mas também como possibilidade de tratar a ciência (no caso, a física) como uma atividade dinâmica e complexa que envolve a participação e colaboração também de países periféricos para sua construção e desenvolvimento. Tal abordagem abarca as implicações de cunho sócio-cultural, político e econômico. Essa visão mais integrada poderá ajudar os alunos a perceberem e compreenderem melhor as conexões da produção científica com outros aspectos da cultura.

As PSR vão permitir ainda que se reconstitua, ao menos parcialmente, um cenário que permita ao aluno perceber que o saber tem a capacidade de resolver problemas reais, ou seja, tornar possível enxergar na ciência escolar uma correspondência ou proximidade com a ciência na dimensão do saber sábio. Isso acaba por possibilitar desenvolver um ensino mais contextualizado e menos fragmentado do que normalmente é percebido nos livros.

(...) o professor deve buscar a criação de um ambiente que favoreça o rompimento com a imagem neutra e empirista da ciência. Imagem que é perpassada através dos manuais e livros didáticos e buscar, nas PSR, os elementos mais adequados aos seus objetivos. (Alves Filho, 2000; p.234)

Podemos perceber que as PSR introduzem uma nova dimensão para o saber escolar. Elas permitem uma aproximação do conteúdo escolar com elementos da cultura nas suas diferentes formas e manifestações, e essa associação parece ser importante quando se trata do ensino básico da ciência visando uma educação científica e integradora.

Wuo (2000), em seu trabalho que buscou analisar os conteúdos e métodos que possam caracterizar o modo como os livros didáticos do ensino médio apresentam a física, concluiu que os livros analisados revelam traços da transposição didática, conforme a proposta de Chevallard, entretanto, os livros mostram também a presença das PSR:

(...) há também de se notar outros aspectos associados à física, que nos livros também consideram, tais como a tecnologia, a história, a sociologia, as outras ciências, a arte, que desempenham um papel não de meros complementos e curiosidades, mas estão ligados a uma visão de ciência dentro da cultura humana. Nesse caso, não haveria somente um fluxo de saber do corpo científico estrito para o meio escolar, mas um fluxo muito

mais complexo envolvendo muitos outros campos da cultura. (Wuo, 2000; p.131)

Como exemplo, ele informa que:

Há um fluxo de conhecimento da física para os livros; pode-se notar que novas descobertas da ciência são incluídas nas reformulações das obras. (idem p.132)

Neste trecho, o autor destaca como exemplo que:

A obra de Amaldi (1995) foi concebida por Enrico Fermi, em 1929, e recebeu atualizações nas sucessivas reedições, apresentando na última edição a física dos quarks. (idem, p.132)

A física, como disciplina curricular, ao fazer parte da necessidade educacional de formação do pensamento científico e da educação científica, leva em consideração, por um lado, os parâmetros curriculares e pedagógicos e, de outro, procura manter um mínimo de aproximação com a física. Neste sentido, as PSR tornam-se uma referência importante na busca de aproximar, ou de não tornar muito distante, a física escolar da física estudada pelos cientistas. Elas procuram aliar a estrutura interna da disciplina científica às necessidades externas e cotidianas das pessoas.

Ao longo do tempo, a física passou por grandes mudanças conceituais de tal modo que hoje sua estrutura e alcance estão bem mais distantes de serem admitidos como definida, pois há uma dependência de vários aspectos para seu desenvolvimento.

Como resultado das pesquisas históricas, sociológicas, filosóficas etc acerca da ciência, sua compreensão moderna tornou-se mais flexível que um amontoado de teorias. Podemos dizer que a ciência tem sido considerada como uma “instituição” social, um conjunto de práticas e fazeres associados a um saber característico, mas não apenas o saber.

Um movimento que constitui um marco nítido da preocupação do ensino de ciências com os aspectos sociais e tecnológicos diz respeito à abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) no Brasil. Tal movimento começou a aparecer com maior ênfase a partir da década de 1990.

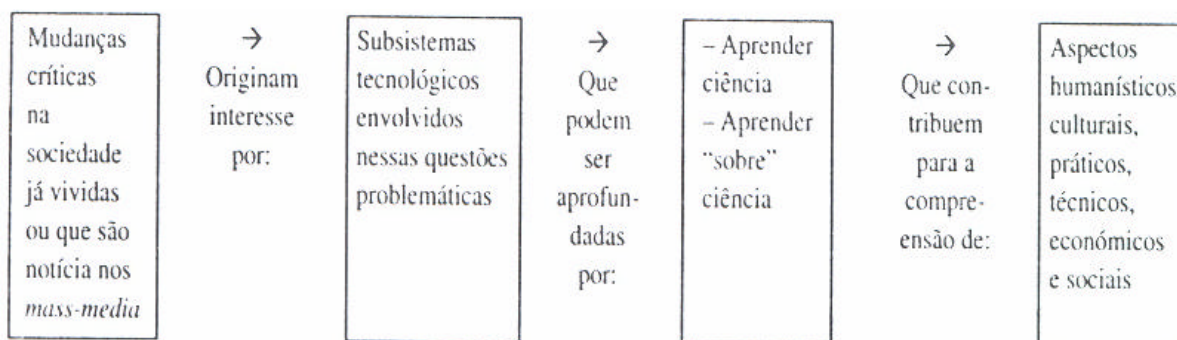
De lá para cá, muitos foram os trabalhos de pesquisas educacionais envolvendo os currículos do ensino de ciências sustentados pela abordagem CTS (como, por exemplo, Aikenhead, 1988; Carpena e Lopesino, 2001). O campo das

interações CTS nas pesquisas educacionais tem se mostrado relevante, principalmente pelo fato de C&T afetarem substancialmente as sociedades.

De acordo com Santos (2001), as tendências curriculares de tipo CTS podem privilegiar aspectos da própria ciência (Cts), aspectos que priorizam a tecnologia (cTs) e os que privilegiam a sociedade (ctS). Quanto à direção que prioriza a sociedade como primeira referência (direção que vai mais ao encontro de nossa perspectiva), ela busca atribuir maior relevância a temas ou tópicos de maior incidência social e cultural. Contudo, deve-se estar atento para não deixar de lado o corpo de conceitos básicos da ciência como um propósito essencial no ensino de ciências. O objetivo do ensino CTS, com prioridade na sociedade, buscar alargar as visões sobre o mundo do qual fazemos parte e nos identificamos, sem implicar num abandono de alguns dos propósitos básicos e tradicionais do ensino de ciências.

Parece-nos importante, por exemplo, que os alunos saibam diferenciar e transitar entre o conhecimento científico elaborado e a opinião do conhecimento científico (de senso comum). Neste sentido, a distinção entre as idéias convencionalmente usadas pelos cientistas e as dos alunos e da sociedade em geral sobre a ciência e o empreendimento científico, pode ajudar a estabelecer *“diferenças de compreensão, de opiniões, crenças, valores e de contextos de uso”*. (Santos, 2001; p.78)

Santos (2001, p.79) nos apresenta um modelo interessante de inclusão CTS que poderíamos nos apropriar. Este modelo parte de tópicos e questões com incidência social sem, no entanto, ser dominados inteiramente por estes tópicos, ou seja, a aprendizagem da ciência não deve ficar apenas na dependência de certas situações em detrimento de outras. Neste sentido, o modelo proposto por Santos permite uma flexibilização na aprendizagem *“sobre”* ciência como *“em”* ciência.



Modelo CTS com incidência em tópicos sociais

3.2- Algumas considerações a respeito dos livros didáticos no Brasil

Os livros didáticos exercem papel fundamental nas questões que abrangem o ensino. Por meio deles podemos analisar os conteúdos trabalhados em sala de aula, perceber tendências metodológicas e a filosofia educacional que expressam. Eles podem ser uma das maneiras de caracterizar e distinguir a evolução do ensino através dos conteúdos e a forma como são veiculados ao longo do tempo. No caso da física, a seleção e organização dos conteúdos expressos e a forma como são veiculados, nos ajudam a encontrar bons indícios para caracterizar e distinguir a evolução do ensino, além de permitir identificar a visão de ciência que se transmite, bem como a qualidade deste mesmo ensino.

Até 1930, os livros didáticos, principalmente do ensino secundário, caracterizavam-se como compêndios de física geral, coerente com a ausência de um ensino bem estruturado e organizado contribuindo para a não seriação dos estudos secundários. Para este nível de ensino, um dos livros aqui analisados foi o de A. Ganot (1862), tido como referência no Colégio Pedro II. Esse livro foi utilizado no Colégio no período de 1851 até a reforma de Benjamin Constant, quando foi substituído em 1898, passando por várias reedições. Foi uma obra de referência para várias escolas secundárias da época além de ter sido uma fonte de inspiração para vários outros livros escritos por autores brasileiros posteriormente. Esse autor foi referência também para os livros utilizados pelos Iceus franceses. (Conf. Lorenz & Vechia, 1998; Vechia & Cavazotti, 2003)

Durante muito tempo, grande parte dos livros didáticos de física foi escrita na forma de compêndios. A maioria dos aspectos abordados se dava de maneira qualitativa, segundo a tradição das antigas enciclopédias, com ausência quase total de exercícios³⁶. É razoável supor então que as atividades fossem vistas como de competência dos professores. Muito provavelmente, não deveria ser hábito naquela época o que até os dias atuais se configura como muito comum no ensino da física: a resolução de exercícios³⁷.

Alguns dos livros preocupavam-se em discutir aspectos e implicações filosóficas dos conhecimentos físicos. Muitas vezes, davam uma interpretação que,

³⁶ Ver em Alves Filho (2000b).

³⁷ A partir de nossas observações para a pesquisa realizada nos livros que descrevemos mais à frente neste capítulo, parece-nos que havia um maior equilíbrio entre o tratamento teórico dos conceitos com o contexto de parte das descobertas de tais teorias.

implícita ou explicitamente, destacava em certos momentos, aspectos da nação produtora do livro.

Em uma breve leitura dos textos didáticos, Alves Filho (2000b) observou que no ensino de física a valorização da memorização e do verbalismo descritivo estava fortemente presente. Prevalencia uma grande quantidade de informações e descrições um tanto quanto superficiais, inclusive com relação às observações empíricas inerentes à própria física.

Num estudo a respeito dos livros didáticos utilizados na escola secundária brasileira no século XIX, por meio do ensino de ciências no Colégio Pedro II, modelo de referência das demais escolas brasileiras da época, Lorenz & Barra (1986) concluiu que os autores dos livros de ciências utilizados eram quase que exclusivamente franceses.

Portanto, a influência francesa sempre presente nos currículos do Colégio foi também, muito marcante na sala de aula devido à adoção de livros didáticos daquele país. O que torna este fato ainda mais notável é que, enquanto a influência francesa no ensino superior diminui durante o século, por causa da publicação e utilização de livros didáticos de ciências escritos por brasileiros, o ensino no Colégio não sofreu nenhuma mudança neste sentido. (...) as idéias dos autores franceses predominaram com muita intensidade nas aulas de ciências do Colégio. (p.434)

De acordo com as conclusões de Lorenz & Barra (1986) e observações de Alves Filho (2000b), a literatura escolar francesa foi também fonte inspiradora para a confecção dos primeiros livros didáticos nacionais escritos por brasileiros, tanto no que diz respeito ao ensino superior como no ensino secundário.

De lá para cá, ocorreram várias reformas educacionais bem como mudanças nos programas curriculares, inclusive em função dos exames preparatórios para acesso às faculdades no qual os livros procuraram se adaptar. À medida que os livros didáticos passaram a ser escritos por brasileiros, ainda que sob forte influência do modelo europeu, gradativamente os livros didáticos começaram a entrar numa fase de tentar adequá-los a realidade educacional brasileira. Dessa forma, surgiram projetos brasileiros no intuito de elaborar materiais instrucionais de ciências³⁸.

Uma das preocupações tratadas pelas reformas educacionais, ocorridas principalmente a partir de 1930, era o de atualizar o saber escolar. Muitos dos livros de física brasileiros (e talvez também de outras nações periféricas) parecem buscar, para o

³⁸ Mais informações a respeito dos projetos brasileiros ver Alves Filho (2000b).

recorte dos novos conteúdos, apenas aqueles produzidos no exterior, talvez embalados por uma tradição e/ou herança de um passado distante. No caso do Brasil, raros são os livros que abordam algum conteúdo ou tópico que associe nossa comunidade científica, formada de maneira mais efetiva a partir da fundação da USP.

Conforme pudemos observar, grande parte dos trabalhos a respeito dos livros didáticos de física no Brasil são geralmente avaliados em função dos aspectos que envolvem critérios de escolha pelos professores, metodologia empregada, conteúdos e informações que veiculam, propostas de atividades (exercícios, experimentos, textos etc), formas de tratar e/ou perceber a ciência, dentre outros aspectos. Sem dúvida que eles são de fundamental importância, mas nem por isso devemos deixar de apontar a ausência da contribuição das pesquisas realizadas pelos nossos principais cientistas.

Neste sentido, de acordo com Bassalo (1992):

(...) ao escrever um livro texto em qualquer país, particularmente no Terceiro Mundo, como o Brasil, cremos não ser suficiente apenas incluir biografias dos principais cientistas envolvidos (...). Há que se fazer uma descrição histórica mais pertinente (...) No entanto, (...) isso seria alcançado, quando cada capítulo de um livro texto fosse precedido de uma Introdução Histórica. Além do mais, sempre que for pertinente, essa introdução deverá fazer referência a trabalhos de cientistas terceiromundistas, para que os leitores conheçam a contribuição científica de seus patrícios. Somente desse modo, poderá haver uma divulgação, além do círculo fechado dos especialistas, de relevantes trabalhos por eles realizados. (...). (p.64)

A ênfase proposta pelo autor na divulgação de trabalhos de cientistas “terceiromundistas” vai ao encontro à proposta de procurar “quebrar” a falta de tradição científica que fez parte de nossa história e que parece repercutir no imaginário dos estudantes a partir do momento que questionam ou mesmo se surpreendem com a presença de um físico brasileiro ligado a importantes descobertas ou grandes feitos científicos. Como exemplo, Bassalo (1992) relata:

[...] ouço meus estudantes, quando falo em trabalhos de físicos brasileiros, dizerem: “mas eles fizeram isso?”, “mas, existe esse físico?”, “mas, ele fez esse trabalho que o Sr. diz que é importante?”. Bem, aí penso o seguinte: será que o aluno vai acreditar no que estou dizendo? Porque vai procurar o livro de texto e não encontra o trabalho. Será que ele acreditará? [...]. Vamos citar a contribuição dos físicos latino-americanos no contexto de sua Ciência, para que os estudantes percebam e se estimulem [...]. ” (idem, p.31)

A nosso ver, destacar alguns dos trabalhos relevantes de cientistas de determinado país, vinculado a um conteúdo disciplinar, significa também a possibilidade de valorizar o cientista e a ciência desenvolvida no país enquanto cultura e como referência local, sem, no entanto, entrar no aparente jogo de marketing realizado muitas vezes por alguns países cuja tradição científica se fez presente ao longo de seu desenvolvimento e de sua história. Entretanto, as contribuições científicas de cientistas de outras nacionalidades ou de países sem tanta tradição científica dificilmente aparecem.

Segundo José Veríssimo (citado em Arroyo, 1967, p.81), a questão da nacionalidade do livro didático foi um problema que culminou na reforma de 1938 que lutava para que os livros de leitura fossem brasileiros, não somente escritos por brasileiros, mas também devido a seus assuntos, e onde estivesse presente o sentimento nacional. Claro que não estava se referindo especificamente aos livros e textos de ciências que, aliás, ainda se configuram como o capítulo mais pobre da literatura didática brasileira (conf. Netto, 1974; p.94).

O tratamento do conhecimento científico tido como universal nos dá a impressão de acabar servindo de barreira quando se busca tratar nos livros didáticos de questões que envolvam a ciência e os cientistas nacionais. Isso talvez se dê novamente pela falta de tradição científica que acompanhou a história e o desenvolvimento do país e que tanto dificulta a mudança dessa imagem em função do passado.

Outro ponto que vale a pena ser lembrado são as duras lutas travadas no passado na tentativa de nacionalizar a escola brasileira. No Brasil, a escola, até meados do século XIX, refletia as condições iniciais de nossa vida colonial; depois, com a independência, as nações de origem européia “ditaram” o que deveria ser feito, embora elas buscassem empreender o esforço por uma educação universal. Foi criado um amplo sistema popular de escolas para transmitir uma cultura em freqüentes mudanças, promovendo e evidenciando o desenvolvimento de uma cultura nascente, complexa e diversa. Dessa forma, o sistema educacional brasileiro ficou com suas escolas tradicionais voltadas para uma pequena e dispersa elite literária e profissional³⁹.

A partir da década de vinte (século XX) ocorreram várias reformas educacionais a fim de que o ensino tratasse de elementos da cultura nacional. Tal ponto pode ser evidenciado em vários momentos, como por exemplo, na obra de Anísio Teixeira, bem

³⁹ Idéias retiradas da obra: Educação no Brasil – Anísio Teixeira (1999). Publicado pelo Ministério da Educação e Cultura – Instituto Nacional de Estudos Pedagógicos (INEP).

como outros autores defensores da escola como espaço para transmissão e emancipação da cultura nacional.

Na escola secundária, entretanto, já se afirmam gritantes os aspectos desnacionalizantes. A língua portuguesa é ensinada no mesmo pé de igualdade de várias línguas estrangeiras e de uma língua morta. A importância da história do passado e do estrangeiro é infinitamente maior que a da história nacional. Na geografia, o mesmo. A cultura nacional, o desenvolvimento nacional, a história contemporânea do Brasil, ninguém poderá dizer que sejam estudadas na escola secundária brasileira. E não o são também na universidade. Na Faculdade de Filosofia, a língua portuguesa e a literatura brasileira são uma fração do departamento de línguas neolatinas. Um jovem pode formar-se sem tomar contato com nenhum dos livros da imensa brasiliana, que já possui o país. Sem conhecer um só dos seus autores, pois não se pode considerar conhecê-lo, saber-lhes os nomes e um ou outro excerto antológico. (Teixeira, 1999, p. 389)

Em outro ponto, Anísio Teixeira (1999) aponta que:

Só a escola e uma escola verdadeiramente de estudo e de conhecimento do Brasil poderá mostrar-nos o caminho para esse imenso esforço de emancipação nacional. (p.391)

Certamente as palavras de Anísio Teixeira não se referiram especificamente ao ensino de ciências, pois esse ensino no país era algo ainda muito incipiente e copiado inteiramente de modelos internacionais, mais especificamente o francês. Hoje, a ciência e a física no Brasil estão bastante desenvolvidas em relação à época desses escritos, podendo ser abordada e tratada pelos currículos e pelos livros. Mas podemos novamente evocar Anísio Teixeira que também lutava pela modernização do ensino nas escolas brasileiras.

Ao findar o século XIX é que surge uma certa inquietação e se começa a perceber que tal educação já não atendia aos problemas contemporâneos. Cultura, sobretudo do século XIX até os nossos dias, não podia ser apenas o conhecimento de coisas existentes em livros de uma cultura passada. A cultura da época, cultura contemporânea, predominantemente científica e técnica, e, quando literária, constituída por grandes documentos literários da fase histórica em curso, tem que ser o objetivo da escola, pois agora já temos a nossa própria civilização com a sua literatura, a sua ciência e as suas técnicas. (1999, p.177)

Neste trecho, o autor se refere a uma cultura de âmbito transnacional ao falar de uma civilização no qual a ciência e a tecnologia exercem papel de destaque em todas as sociedades.

3.3- Um olhar sobre os livros textos de física

A partir das considerações realizadas, acreditamos que seria fundamental analisarmos como alguns livros de física abordam(ram) a ciência (e a física) no que diz respeito ao destaque para a ciência e os cientistas do país. Para isso, nossa proposta foi a de analisar alguns livros textos de física buscando detectar, por meio dos textos e relatos desses livros, possíveis referências prioritárias relativas à ciência e/ou desenvolvimento científico produzido pelo país de origem dos autores destes mesmos livros, dentre outros aspectos que relacionam a nacionalidade dos livros com o caráter transnacional da ciência⁴⁰.

A análise desses livros constitui-se em uma pesquisa com perfil historiográfico por meio de análise documental. Foram consultados, inicialmente, livros textos de física utilizados pelas primeiras escolas e faculdades no Brasil, assim como algumas outras obras de autores estrangeiros que possivelmente inspiraram a confecção dos primeiros livros de física escritos por autores brasileiros utilizados no âmbito escolar. Inicialmente foram consultados trabalhos que fizeram um levantamento desses livros, principalmente os utilizados no Colégio Pedro II, bem como outros que constavam na bibliografia de livros nacionais e que puderam ser encontrados. Analisamos também alguns livros de física mais recentes de três autores brasileiros, e bastante utilizados no nosso ensino médio. Optamos então por separar os livros analisados segundo a nacionalidade de seus autores. Inicialmente realizamos comentários e impressões gerais para, mais à frente, nos resultados, exemplificarmos com algumas citações.

Livros franceses

Nas duas obras analisadas, de Adolphe Ganot (*Traité Elementaire de Physique*) e de D. Pouillet (*Elements de Physique experimentale et de meteorologie*), claramente está presente um sentimento nacionalista francês. Expressões que aparecem ao longo do livro, como: “Na França, foram utilizados...” ou “foram desenvolvidos pelo fabricante francês...” revelam tal sentimento. Adiante explicitamos

⁴⁰ A relação completa dos livros analisados encontra-se no anexo 1.

alguns exemplos que mostram a tendência desses livros em privilegiar os feitos científicos franceses de maneira geral.

Notamos ainda que numa época no qual o eletromagnetismo estava se desenvolvendo na Alemanha, os livros franceses citam algumas contribuições de Ampère e quase nada a respeito dos feitos científicos alemães, quer dizer, a contribuição alemã, que forneceu contribuições relevantes naquele período, não é citada pelos livros franceses analisados.

Livros ingleses

Apesar das três obras analisadas, de C. Christiansen (Elementos de Física Teórica, 1897), de William Watson (Curso de Física, 1932) e de J. D. Everest (*Elementary Text-book of Physics*, 1877), serem de épocas diferentes, percebemos no livro de C. Christiansen (1897) pontos que focam a contribuição inglesa à construção da ciência em detrimento a outras nações, como, por exemplo, a França. Apesar do sentimento nacional inglês presente nessa obra ser mais sutil do que nos livros franceses, notamos referências explícitas que destacam a nação, como, por exemplo, na expressão “*Na Inglaterra, o célebre Newton foi capaz de trazer grandes avanços à ciência inglesa e mundial (...)*”.

No livro de Watson (1932), ainda que não aborde tantos pontos que explorem a nacionalidade do autor, traz algumas leis físicas com o nome de seus cientistas. Isso ocorre, por exemplo, nas leis dos gases ideais identificada como Lei de Boyle (inglês) e na Lei da refração da luz como Lei de Snell (também inglês).

Livro alemão

No único livro analisado (C. Sternstein - Elementos de Física Básica, 1895), em alguns poucos pontos também surgem referências relativas à contribuição alemã (como exemplificamos mais adiante).

Apesar da publicação do livro datar de 1895, época no qual estavam sendo realizadas importantes pesquisas a respeito de eletricidade e magnetismo na Alemanha, esse único livro analisado não relata maiores contribuições de seus cientistas. Esse fato ocorreu também nos livros franceses, conforme já nos referimos anteriormente.

Livros brasileiros

Os primeiros livros escritos por autores brasileiros de física são réplicas essencialmente dos livros franceses e, posteriormente, dos ingleses. Nos livros escritos por brasileiro, os conteúdos se apresentam bastante reduzidos em relação aos autores franceses, principalmente do livro francês de A. Ganot (1862)⁴¹. Vários livros nacionais do início do século XIX citam trechos idênticos dessa obra, mostrando experiências ou outras contribuições francesas. Fato aparentemente normal tendo em vista que o modelo de ensino francês foi também modelo para o ensino brasileiro durante muito tempo. Isso pode ser verificado nos livros de autores brasileiros como Francisco Ribeiro Nobre (1896) e F. Alcântara Gomes Filho (1945).

Em outros livros, como o de Aníbal Freitas (1937), apenas se descrevem os conceitos e leis sem qualquer referência à nacionalidade dos cientistas. Muitas vezes nem o nome das referidas leis é citado. Entretanto, temos, no livro de Antônio de P. Dias (1929) (único a fazer referência à nossa nação), citações a respeito de cientistas brasileiros como Santos Dumont e o padre Bartolomeu de Gusmão.

Mais recentemente, no livro de D. N. Paraná (1993) encontramos algumas referências relativa à nossa ciência e tecnologia como os trabalhos do físico André Koch T. de Assis da Unicamp (p.341), a energia nuclear no Brasil (p.225) e a tecnologia nacional, quando se refere ao Laboratório de Luz Síncrotron instalado no Brasil. (p.326)

Livros Americanos

Nos dois únicos volumes analisados, de Oswald H. Blackwood & Thomas H. Osgood - Física na escola secundária, vols 1 e 2, identificamos alguns exemplos e fotografias que fazem referência a lugares ou cidades americanas sem exaltar seus feitos científicos. Vale destacar aqui a preocupação dos tradutores destes livros, os físicos brasileiros J. Leite Lopes e Jaime Tiommo, em contextualizar alguns conteúdos, exemplos e figuras (equipamentos instalados nos laboratórios e centros de pesquisas brasileiros) condizentes com o quadro nacional.

Livros Russos

Foram analisados alguns livros da Editora Mir destinados ao ensino básico da física. Nestes livros, há um claro e enfático destaque dado às contribuições de cientistas

⁴¹ Os livros deste autor estiveram presentes por vários anos nos programas do Colégio Pedro II com várias reedições.

russos (antigo soviéticos) ou mesmo realizações científicas atribuídas ao país. Em quase todos os capítulos dos livros analisados fica explícita a ênfase e preocupação em associar aplicações tecnológicas, descobertas de cientistas russos, dentre outros elementos que associam o desenvolvimento científico da nação.

Nos livros de Frish e Timoreva (1967, 1968) a participação e/ou colaboração russa na ciência fica melhor descrita e divulgada do que nos livros de Bújovtsev (1986), destinados ao ensino básico da física.

A leitura de qualquer um desses livros, além dos fenômenos e das teorias serem bem descritas e, em muitos momentos, retratarem uma descrição do processo, revela a grande contribuição e “poder” da ciência na Rússia (ex-União Soviética) ou mesmo aplicações e trabalhos de pesquisas desenvolvidas pelo país.

3.4- Resultado das investigações

Ao investigarmos alguns dos livros e manuais didáticos estrangeiros utilizados no ensino de física ao longo de décadas no Brasil, fomos capazes de perceber alguns traços sócio-culturais que, de certa forma, refletem algumas características da ciência nas várias épocas da humanidade em certos países. O objetivo aqui foi de revelar que apesar de a ciência e a atividade científica ser possivelmente encarada como neutra, a ideológica e transnacional, quando olhamos a ciência através dos livros e manuais didáticos, podemos perceber características que revelam uma ciência escolar capaz de receber influências diversas, portanto, temos um exemplo que aponta a ciência escolar como não neutra.

Na França do século XIX, o desenvolvimento científico teve um grande avanço devido às reformas educacionais implementadas. O ensino francês, copiado pelas escolas brasileiras, baseava-se nas recém-criadas *École Polytechnique* e *École Supérieure*, sendo revigoradas as instituições regionais já existentes. Esse acontecimento se deu pela crença baconiana no poder da ciência para melhorar as condições morais e materiais da humanidade. A partir do regime de Napoleão, a ciência passou a ser vista com grandes possibilidades utilitárias, principalmente na engenharia e na guerra (Kneller, 1980). A partir do século XIX, a ciência é percebida pelas potências européias como um investimento importante para o desenvolvimento de seus impérios, para influência política, econômica e para as relações de força entre elas, promovendo grandes transformações nas relações comerciais, exigindo maior demanda de conhecimentos práticos (Vieira Pinto, 1979). Nesse ambiente, o surgimento da ciência

moderna estava preparado. O conhecimento passou a ser visto como uma forma de poder e como uma personificação típica da nação que o desenvolve, não sendo mais possível separar a ciência do nacionalismo cultural, principalmente ao propagandear seus feitos científicos. Nessa direção, Dantes e Hamburger, (1996) comentam:

É também progressivamente que, ao longo do século XIX, se passa do internacionalismo científico para um nacionalismo científico, cada vez mais forte, no final do século. Em geral, a idéia dominante é de que é preciso opor ao internacionalismo científico do século XX, sobretudo depois da Primeira Guerra. (p.30)

Apesar de a ciência abordar seus conceitos e leis da natureza de forma universal, podemos perceber um grande destaque aos cientistas e experimentos realizados por franceses ou desenvolvidos na França. Esse fato pode ser mais bem observado na parte inicial dos livros escritos por franceses ao citar o nome de seus cientistas pela primeira vez. A impressão que passa ao aluno-leitor é que a contribuição francesa à construção da física é maior do que a de outros países, inclusive da própria Europa. Ou ainda que, qualquer outro cientista de outra nacionalidade quase sempre utiliza algum recurso das instituições e/ou laboratórios franceses para desenvolver seus trabalhos científicos.

No trecho abaixo, extraído do livro de A. Ganot (1862), podemos perceber esse fato, por exemplo, ao explicar a respeito das balanças:

As primeiras balanças com suspensão inferior apareceram sob o nome de balança inglesa ou também chamada balança de Roberval, porque foram de fato aplicação do princípio das alavancas feito por esse geômetra, professor de matemática em Paris, durante o século XVII. A balança que vamos descrever (balança técnica) é uma combinação da balança de Roberval e da de Quintez, feita por M. Béranger, fabricante de Lyon. (p.34) [grifos nossos]

Aqui é possível perceber a ênfase dada ao fato de o fabricante da balança ser de uma cidade francesa e do geômetra, inventor da balança, ser professor em Paris.

O mesmo tema tratado no livro inglês de C. Christiansen (1897), ao se referir à mesma balança, apenas descreve o seu funcionamento sem citar a nacionalidade do cientista.

Balança Técnica: também chamada de balança inglesa (...) é uma balança de pratos iguais cujo funcionamento está baseado no princípio das alavancas (...) (p.53).

Na descrição dos termômetros clínicos, o livro alemão de C. Sternstein (1895) coloca:

Os termômetros clínicos são de invenção francesa, parecendo ter sido Baudin o primeiro fabricante em 1860, mas depois os alemães tomaram essa indústria e as casas francesas limitaram-se a vendê-las (...) só na Grande Guerra os alemães prisioneiros ensinaram aos franceses tal fabrico, sendo a primeira fábrica no Forte de Vauves (...) (p.138) .[grifos nossos]

Apesar de a invenção do termômetro ter sido obra de franceses, o livro destaca que sua industrialização ocorreu graças a tomada da indústria francesa pela Alemanha, fato aparentemente sem relevância na perspectiva dos conteúdos a serem ensinados. Assim, nesse trecho, fica clara a preocupação do livro alemão em destacar a participação alemã nesse episódio.

Outro ponto que destacamos no livro francês de A. Ganot (1862), agora com respeito à compressibilidade dos líquidos, foi o seguinte:

Depois da experiência na academia de Florença (...), disseram por muito tempo que os líquidos eram completamente incompressíveis. A partir de então, as pesquisas sobre o assunto foram feitas sucessivamente na Inglaterra por Canton em 1761, em Perkins, em 1819, em Copenhague por Oersted, em 1823. Por Calladon e Sturn, em Gênova, em 1827, por M. Regnault, em 1847 e desde então por M. Grassi, onde tem-se constatado que os líquidos são mais ou menos compressíveis. (P.59). [grifos nossos]

Nesse trecho, o livro cita as experiências realizadas por vários pesquisadores a respeito da compressibilidade dos líquidos e encerra se referindo à conclusão do experimento realizado por um italiano sem, no entanto, revelar sua nacionalidade. Isso talvez se dê pelo fato do autor não ser de nacionalidade francesa, embora tenha citado cientistas de outras nacionalidades.

Um outro exemplo pode ser visto no livro inglês de J. D. Everest (1877) que, com relação à lei da refração da luz, cita:

Lei de Snell: (...)

(...) T. Harriott, matemático e astrônomo inglês, nascido em Oxford em 1560, embora tenha dado importantes contribuições no campo da matemática, como a descoberta da lei do seno da refração da luz (...) Entretanto, todas suas descobertas matemáticas, não foram publicadas. No entanto, Snell (a

quem a descoberta desta lei é atribuída agora), ironicamente não foi o primeiro a publicar o resultado. Essa descoberta realizou-se em 1621, (...) mas o resultado não foi publicado, até que Descartes publicou em 1637. (p.197). [grifo nosso]

Aqui, novamente fica evidente a preocupação em registrar a contribuição inglesa à construção do conceito de refração da luz, fato que não ocorre em nenhum dos livros franceses analisados como, por exemplo, no livro de A. Ganot (1862), onde ele apenas escreve:

Lei de Descartes: (...) físico francês (...) responsável pela descoberta da lei do seno na refração da luz (...) (p.437). [grifo nosso]

Alguns livros de autores brasileiros, como o de J. Rodrigues Guedes (1868), ao explicar sobre os aeróstatos ou balões, destacam a contribuição do Pe. Bartolomeu Lourenço de Gusmão.

(...) as primeiras experiências aerostáticas que a história faz menção se deve ao nobre padre brasileiro Bartholomeu Lourenço de Gusmão (...) (p.268)

Nos livros franceses, ingleses, alemão e russos analisados não encontramos nenhuma menção ao padre. No livro brasileiro de A. de Pádua Dias (1929), ao citar Santos Dumont, coloca:

(...) o problema da dirigibilidade dos balões jazia abandonado, parecendo insolúvel, quando o nosso patrício Santos Dumont, após uma série de arriscadas experiências, resolveu-o. (p.68) [grifo nosso]

Em outro ponto, o mesmo autor destaca novamente o trabalho de Santos Dumont ao explicar o princípio de sustentação do avião:

Coube, ainda, ao nosso patrício Santos Dumont, a glória de haver sido o primeiro a voar em um aparelho, de sua invenção, mais pesado que o ar, demonstrando assim a praticabilidade da aviação. (p.69) [grifo nosso]

O autor não cita em nenhum momento a controvérsia com os irmãos Wright com relação à autoria do primeiro vôo. No entanto, percebemos aqui já alguma preocupação em citar feitos científicos de brasileiros ainda que isso seja pouco freqüente na maior parte dos livros analisados.

Outro exemplo pode ser verificado nos livros americanos de Blackwood⁴². Nessas obras, os físicos tradutores tiveram uma preocupação em adaptar alguns pontos para um contexto que, de alguma forma, torna presente a física desenvolvida no Brasil. Isso certamente não aparece na versão original americana. Temos aqui um exemplo de livro que não se configura apenas como mera tradução de obras de países desenvolvidos, conforme podemos constatar essa preocupação nas próprias palavras de J. Leite Lopes (1998), um dos tradutores do referido livro:

Em sua elaboração de manuais para uso dos estudantes de física, é importante que excelentes obras publicadas nos Estados Unidos – as coleções de manuais de física publicadas por Harvard e Berkeley – sejam adaptadas para as condições dos países em desenvolvimento e não simplesmente traduzidas. Assim, o fato de que o volume sobre mecânica do curso de física de Berkeley comece com um conjunto de fotografias de laboratórios de ressonância magnética nuclear, bevatrons, radiotelescópios e outras grandes máquinas dos Laboratórios de Pesquisas da ESSO, da Varian Associates, do Australian Information Bureau, da National Aeronautics and Space Administration (NASA), etc., mesmo antes da apresentação dos vetores, isto não é uma simples contribuição das leis da mecânica. É antes uma propaganda subliminar – talvez involuntária – do aspecto do poder na física, a qual, eventualmente, acaba conduzindo os estudantes dos países em desenvolvimento a um estado de reverência diante da física dos grandes e caros laboratórios norte-americanos, e também à convicção de que para aprender física e compreender as leis da natureza somos obrigados a ir para os grandes laboratórios do exterior e/ou comprar máquinas caras. É como se, portanto, apenas umas poucas pessoas privilegiadas dos países ricos estivessem capacitadas a aprender e utilizar a física. (p.114- 115)

Observando o tratamento dado ao tema “leis dos gases ideais”, todos os livros de origem francesa tratam o assunto como lei de Mariotte (francês), já os livros de origem inglesa nomeiam-no como lei de Boyle (inglês), sem haver esclarecimentos a respeito do porquê um ou outro nome. Mesmo os livros mais recentes, continuam não explicando esta diferença na nomenclatura e tratam o tema como Lei de Boyle-Mariotte.

De todos os livros analisados, os livros russos são os que mais destacam e revelam seus cientistas. Eles apresentam os conteúdos vinculando muitos deles ao contexto de aplicações científico-tecnológicas do país. Também são vários os exemplos de divulgação e exaltação dos trabalhos desenvolvidos pelos cientistas russos. Isso se

⁴² Tradução e adaptação feitas pelos físicos brasileiros J. Leite Lopes e Jaime Tiommo.

dá tanto de forma escrita quanto por meio de fotografias dos cientistas e de grandes laboratórios e centros de pesquisas.

No livro de S. Frish e A. Timoreva (1968, tomo 3), por exemplo, ao tratar das propriedades principais da luz, destaca-se:

M. Lomonósov fue partidario consecuente de la teoría ondulatoria de la luz e intentó relacionar los movimientos ondulatorios luminosos con los de las partículas de la materia. En 1753 Lomonósov dio a conocer a la Academia de Ciencias su propósito de realizar experimentos con una cuerda vibrante en el vacío, para comprobar si dichas vibraciones producen emisión de luz. (...) En el año 1756, en la Asamblea solenne de la Academia de Ciencias, M. Lomonósov pronunció <Discurso sobre el origen de la luz o nueva teoría sobre los colores>. (p.14)

Em outro ponto, ele coloca: *“Los físicos rusos e soviéticos han contribuido notablemente al desarrollo de los conocimientos sobre la luz.”* (p.16) e prossegue descrevendo mais alguns trabalhos de cientistas russos nesse campo da física.

Em outro ponto, os autores insinuam a descoberta do efeito fotoelétrico por um russo:

Em el año 1888 A. Stoliétov descubrió el fenómeno que denominó <actino-eléctrico>. Este fenómeno, que ahora se conoce con el nombre de efecto fotelétrico (...)

En 1901 P. Liébedev demostró con sus experimentos, extraordinariamente precisos y brillantes, la existencia de la presión luminosa vaticinada por la teoría electromagnética de la luz. D. Rozhdiéstvenski realizó en los años 1910-1912 la investigación de la dispersión anómala de la luz que se reconoce como clásica. (p.16)

Los físicos soviéticos han desempeñado un papel muy importante en el desarrollo de la nueva teoría de la luz. (p.17)

Aqui, novamente os autores exaltam os cientistas soviéticos:

Los físicos soviéticos nunca han separado la teoría de la práctica. La industria óptica soviética, basándose en los últimos datos científicos, ha alcanzado éxitos extraordinarios y juega un gran papel en la economía nacional. Han sido puestos al servicio de la construcción socialista los fenómenos ópticos más delicados. (p.18)

Em outro ponto, os autores revelam que:

La óptica aplicada recibió en la URSS un impulso extraordinario después de la Gran Revolución de Octubre. Se organizó la producción en gran escala de vidrio óptico de multitud de clases y alta calidad. La técnica óptica soviética siguiendo un camino autónomo ha dado gran número de nuevas creaciones que satisfacen totalmente la demanda de aparatos ópticos del país. (p.282)

No tomo 1 (mecânica, termodinâmica e ondas) dos mesmos autores, também é revelada a presença e a importância dos trabalhos dos soviéticos na física:

La teoría de Lomonósov, expuesta al año de 1744 en el tratado <Reflexiones sobre las causas del calor y el frío>, a pesar de la restricción que se indica, contenía todos los rasgos fundamentales de la teoría cinético-molecular del calor. (...) Este mismo hecho fue utilizado por él para refutar la teoría de calórico, que era la generalmente admitida en aquel tiempo. (p.283)

No livro de G. Ya. Miákishev e B.B. Bújovtsev (1983, vol 4), voltados para o ensino básico da física, também há várias menções a trabalhos e descobertas de cientistas russos:

Por eso las mediciones de la aceleración de caída libre, efectuadas bajo la dirección del académico soviético A.A. MIJÁILOV en las inmediaciones de la ciudad de Kursk, dieron la posibilidad de precisar la ubicación de los importantes yacimientos de hierro de esta zona. (p.25)

Ao longo deste livro ainda há vários temas ou tópicos relacionados diretamente ao desenvolvimento e utilização da ciência no país, como o desenvolvimento dos meios de comunicação na União Soviética, a radiocomunicação, as perspectivas da eletrificação da União Soviética, dentre outros tópicos.

A forma como os assuntos foram abordado nos livros analisados, ou seja, privilegiando as contribuições científicas dadas pelo país de origem do livro, nos apontam a possibilidade de também podermos destacar a física e a ciência no Brasil para os estudantes, como parte integrante de nossa cultura e do desenvolvimento científico do país.

3.5- Considerações finais sobre as investigações dos livros

Nossa investigação nos livros mostrou que alguns assuntos são tratados na perspectiva do país em que foram editados, enfatizando cientistas e/ou experimentos realizados pela nação de origem. Isso transmite ao aluno-leitor uma imagem de ciência

capaz de promover a nação detentora do saber, contribuindo para que os cidadãos não reconheçam a ciência como de caráter transnacional, nem tão pouco a ciência desenvolvida pelos países consumidores de literatura científica. Tal fato poderá passar, indiretamente, uma imagem da ciência no qual somente um grupo de países privilegiados estivesse capacitado a desenvolver e produzir ciências.

Outro ponto observado consiste na omissão da contribuição científica de outras nações, em grande parte dos livros traduzidos. Neste sentido, ainda hoje, os países ricos parecem utilizar sua situação hegemônica em relação à produção de ciência para, muitas vezes, ignorar os trabalhos escritos, a produção ou a colaboração dos países com menor prestígio científico.

Para o contexto do ensino de física, os aspectos sócio-culturais da ciência deveriam ser trazidos para o seu ensino. Trazer esses aspectos para um ensino de física voltado para uma formação mais ampla dos cidadãos possibilita fornecer uma visão de ciências imbricada no contexto social, histórico e cultural no qual os indivíduos fazem parte. Aqui, nos apropriamos das palavras de Vieira Pinto (1979):

A universalidade real da ciência depois de produzida, compendiada e exposta didaticamente, pode levar o espírito menos avisado a esquecer a particularidade de sua produção, que é sempre feita por alguém, pertence a uma sociedade em certo grau de adiantamento, que se defronta com desafios específicos. (p.296)

A partir destas considerações, investimos esforços no intuito de trazer a ciência nacional para o contexto do ensino de física e da educação em geral. Essa medida nos parece ser uma das formas de se fazer reconhecer a física e a ciência no Brasil também como parte integrante da cultura e do desenvolvimento do país. Isso nos remete a destacar a ciência como uma dentre outras atividades sócio-culturais que demandam vários “ingredientes” para sua construção e legitimação, tais como: perícia, persistência, conhecimento, intuição, competência administrativa, científica e técnica, método, trabalho em equipe e motivação. Estes atributos envolvem a atuação de vários segmentos da sociedade como universidades, indústrias, governos, técnicos, burocratas, professores, dentre outros, todos mobilizados por algum interesse comum.

No Brasil, temos representantes científicos, como Santos Dumont, M. Schenberg, C. Lattes, J. Leite Lopes, dentre outros, que foram marcos e referências importantes para o progresso e desenvolvimento científico do país.

Se admitirmos que os livros didáticos são, em geral, um dos indicadores do processo de ensino-aprendizagem que ocorre em sala de aula, bem como transmitem uma visão de ciência, a participação do Brasil e demais países em desenvolvimento dificilmente consegue o destaque que poderia ter. Assim, temos motivos para admitirmos que essa concepção possa forjar nos estudantes uma idéia de que a ciência se fundamenta no trabalho individual e isolado não englobando a participação de uma grande e complexa rede social. Contudo, cada sociedade ou país, independentemente de sua condição econômica, pode fornecer alguma contribuição científica nas mais diversas épocas.

Outro ponto a considerar com relação aos livros didáticos brasileiros consiste no fato de que eles se filiam a uma tradição que não é nossa. Muitos deles retratam implicitamente uma cultura de origem. Por mais que esforços tenham sido empreendidos ao longo do tempo por meio das diversas reformas educacionais e uma maior vigilância nos conteúdos veiculados por estes livros para mudar essa trajetória, parece que o reflexo de nosso passado, cuja atividade científica pouco se fez presente quando comparado, por exemplo, com a literatura e outras ciências da humanidade, ainda permanece no imaginário dos alunos.

Capítulo 4

Levando um pouco da física no Brasil para a sala de aula

4.1- Contribuições da História e epistemologia da ciência no ensino de Física

A importância da História da Ciência (HC) para o ensino de Física é tema já bastante discutido. Vários trabalhos já foram publicados tanto por grupos no Brasil como no exterior. Muitos destes trabalhos deixam claro a importância e a necessidade de trazer a HC para o contexto do ensino de física alegando, dentre outros fatores, ser importante por combater posturas positivistas e empiristas da ciência, além de possibilitar desmistificar a atividade dos cientistas e da ciência. Mostrar o caráter filosófico e epistemológico da ciência poderá contribuir para aproximá-la dos interesses sócio-culturais, políticos e éticos da sociedade.

Com relação ao papel da HC em aulas de ciências:

Numa pedagogia sem história”, um determinado “fato” científico só encontra espaço no cenário de uma metodologia empiricista ou positivista desprovida da riqueza dinâmica contida na história “real” das ciências. (Canguilhem apud Zanetic, 1989. p.125)

No entanto, muitos são os problemas a serem enfrentados ao levar a HC para as salas de aula. Passamos pelos dilemas: que história levar? O que deve entrar e o que deve ficar de fora? Qual o enfoque a ser trabalhado? Como trabalhar, então?

Por fim, a HC pode ser relacionada a múltiplos aspectos: vínculo entre ciência e tecnologia, condicionamento da comunidade científica, interação entre a ciência e outras instituições sociais, etc (Fourez, 1995; p.177)

O primeiro passo a ser dado consiste em definir, inicialmente, os objetivos educacionais que se almeja e conhecer minimamente as diversidades que a história e a epistemologia da ciência são capazes de oferecer. A seguir, partir para a escolha da metodologia e dos recursos pedagógicos viáveis e que melhor se adaptem ao perfil da classe, do professor e da escola.

No ensino de Física, principalmente do ensino médio, a grande prioridade está voltada para o ensino tradicional dos conteúdos e produtos da física através de sua linguagem matemática, muitas vezes utilizada de forma exaustiva e desconexa dos

fatores que deram “vida” a tal conhecimento. Dúvidas, equívocos e erros, presentes na atividade científica, são geralmente ocultados quando trazidos para o contexto escolar, gerando uma falsa e ingênua visão da ciência. É desprezado o trabalho coletivo desenvolvido ao longo do tempo, principalmente em se tratando de ciência moderna e contemporânea. Nesse contexto, todo o conhecimento revelado torna-se fruto da inteligência de uma mente superior que apareceu e conseguiu perceber o que as demais mentes envolvidas não foram capazes.

Quando a HC se faz presente nas salas de aula, muitas vezes é apresentada de forma factual, anedótica, despersonalizada, descaracterizada e sensacionalista, apenas “recheando” e ilustrando as aulas. A HC utilizada dessa forma traz prejuízos para os estudantes.

A História ensina a “relativizar”, demole mitos, e exhibe a construção do conhecimento, insere os indivíduos num processo, numa tradição. Além disso, ela pode trazer de volta o fazer da ciência para a esfera das atividades humanas. No ensino, entretanto, é preciso tomar cuidado com a história linearizada, ufanista. De nada adianta apresentar a ciência como um produto a ser venerado, admirado à distância, de modo a fazer com que os estudantes adquiram um sentimento de inferioridade. Quando se promove deste modo o triunfo da ciência, a nossa humanidade sai perdendo. (Robilotta, 1988, p.18)

Dessa forma, a HC torna-se vazia, inócua e, portanto, desnecessária do ponto de vista pedagógico por não se prestar a exercer nenhuma função específica e relevante.

De acordo com Santos (2001), a integração dos elementos que envolvam a natureza da ciência, nos seus aspectos filosóficos, sociais e tecnológicos para a elaboração de uma educação científica visando a cidadania, aponta para a existência de três universos de ensino:

1º) A educação **em ciência** centrada nos produtos e conteúdos da ciência, ou seja, ela é centrada na aprendizagem conceitual do ensino (dimensão cognitiva).

2º) A educação **pela ciência** partindo do atual conhecimento do valor sócio-cultural e ético da ciência para ser uma referência no seu ensino. Apóia-se num ensino mais humanista e tem em vista a conscientização social de que a Ciência e Tecnologia também são elementos da cultura. Procura valorizar e promover valores sociais, culturais, humanistas e cívicos através dos saberes e competências que veicula, bem

como os processos de aprender e de pensar associados ao ensino científico em situações disciplinares específicas.

3º) Educação **sobre ciência** que vai relacionar o processo de produção da ciência e a compreensão da natureza e da HC.

(...) quando está em causa a construção de uma cultura científica – condição para o exercício da cidadania - é imprescindível “dar a ver” ao aluno como e em que contextos sociais o conhecimento científico é gerado.

Para que as pessoas tenham condições de atuar numa sociedade tecnológica como a nossa, onde se faz necessário conhecer e ter posições técnico-científicas, precisam saber sobre ciência (Santos, 2001; p.88).

A autora coloca ainda que a “educação pela ciência”, no intuito de adquirir uma cultura científica diretamente relacionada com o exercício da cidadania, envolve, necessariamente, o “como” do saber científico, ou seja, a “educação sobre ciência”.

Para a formação de uma cultura científica, torna-se fundamental a busca de uma aliança destes três universos no contexto da educação científica e cidadã. Isso possibilita trazer outras facetas e dimensões que compõem a física para o seu ensino, tornando-a mais integrada ao mundo real. Isso pode propiciar uma visão menos ingênua dos objetos e das relações que abrangem a física, uma vez que o enfoque geralmente levado às salas de aula trata apenas dos conceitos, ou seja, “da educação em ciências”.

A compreensão dos conceitos científicos, assim como o instrumental matemático que representa uma forma simbólica de descrevê-los e estruturá-los, são capazes de fornecer aos alunos uma nova visão de mundo, uma forma diferente de apreender e exprimir o mundo através das abstrações criadas pela ciência e sustentadas pela matemática, capaz de “dar asas para vãos” cada vez mais distantes do senso comum. Esta compreensão também faz parte da cultura científica, e a HC poderá também ajudar nessa tarefa.

Trazar para o ensino a “educação sobre ciência” permite tratá-la como um processo cultural mais abrangente, dando maior sentido aos conceitos científicos aprendidos, ou a serem aprendidos, ao relacioná-los com questões sociológicas, tecnológicas e culturais da sociedade. É nesse sentido que buscamos levar a física no Brasil para o ensino da física.

Penetrar no mundo das abstrações demanda um grande esforço e treinamento. De um lado, aprender o produto das ciências tem como objetivo permitir o acesso ao

mundo conceitual encerrado nas teorias. Por outro lado, focar-se apenas na HC pode tornar-se um conto estéril e sem objetivos. Contar simplesmente uma história desvinculada e descontextualizada a fim de ilustrar as aulas é claramente mais fácil do que a efetiva aprendizagem das abstrações que envolvem seus conteúdos e a matemática, principalmente em se tratando do ensino médio, onde nos encontramos diante de uma realidade na qual muitos alunos encontram dificuldades de trabalhar com as operações matemáticas elementares. Assim, história e conteúdo conceitual são dimensões importantes da ciência, e podem e devem ser tratadas conjuntamente.

Com relação à utilização da HC no ensino, os PCN's (1999) também nos dão parecer favorável ao colocá-la como uma das competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino de Física: *"Reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico"*. (p.237)

Ao recorrer a HC no ensino de física, abre-se um leque de possibilidades e estratégias de ensino. Permite elaborar uma visão mais global da ciência e não apenas restrita aos seus aspectos internos, além de revelar que o desenvolvimento da física é parte integrante da história social, é um produto social, condicionado por vários fatores e interesses externos à sua prática.

As informações contidas na HC podem ser capazes de gerar situações que evidenciem elementos importantes como: as controvérsias, seu caráter empirista e determinista, compreender suas limitações, entender o universo físico, conhecer com quais ferramentas a física se apropria e utiliza ao longo das épocas, perceber as mudanças, as dificuldades dos cientistas, compreender seu status epistemológico, enfim, destacar a ciência como uma atividade social. Segundo o filósofo francês P. Maurice-Marie Duhem, o único método legítimo, seguro e fecundo para preparar o espírito a receber uma hipótese física, é o método histórico. (Gibert, 1982)

Vários são os pontos relevantes e significativos contidos no universo físico que não são tratados pelo ensino, encerrando uma visão de ciências incompleta e descaracterizada por parte dos alunos.

Segundo Gagliardi e Giordan (1986):

A História da Ciência pode mostrar em detalhe alguns momentos de transformação profunda da ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à

transformação e que setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode dar as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam da atividade científica. (p.254)

Acreditamos que a HC terá maior eficácia no contexto do ensino médio, se ela for utilizada com o intuito de relacionar ciência e sociedade. Arriscamo-nos a dizer que discussões dessa natureza talvez despertem o interesse e chamem mais atenção dos alunos durante as aulas. Sem querer dizer com isso que a HC é a “panacéia” e que apenas com ela se consiga solucionar todos os problemas do ensino de ciências no ensino médio. As questões aqui levantadas apontam para uma função relevante e essencial para a formação básica dos estudantes.

Pode-se também trabalhar a HC para estabelecer e incentivar discussões a respeito da fundamentação de teorias, conceitos, etc. Entretanto, de maneira geral, acreditamos que sua utilização não seja uma condição necessária e suficiente para se compreender os conceitos da física.

De acordo com Paulo Abrantes (1988):⁴³

[...] a nível de educação geral, nós deveríamos introduzir HC nos cursos de ciências, não com o objetivo de fazer o aluno compreender o que é correto ou não, mas para questionar o que eu chamaria de imagens de ciência – visões que são mais ou menos correntes sobre como se adquire conhecimento científico, como se testa uma teoria [...] (p.85-86)

Para Zanetic (1988):⁴⁴

Não é trivial introduzir a História da Física. Apesar desta dificuldade, eu acho que o professor de Física deve saber HC, mesmo que ele não a utilize, mesmo que ele não a passe diretamente para seus alunos, de alguma forma esta vai alimentar suas aulas. (p.89)

Conforme nos aponta Gagliardi (1988, p.292), a introdução da História e Epistemologia da Ciência pode propiciar um debate da própria estrutura da ciência atual, suas relações com o poder, seus modos de operar, as teorias dominantes, etc. Esse debate é fundamental para compreender o funcionamento de uma das instituições mais importantes do mundo moderno. Permite desmistificar a ciência e aumentar as possibilidades do aluno de participar da construção e controle do conhecimento.

⁴³ Discurso proferido na mesa-redonda: Influência da História da Ciência no Ensino de Física (1988)

⁴⁴ Idem

O autor ainda se refere à possibilidade de utilizar a História e a Epistemologia da Ciência no ensino por diversas maneiras:

- Para determinação de obstáculos epistemológicos.
- Para a definição de conteúdos de ensino.
- Para introduzir na classe a discussão sobre a produção, a propagação e o controle dos conhecimentos a nível social e individual.
- Como complemento do ensino de outras disciplinas, em particular a história e a geografia.

Alguns outros autores, como Whitaker (1979, p.108), alertam para o mal uso da HC no ensino. Segundo este autor, em grande parte dos casos, os textos dirigidos ao ensino de ciências são de qualidade duvidosa e questionável por veicularem uma história estereotipada e caricata da ciência (“Wig”), denominada pelo autor de “quase-história”, sendo assim difícil conciliar uma boa historiografia com um bom ensino.

Vale ressaltar também que em nenhum momento pretendemos que a HC se torne algo semelhante aos exercícios encontrados nos livros texto e nas questões de vestibulares, nem tão pouco que se ensine história da física substituindo, ou deixando em segundo plano, a física com seus conceitos, teorias e demais produtos. Ponto, aliás, para o qual Zanetic (1988)⁴⁵ alerta:

A gente pode substituir o ensino de física atual por História e nos vestibulares, daqui a três anos, se deparar com a pergunta: quando é que nasceu Newton? Talvez se corra este perigo. Então não é por aí. Não é só ensinar História, senão, aí o aluno vai começar a decorar frases. Então é um problema complicado realmente. Não é trivial, eu creio, introduzir a História da Física. (p.89)

Com relação à real utilização da HC nas salas de aula, parece que os resultados obtidos são bastante significativos e pertinentes, ainda que poucos são os trabalhos práticos voltados para as salas de aula.

Conforme aponta Castro (1993), a utilização da HC permite aos alunos explicitarem suas dúvidas quanto ao mecanismo contido no processo, criando situações problematizadoras para os alunos, servindo assim de palco para reflexões e discussões a respeito de vários aspectos da ciência, além de permitir que se utilize os instrumentos cognitivos de forma mais adaptada às condições dos alunos. Tal ponto pôde ser

⁴⁵ Discurso proferido na mesa-redonda: Influência da História da Ciência no Ensino de Física (1988).

percebido também no trabalho de Vannucchi (1997), exemplificado através da citação da professora que aplicou o curso:

(...) Ao analisarem [se referindo aos alunos] a controvérsia histórica gerada pela luneta, a compreensão do conceito de refração se tornou um problema dos alunos, que solicitaram à professora aulas sobre o tema. (p.115) [grifos meus]

Uma das conclusões verificada por Castro (1993) no seu trabalho foi que:

a informação histórica é geradora de mecanismos desinibidores que propiciam o evidenciamento de lacunas, exatamente por encaminhar o raciocínio de uma maneira mais próxima da forma de pensar do aluno, de seu agir cotidiano, levando em conta causas, motivos, coerência e incongruências em suas conclusões e nas dos outros. (p.159)

Em outro trecho, ela coloca:

O estabelecimento do diálogo com a história não é, portanto, mero diletantismo. Talvez seja um dos caminhos eficazes para a desmistificação da ciência enquanto “assunto vedado aos não iniciados” para a ruptura com uma metodologia própria ao senso comum e às concepções espontâneas, para, finalmente, estabelecer uma ponte para as primeiras adequações conceituais. (p.164)

Na mesma direção vão outros trabalhos a respeito dos resultados ao inserir a HC no ensino de Física, ainda que com objetivos diferentes.

No trabalho de Am aral (2003), que envolveu o estudo e aplicação da HC e da literatura como forma alternativa ao modo tradicional do ensino de física no ensino médio, os alunos passaram a perceber que a física é muito mais que um amontoado de fórmulas utilizado na solução de exercícios e problemas. Ela destaca que a utilização dos textos e as discussões que se sucederam também contribuíram para os alunos se expressarem mais livremente, diminuindo o medo de errar como ocorre no ensino tradicional.

Outro ponto discutido foi com relação à dificuldade dos alunos na interpretação e compreensão dos textos, refletindo a falta do hábito de leitura dos alunos (crise de leitura). Ela relata ainda que uma abordagem através de textos histórico-filosóficos e literários pode ajudar a minorar essa crise, que não é de responsabilidade somente dos professores de português.

Através desses poucos exemplos aqui apresentados, percebemos que o uso da HC parece, de fato, exercer um papel importante no ensino de física e na formação da cultura científica de nossos jovens, merecendo ser destacado como uma forma adicional de se trabalhar os conteúdos da física. Podemos classificá-la como um dos métodos eficazes na busca de desmistificar, esclarecer e compreender um pouco melhor a complexidade e a multiplicidade de fatores que englobam o mundo da física, apesar de toda dificuldade de inseri-la, principalmente no ensino médio.

Parece, de acordo com alguns dos resultados dos trabalhos analisados, que, ainda que a HC trazida e proposta para o universo da sala de aula contenha alguma “perda” ao ser transposta da historiografia original (tanto pelo volume, complexidades da história, dentre outros), se mantivermos alguns dos princípios norteadores fundamentais como: não tratar a história de maneira caricata, anedótica e descontextualizada, que não busque trazer o passado com os olhos do presente e que o aluno tenha condições de extrair elementos relevantes a respeito da ciência e da física para ser discutido e debatido, acreditamos que os pontos positivos potencialmente capazes de surgir de tais discussões, dentre outras possíveis atividades advindas posteriormente, talvez sejam bem maiores do que os prováveis pontos negativos.

Talvez a pergunta a ser respondida prioritariamente para a introdução não apenas da HC no ensino, mas de qualquer proposta inovadora, seja a questão apontada por Pietrocola (2003, p.142): *“Como motivar um adolescente de hoje para a riqueza e o valor da abordagem científica? Como a HC pode colaborar com uma proposta de ensino que mostre aos jovens o interesse que o conhecimento científico pode ter na sua vida cotidiana?”*

Estas são questões para as quais somente as pesquisas na sala de aula sobre o uso da HC no ensino de física poderão nos ajudar a apontar caminhos e encontrar soluções.

4.2- O curso: como e porque foi idealizado

Nossa proposta de elaborar e implementar um curso de física para o ensino médio tinha como principal objetivo estabelecer uma maior integração entre os conteúdos abordados com os aspectos que envolvem a dimensão externa da ciência. Uma física escolar que pudesse revelar parte do processo histórico e sócio-cultural com os conteúdos tratados.

Para isso, nossa proposta procurou aliar os conteúdos a serem abordados com elementos que pudessem revelar parte da nossa história e sua interação com a sociedade, uma vez que a física e a ciência em geral promovidas no contexto escolar, dificilmente são pensadas como manifestação dos fatores que envolvem a história e a cultura do país. Acreditávamos que a abordagem da física no Brasil, a partir dos trabalhos de Lattes, pudesse propiciar uma maior empatia e motivação com o estudo das partículas e permitiria compreender aspectos da natureza da ciência como construção histórica e humana, não neutra em que estão presentes características como persistência, intuição, competência administrativa, científica e técnica, método, trabalho em equipe e motivação, dentre outros.

Como o tema do curso era a física de partículas, assunto no qual a participação brasileira foi bastante significativa a partir do século XX, buscamos resgatar parte do cenário sócio-cultural do país na época e contextualizá-la com algumas pesquisas realizadas por físicos brasileiros cujo conteúdo já seria abordado no curso.

O foco principal da abordagem histórica e sócio-cultural centrou-se nos dois principais trabalhos do físico brasileiro Cesar Lattes: a descoberta do méson pi na radiação cósmica e a detecção do méson pi utilizando o acelerador de partículas.

A partir de nossa experiência com alunos e também professores, sabemos que dificilmente assunto que revele ou trate a respeito da física no Brasil ou dos cientistas brasileiros aparece no ensino de física e das ciências naturais do ensino médio. Não existe um momento nas aulas onde possa ser discutido, ou simplesmente apresentado, algo a respeito dos trabalhos de nossos principais cientistas, tanto no que diz respeito a suas contribuições no desenvolvimento científico do país como na área cultural mais ampla.

Com relação à presença de nossos principais cientistas e da física no Brasil para o ensino de física, Zanetic (2002) aponta:

Creio que, fazendo um paralelo com as contribuições de natureza conceitual, metodológica, epistemológica, tecnológica, cultural e política, que podemos extrair da variedade de textos produzidos por Albert Einstein, e que poderiam fazer parte da educação em física para nossos alunos do ensino superior e do ensino médio, poderíamos fazer algo semelhante com a contribuição da física brasileira.

Não podemos continuar ignorando, e não informando aos nossos alunos, a colaboração brasileira à construção da física. Assim como nas aulas de literatura, por exemplo, são mencionados os escritores brasileiros mais

destacados, creio que o mesmo deveria ocorrer com relação aos nossos físicos mais destacados (...). A física brasileira também é cultura. (p.14)

A elaboração do curso tinha como intuito procurar aliar os produtos e processos da ciência com algumas peculiaridades exercidas ou estabelecidas no país, fruto de um contexto histórico e social mais amplo. A idéia era fazer com que o conhecimento a ser tratado pudesse se revestir de características que geralmente são excluídas quando transposto para o ambiente escolar. Os processos da ciência, quando raramente aparecem no ensino, são apresentados como algo insípido, inodoro e incolor, fruto do processo de despersonalização e descaracterização que sofrem quando transplantados para o ambiente escolar.

A ausência dos aspectos que revelam os processos da ciência integrados com a dimensão histórica e cultural dos países envolvidos na produção científica, acaba por associá-los exclusivamente aos países com maior tradição científica. Assim, por exemplo, a expressão “ciência européia”, muitas vezes utilizada, acaba adquirindo um significado de caráter monolítico.

Aqui, como nos outros países americanos que se organizaram a partir da implantação de núcleos europeus em interação com os povos indígenas, e outros que se instalaram depois, o conhecimento científico não se identifica, e não é julgado, somente pela ligação com as formas com que é praticado nos países europeus. É pensado também como uma das manifestações do conjunto que constitui a história própria desses países, no processo de construção de suas identidades culturais. (Dantes & Hamburger, 1996; p.16)

4.3- O Curso de Partículas

O curso de partículas implementado, com o qual obtemos quase todos os dados coletados, foi um curso piloto. Sua intenção era, dentre outros objetivos, a de levar para a sala de aula conteúdos de FMC numa tentativa de atualizar o currículo de física. Assim, foi possível levar um conhecimento novo e mais atual sobre os constituintes da matéria que recheiam muitas das novas tecnologias e pesquisas mais recentes na área de partículas⁴⁶. Acreditamos que o curso possibilitou também fazer com que os alunos pudessem compreender alguns fenômenos ligados à estrutura da matéria, oferecer uma nova visão de mundo, mostrar a ciência como uma atividade dinâmica, baseada em

⁴⁶ Vale ressaltar que o pós-graduando Maxwell Roger reformulou e aplicou o curso, desta vez privilegiando os aspectos aqui mencionados.

modelos e desenvolvida com a participação e cooperação de vários países. Sua presença neste grau de ensino se justifica também por fazer parte da cultura contemporânea. Elas marcam um período histórico e social importante (Conf. Zanetic & Pinto, 1999) e também marcam o nascimento da física no Brasil e sua institucionalização.

Conforme apontam Ostermann & Moreira (2001, p.139), o tema partículas elementares pode se vincular a questões mais elementares da física, possibilitando mostrar a inseparabilidade da interação entre o desenvolvimento teórico e o experimental, dentre outras características que envolvem sua metodologia e produção.

Com o estudo das partículas, foi possível trazer para o palco do ensino da física a física no Brasil e alguns de seus ilustres personagens. Dentre eles, o físico brasileiro César Lattes, uma das figuras brasileiras importantes no desenvolvimento da física de partículas e no progresso científico do Brasil a partir da década de 1950.

Um trabalho que, de certa forma, nos incentivou a levar a física no Brasil para a sala de aula foi o de Pereira (1997). Ele foi realizado com o intuito de buscar uma renovação curricular ao introduzir FMC no ensino médio, cujo tema “Raios Cósmicos” foi abordado. Como uma das justificativas de seu trabalho, ele relata que:

As origens da física brasileira e a importância das pesquisas em raios cósmicos para a física nuclear e de partículas, assim como para a física teórica e experimental e para a astrofísica justificavam um projeto para a introdução de raios cósmicos como tópico do currículo de física do 2º grau.
(p.29)

Em seu trabalho, ele relata ainda a respeito de uma pesquisa realizada em 1988 pelo CNPQ e o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST), através do Instituto Gallup de Opinião Pública, sobre a imagem da ciência e da tecnologia junto à população urbana brasileira. Foram feitas 27 perguntas abertas a 2892 pessoas de todas as regiões urbanas brasileiras.

Verificou que 33% dos entrevistados citaram algum cientista conhecido, dos quais os mais citados, com 31%, foram: Albert Einstein, Albert Sabin, Oswaldo Cruz, Thomas Edison, Louis Pasteur, Isaac Newton, Carlos Chagas e Cesar Lattes com 3% (87 pessoas em 2982). (p.18)

Pereira (1997) relata ainda a respeito de um questionário aplicado aos alunos do ensino médio de um colégio particular de São Paulo, após assistirem as palestras e

visitarem as exposições: “Uma história da física nuclear; chuveiros penetrantes na Radiação Cósmica e 40 Anos do Méson Pi” na própria escola (visitada por mais de 1500 alunos). Os resultados podem ser sintetizados na tabela do anexo 10.

4.4- Organização do curso

O curso de partículas iniciou com a discussão a respeito do campo eletromagnético clássico, tema já tratado pela professora na turma analisada no bimestre anterior⁴⁷. Buscamos explorar seus limites para introduzir assim a noção do campo quântico que envolve a interação entre partículas.

Dessa forma, foi possível retomar ainda os conceitos de carga e campo elétrico, fazendo analogias com a massa e o campo gravitacional. A estrutura clássica do átomo contendo prótons, elétrons e nêutrons também foi tratada, bem como os fótons, agentes intermediários da força eletromagnética. As propriedades das partículas, como carga, massa de repouso e spin, também foram discutidas e tratadas no curso, além da existência de outras partículas que chamamos de “primos” do elétron e do próton por apresentarem propriedades semelhantes. A tabela a seguir mostra a síntese das aulas.

⁴⁷ Mais detalhes sobre a turma, a professora e as aulas de modo geral está descrito no capítulo 5.

Bloco I

TEMA DA AULA	CONTEUDO	MOMENTOS	ATIVIDADES
<u>Aulas 1 e 2</u> 1. Interação Eletromagnética	Revisão do modelo de campo eletromagnético clássico. Apresentação e discussão do modelo de campo eletromagnético quântico.	Realizamos a experiência de atração de uma bolinha de isopor por um corpo carregado e a atração de um metal por um ímã. Utilizamos um pulverizador de água como analogia com a troca de fótons no núcleo do átomo.	Texto e questões sobre a interação eletromagnética.
<u>Aulas 3 e 4</u> 2. Propriedades das partículas	Trocas de fótons no núcleo atômico Carga e massa como propriedades O modelo quântico da interação gravitacional	Discussão dos limites da analogia feita na atividade da aula anterior. Discussão sobre a distinção entre as várias partículas. Apresentação de novas partículas. Discussão e apresentação do modelo quântico da interação gravitacional	Texto com questões sobre propriedades das partículas.
<u>Aulas 5 e 6</u> 3. Propriedades das partículas	Continuação da aula anterior.	Retomada geral dos conteúdos discutidos na aula anterior. O spin como uma propriedade das partículas.	Discussão e interpretação do texto: "Propriedades das Partículas".
<u>Aulas 7 e 8</u> 4. Ordem de grandeza	Potências de dez e algumas grandezas utilizadas na Física de Partículas	Discussão da ordem de grandeza e dimensões que envolvem a física de partículas (tamanho, massa, energia).	Visualizando "o muito pequeno" (cortando papel para chegar ao tamanho dos prótons. Atividade utilizando o site do CERN no intuito de obterem noção das dimensões e grandezas da Física de Partículas. www.microcosm.web.cern.ch/microcosm/p10/spanish
<u>Aulas 9 e 10</u> 5. Interação Forte	Os píons e seu papel no núcleo atômico Noções da interação fraca	Discutimos a maneira como as partículas do núcleo permanecem unidas. retomamos a discussão da interação eletromagnética (por que o núcleo não explode devido à repulsão entre os prótons?).	Texto para discussão e interpretação a respeito da interação forte e suas principais características.

Bloco II

TEMA DA AULA	CONTEÚDO	MOMENTOS	ATIVIDADES
<u>Aulas 11 e 12</u> 6. Visão e interpretação do papel da Ciência e da física no Brasil	Importância da ciência e da Física produzida e desenvolvida no Brasil.	Realizamos uma discussão a respeito do papel da ciência e da Física desenvolvida e produzida no Brasil e nos países em desenvolvimento.	Produção de um noticiário de jornal pelos alunos destacando a importância do cientista e da Física no país. Atividade com textos e noticiários de jornais. (ANEXO 2)
<u>Aulas 13 e 14</u> 7. Breve história da Física no Brasil.	Fundação da USP Formação da comunidade de físicos no Brasil. A importância dos trabalhos dos primeiros físicos brasileiros. A participação do físico brasileiro Cesar Lattes na descoberta dos píons. Repercussões dos trabalhos de Cesar Lattes	Leitura e interpretação de texto em pequenos grupos. Apresentação de alguns noticiários de jornais da época divulgando a repercussão dos trabalhos de C. Lattes. (ANEXO 3) Correção das questões e fechamento das discussões ocorridas.	Texto: "César Lattes e o Méson π ". (ANEXO 4) Responder por escrito as questões do texto.
<u>Aulas 15 e 16</u> 8. Métodos e processos de detecção de partículas	Detecção de partículas nos raios cósmicos. A Câmara de Wilson.	Utilização de animações no intuito de visualizar partículas através da Câmara de Wilson.	Leitura e interpretação de texto em pequenos grupos. (ANEXO 5).
<u>Aulas 17 e 18</u> 9. Métodos e processos de detecção de partículas	Método de detecção de partículas utilizando emulsões fotográficas. Os aceleradores de partículas.	Espaço para discussões a respeito dos trabalhos de Cesar Lattes.	Leitura e interpretação de texto em pequenos grupos. (ANEXO 6).
<u>Aulas 19 e 20</u> 10. Outros trabalhos de físicos brasileiros	Trabalhos de alguns físicos brasileiros contemporâneos premiados e de alguns outros físicos importantes.	Apresentação de texto destacando alguns outros trabalhos de nossos físicos.	Interpretação e discussão do texto. "Físicos brasileiros e seus trabalhos". (ANEXO 7).

Destinamos ainda duas aulas para tratarmos da ordem de grandeza dos objetos estudados pela Física de partículas. O objetivo destas aulas era fazer com que os alunos tivessem noção das dimensões das grandezas estudadas, tomando como parâmetro de comparação o tamanho do átomo.

Vale ressaltar que foram abordadas durante as aulas as interações elétrica e gravitacional com seus limites de atuação e como elas ocorrem. Ilustramos esse ponto por meio das discussões sobre o desenvolvimento teórico e experimental das interações na “caça” às partículas.

A partir da aula 9, a interação forte foi abordada através da seguinte questão: “Por que as partículas do núcleo atômico se mantêm unidas, uma vez que existem várias cargas positivas (prótons) produzindo uma grande repulsão?” A partir dessa questão, introduzimos os píons (mésons) como os agente intermediários nessa interação, garantindo a estabilidade do núcleo, análogo ao que ocorre com os fótons na interação eletromagnética.

Ao final da aula, apresentamos uma lista com todas as partículas estudadas informando algumas de suas principais propriedades, o papel que exercem nas interações, o ano da descoberta e seu(s) autor(es) e sua(s) nacionalidade(s). Para o méson pi, informamos a descoberta como de autoria de C. Powel (inglês), G. Occhialini (italiano) e C. Lattes. Aguardamos então se haveria comentários dos alunos a respeito do brasileiro envolvendo a descoberta da partícula.

Ao reapresentarmos a tabela das partículas estudadas na aula 5 e retomarmos a discussão a respeito do papel exercido pelo méson pi no interior do núcleo atômico, alguns alunos questionaram e se surpreenderam com a presença de um físico brasileiro envolvido naquele assunto. A partir daí, o curso tomou uma nova direção, tanto no que diz respeito aos conteúdos como aos objetivos. Deixamos de tratar diretamente dos conceitos e produtos envolvidos, como vínhamos fazendo até então, e passamos a balancear o produto com o processo envolvendo um contexto social mais amplo. Nossa investigação, e parte de maior interesse no curso, inicia a partir deste momento.

O foco central neste momento passou a ser em como a presença do brasileiro estava relacionada com a detecção do méson pi. Assim, os conceitos que começaram a ser desenvolvidos posteriormente, na sequência das aulas, estavam diretamente relacionados com a contribuição brasileira à construção de um ramo da física: a física de altíssimas energias.

No desenrolar de algumas aulas e atividades propostas, abrimos espaço para fala e manifestações dos alunos. Daí afloraram discussões a respeito do papel da física e da ciência desenvolvida no Brasil e sua importância para o país, sua divulgação pelas mídias, as pesquisas científicas brasileiras frente ao quadro internacional, dentre outras discussões correlatas, como a diferença entre ciência e tecnologia, etc.

O objetivo central destas discussões, ocorridas de forma relativamente espontâneas, foi de verificar como os alunos entendem e percebem a física e a ciência nacional estudada também por brasileiros. Por meio das falas e opiniões dos alunos, pretendíamos obter respostas a respeito da valorização das pesquisas em física realizadas pelo país, o que conheciam a respeito, se achavam que elas são de qualidade comparada às das nações desenvolvidas e ricas como as dos Estados Unidos e Europa, dentre outros elementos que revelavam a imagem da ciência e da atividade científica pelos alunos.

Um dos temas focados a partir das discussões em sala de aula foi sobre a formação da comunidade científica no Brasil, a criação da USP e as participações de C. Lattes nas duas descobertas do méson pi, na radiação cósmica em 1947 e no acelerador de partícula em 1948. A repercussão destas descobertas foi tratada através de uma atividade realizada com jornais da época revelando tais repercussões. A atividade tinha como objetivo compreender um pouco a dinâmica da ciência na sociedade ao perceberem as consequências para o desenvolvimento da ciência no Brasil e América Latina a partir dos trabalhos de C. Lattes.

Para uma compreensão básica a respeito dos dois trabalhos de C. Lattes, passamos a abordar os métodos e processos de detecção de partículas por meio dos raios cósmicos (emulsões fotográficas) e dos aceleradores.

Grande parte das atividades realizadas na classe envolveu pequenos textos pragmáticos abordando sinteticamente os conteúdos tratados no decorrer das aulas com maior ênfase em algum ponto mais específico que pretendíamos tratar. Ao final do texto, os grupos eram solicitados a responder e/ou discutir alguma(s) questão(ões) com o restante da classe, ou mesmo produzir algum material para maior aprofundamento do assunto abordado.

Utilizamos atividades com textos partindo do pressuposto (Semeghini-Siqueira, 2001):

(...) que a leitura é um processo ativo, interativo, construtivo e reconstrutivo, com variações em graus, em função do tipo de texto e dos conhecimentos prévios do leitor, de seus sistemas de crenças, de valores, provenientes do grupo social em que está inserido. Trata-se, pois, de uma concepção de texto como suporte de sentido, ou seja, o sentido é construído a partir do texto, que acolherá a intersubjetividade. (p.104)

Capítulo 5

Metodologia da Pesquisa e Análise dos Dados

5.1- Características e pressupostos da pesquisa

Buscar caracterizar e traçar uma linha metodológica para as pesquisas que envolvem a dinâmica da sala de aula não é tarefa fácil. Muitas vezes, adotar uma metodologia segura que garanta a fidelidade dos resultados encontrados, torna-se complicado. Optar por uma abordagem quantitativa, na qual os resultados são desmembrados e expressos em percentuais estatísticos, pode tornar-se um procedimento limitado por não abarcar certos aspectos importantes presentes no processo pelo qual o aluno passa ao interagir com as muitas variáveis existentes numa sala de aula. Esses aspectos poderão ser melhor explorados por meio de discussões e análises qualitativas.

Acreditamos que as pesquisas qualitativas são potencialmente mais eficazes quando se trata da sala de aula, ou seja, de um ambiente complexo e de relações imbricadas onde está em jogo a relação professor-aluno-conhecimento. Por isso, neste trabalho, o processo e o contexto das atividades realizadas em classe, bem como a interação dos alunos, foram evidenciados em vários momentos no intuito de percebermos melhor o objeto de nossa investigação. Além disso, nossos dados são predominantemente descritivos, logo nossa pesquisa pode ser caracterizada como qualitativa, uma vez que a pesquisa qualitativa pode ser considerada um grande guarda-chuva que abriga as diversas estratégias qualitativas, tendo em maior ou menor grau, pontos de intersecção com as características tradicionais (Bogdan e Biklen, 1992).

Vale registrar que durante muito tempo as pesquisas educacionais e também as ciências humanas foram largamente influenciadas pelas pesquisas quantitativas utilizadas nas ciências naturais.

(...) o fenômeno educacional foi estudado por muito tempo como se pudesse ser isolado, como se faz com um fenômeno físico, para uma análise acurada, se possível feita em um laboratório, onde as variáveis que o compõem pudessem também ser isoladas, a fim de se constatar a influência que cada uma delas exerceria sobre o fenômeno em questão (Lüdke e André, 1986; p.3).

Dessa forma, o uso do método qualitativo para esta pesquisa se justifica ainda por buscarmos caracterizar elementos que integram a dinâmica da sala de aula. Nosso interesse consiste em detectar, por meio de diferentes abordagens, a imagem da ciência e da atividade científica, do ponto de vista dos alunos, bem como apresentar outras formas de sua percepção.

O uso do método qualitativo para esta pesquisa encontra apoio nas idéias de Erickson (1998), que afirma que a pesquisa qualitativa em educação é especialmente apropriada quando se quer:

- detalhadas informações sobre implementação
- identificar as nuances do entendimento subjetivo que motiva os vários participantes no cenário.
- identificar e entender mudanças ocorridas com o tempo (Erickson, 1999; p.1155).

Portanto, acreditamos que a melhor maneira de identificarmos e avaliarmos o que os alunos pensam a respeito da ciência e da atividade científica nos seus diferentes aspectos, se dê pela sua fala, documentos escritos e discussões em grupo ocorridas durante as aulas de forma mais espontânea possível. Para isso, consideramos que:

Para que o aluno exponha o seu pensamento durante o ensino é necessário e indispensável o planejamento de uma atividade que dê oportunidade de promover uma ampla participação e envolvimento destes, mas, além disso, o professor precisa estar preparado para conduzir a argumentação em classe - entre professor/alunos e alunos/alunos. (Carvalho, 2004; p.23)

Dessa forma, nossas hipóteses foram levantadas a partir da influência da literatura em pesquisas em ensino de ciências e da revisão bibliográfica de outras pesquisas já realizadas (Nascimento, 2003; Giordan e Kosminshy, 2002) que, de certa forma, orientaram e dirigiram nosso olhar. Os dados foram coletados a partir de um estudo de caso com um problema delimitado anteriormente à análise, no qual buscávamos evidências que comprovassem ou não nossas hipóteses iniciais.

Para a análise e interpretação dos dados, procuramos delimitar e promover uma triangulação entre os dados coletados, por acreditar que, com essa medida, as questões e hipóteses inicialmente levantadas pudessem ser respondidas com a maior confiabilidade e precisão possível.

5.2- Objetivos da pesquisa

Conforme desenvolvemos nos capítulos anteriores, pudemos estabelecer alguns argumentos a respeito da natureza e concepção do conhecimento e da atividade científica associadas com a cultura. Acreditamos que a cultura científica deva ser trabalhada no ensino básico numa visão mais integradora. Por isso, procuramos relacionar a História e a Filosofia da Ciência no ensino da física como uma possibilidade de se trabalhar nessa integração.

A partir das reflexões teóricas estabelecidas e das atividades elaboradas no decorrer do curso, nosso problema de pesquisa consiste em verificar se os alunos foram capazes de perceber algumas características que julgamos importantes para uma alfabetização científica integrada com os elementos sócio-culturais que a compõem. Com esse intuito, elaboramos e implementamos parte de um curso piloto de física de partículas voltado para o ensino médio em que foram abordados os dois principais trabalhos do físico brasileiro Cesar Lattes, um na radiação cósmica outro no acelerador de partículas. Além disso, procuramos identificar como os alunos percebiam a ciência e os cientistas brasileiros frente a outros países com maior tradição científica.

Nossa proposta foi a de analisar os momentos marcantes em algumas das aulas, principalmente a partir do final do bloco I do curso. Preocupamo-nos mais detidamente com as falas e atitudes dos alunos durante algumas atividades e momentos das aulas.

5.3- Construção das categorias de análise

Nas reflexões desenvolvidas nos primeiros capítulos, procuramos estabelecer argumentos sobre a importância e a necessidade de se considerar a física permeada nos diferentes movimentos da cultura. Essencialmente, os trabalhos encontrados na literatura que investigam a respeito das visões de ciências dos alunos aproximam-se de nossa proposta, uma vez que, muitos deles, tratam de aspectos da ciência que privilegiam e se preocupam, de alguma forma, com o processo e demais elementos externos à atividade científica⁴⁸.

⁴⁸ Dentre alguns dos fatores externos, podemos citar as influências políticas, econômicas e sócio-culturais relevantes para a nossa sociedade.

A integração dos produtos da ciência com os fatores sociais possibilita o estabelecimento de compromissos socialmente mais abrangentes do que uma visão da ciência apenas como fonte de resultados que devam ser aceitos.

As visões sobre a ciência e a atividade científica dos alunos costumam ser pouco críticas, moldadas geralmente pela mídia e, muitas vezes, incompatíveis com aquilo que se deseja como educação para a cidadania (Santos, 2001). Neste sentido, Driver et al (1997) admitem que o conhecimento sobre a natureza da Ciência contribui para a utilização do conhecimento científico ao longo da vida e reforça nos estudantes a percepção sobre a ciência como atividade humana. O conhecimento a respeito dos fatores externos à atividade científica poderá contribuir para uma maior aproximação dos alunos com a cultura científica. Isso poderá fazer com que os estudantes tenham a oportunidade de conhecer e examinar criticamente a interação entre os fatores *cognitivos* e sociais presentes na atividade científica. Para compreensão da ciência e da atividade científica em sua complexidade, é necessário reconhecer que eles são estabelecidos em constante interação com o movimento da cultura.

A possibilidade de considerar a ciência e a atividade científica associadas a valores de naturezas distintas, claramente repercute na formação de uma imagem da ciência. No capítulo 2 foram abordados e discutidos pontos a respeito da neutralidade científica. O enfoque esteve dirigido principalmente para que a abordagem a respeito da ciência fosse diferenciada e distinguida dos seus aspectos *cognitivos* e sociais de maneira equilibrada. Dentre outros aspectos relevantes, o embasamento da discussão sobre a neutralidade científica propiciou que obtivéssemos uma visão da ciência um pouco mais crítica e bem fundamentada que, de certa forma, ajudou a guiar nossa análise dos dados.

Para uma relação equilibrada entre fatores cognitivos e sociais que pretendíamos tratar no curso de partículas, optamos por entrelaçar esses fatores com a abordagem de conteúdos que pudessem revelar a física no Brasil a partir dos trabalhos de Lattes. A opção pela “física no Brasil a partir dos trabalhos de Lattes”, se deu, principalmente, porque os dois trabalhos de Lattes estavam diretamente correlacionados com os conteúdos de partículas definidos para serem abordados no curso e de se mostrarem uma forma possível e viável de relacionarmos a física com outros aspectos que fazem parte da cultura. Além disso, partimos da hipótese de que a abordagem da física no Brasil a partir dos trabalhos de Lattes pudesse causar maior empatia e motivação por parte dos alunos com o estudo das partículas.

A partir dos aspectos descritos acima e das reflexões tratadas nos capítulos anteriores, bem como influências da literatura, procuramos maneiras de classificar e separar em categorias (A, B e C) alguns fatores principais que pretendíamos que os alunos percebessem no curso aplicado para, posteriormente, verificarmos e analisarmos o que eles relataram e/ou perceberam.

Assim, as 3 categorias definidas para a análise dos dados foram:

A) A Ciência como uma atividade humana, não neutra, na qual interesses e aspectos sócio-culturais interferem na sua construção e desenvolvimento.

B) Visão histórica e problemática da ciência e da construção do conhecimento, percepção da ciência como construção coletiva.

C) A abordagem a respeito da física no Brasil, e o envolvimento de alguns cientistas brasileiros associados ao contexto social, como possível elemento motivador e capaz de despertar significativo interesse e envolvimento por parte dos alunos no estudo das partículas.

A partir daqui, o trabalho de análise consiste em investigar de que forma a abordagem do conteúdo vinculado à participação brasileira na construção da física pôde contribuir para passar tais características da ciência aqui explicitadas aos alunos.

Nos próximos tópicos passamos a nos dedicar à análise dos dados a partir das observações do vídeo, entrevistas gravadas, questionário e demais documentos obtidos no decorrer do curso.

5.4- A escola selecionada

O curso foi aplicado numa escola estadual da cidade de São Paulo, localizada num bairro tradicional e de classe média (Brooklin).

A escolha da escola onde o curso foi aplicado se deu pelo fato de uma das professoras do grupo de física moderna da USP se dispôs a ceder gentilmente uma de suas turmas do terceiro ano do ensino médio para que o curso (piloto) pudesse ser introduzido a partir do segundo semestre de 2004.

Vale registrar que o grupo de física moderna foi criado em 2002 a partir do projeto *Atualização dos Currículos e Física do Ensino Médio: A Transposição das*

Teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula, coordenado pelo professor Maurício Pietrocola, da Faculdade de Educação da USP.

O Projeto é geralmente idealizado por pós-graduandos, que elaboram seqüências didáticas e buscam analisar sua adequação à sala de aula, e professores da escola pública, que apóiam a elaboração das atividades e as aplicam em suas escolas.

Com relação à aplicação do curso de partículas, a professora cedeu a turma para que o pesquisador ministrasse as aulas. Além disso, havia pouco tempo para preparação, pois parte das atividades de ensino estariam terminadas poucos dias antes das aulas. Por meio de negociações com a direção da escola foi possível nossa entrada para ministrarmos e filmarmos as aulas, desde que a professora estivesse presente na classe acompanhando o andamento das aulas.

5.5- Características da Classe

A turma selecionada era composta por 38 alunos do terceiro ano do ensino médio. Dentre os nomes que constavam no diário de classe, aproximadamente 34 freqüentavam as aulas de maneira mais ou menos regular. Alguns dos alunos não completaram totalmente as atividades realizadas, pois algumas delas se estendiam para aulas subseqüentes, o que acabava prejudicando, de certa forma, a coleta de dados por não haver seqüência e encadeamento das discussões até o final.

Para a escolha da classe, foi levado em consideração o fato dos alunos serem assíduos, já terem participado de experiências semelhantes a que iríamos desenvolver, e também pelo fato de as únicas duas aulas semanais acontecerem na quarta-feira, dia da semana em que haveria poucos feriados e, teoricamente, menos atividades extras programadas pela escola.

A turma foi bastante receptiva com o curso e, na maior parte das atividades e discussões realizadas, a maioria se mostrou participativa e interessada. Vale ressaltar que grande parte dos alunos estranharam algumas das atividades realizadas, pois envolviam leitura e interpretação de textos, discussões e debates em grupos, discussões espontâneas, dentre outras práticas que não eram costumeiras para a turma.

5.6- Os instrumentos de coleta de dados

5.6.1) Filmagem das aulas

Uma das fontes de dados para nossa análise foi a gravação em áudio e vídeo das aulas. De acordo com Carvalho (2005), a sala de aula é um ambiente natural de pesquisa e os dados coletados são predominantemente descritivos, em que o pesquisador não é o principal meio de colher os dados, pois os vídeos são um dos principais elementos para a análise (Carvalho, 2005; Erickson, 1998; p.1165). Para isso, foi necessário buscar nas aulas gravadas situações em que os acontecimentos relevantes ocorreram.

As gravações das aulas foram realizadas por outro pós-graduando utilizando uma única câmera para captar as imagens e o áudio. Ele procurou direcionar a câmera para as discussões e fala dos alunos, evitando interferir no andamento das aulas. Pretendíamos que as filmagens fornecessem subsídios para avaliar a participação e envolvimento dos alunos com as questões e problemas levantados, registrar comentários e observações realizados pelos alunos e as discussões em grupo, uma vez que estávamos interessados em buscar elementos que evidenciassem a visão de ciências que os alunos traziam e, posteriormente, adquiriram no decorrer das aulas.

A partir desse registro, buscamos selecionar e caracterizar os episódios de ensino, definidos por Carvalho (1996) como aqueles momentos em que fica evidente a situação que desejamos estudar ou analisar. Por isso, várias das aulas filmadas e demais dados obtidos, não foram utilizados. Todas as aulas do curso foram gravadas, porém, demos maior ênfase para a análise das aulas filmadas a partir do final do bloco I (aulas 9 e 10), momento em que iniciamos a abordagem sobre a física no Brasil e os trabalhos de Cesar Lattes.

5.6.2) As entrevistas

Para que pudéssemos posteriormente confrontar os dados obtidos com a filmagem das aulas, realizamos entrevistas com 7 alunos após o término do curso.

Com relação às entrevistas, procuramos inicialmente avaliar a participação e o envolvimento dos alunos durante o curso para selecionarmos e convidarmos os alunos para uma entrevista a ser gravada em áudio.

A partir da avaliação realizada, escolhemos e convidamos 3 alunos que consideramos que se envolveram e participaram bastante, 2 alunos que se envolveram e participaram razoavelmente e 2 alunos que pouco participaram e se envolveram.

Estas entrevistas procuraram essencialmente avaliar alguns aspectos do curso como um todo e os aspectos principais que revelassem a percepção destes alunos a respeito da ciência e da atividade científica que nos interessavam avaliar e investigar.

De acordo com o que apontam os estudos sobre pesquisa qualitativa, procuramos ao máximo deixar os alunos entrevistados responderem à vontade e à sua maneira as questões levantadas, tomando o devido cuidado para não induzirmos os alunos a responderem de acordo com nosso interesse com a pesquisa. Isso não aconteceu nas primeiras entrevistas que realizamos, pois ficou evidente nossa interferência nas respostas dos alunos. Por isso, selecionamos outros 7 alunos, seguindo os mesmos critérios. Dessa vez, a entrevista estava semi-estruturada, pois havia um roteiro de perguntas que poderia ser modificado de acordo com a direção dada nas respostas dos alunos. Não utilizamos perguntas que visassem respostas rápidas e diretas, pois dessa forma elas pouco contribuiriam para uma análise mais completa. Foram feitas perguntas que exigiam do aluno uma maior reflexão e coerência nas respostas. Para isso, foi deixado claro que o que estava sendo avaliado não era o aluno, que as entrevistas não influenciariam na nota, e que o importante era a opinião deles.

Acreditamos que a entrevista encaminhada dessa forma pode gerar uma relação de confiança entre o entrevistado e o entrevistador. Dessa maneira, as respostas tendem a ser mais honestas, reflexivas e exatas (conf. Mayring, 2002; p.69)

Para as entrevistas, foi utilizado um gravador de áudio digital. Desta forma, não seria necessário ficarmos preocupados com anotações das respostas e comentários dos alunos no decorrer da entrevista.

5.6.3) O questionário final

No intuito de avaliarmos o curso de maneira geral e buscar percebermos as eventuais contribuições às discussões a respeito da física no Brasil por meio dos trabalhos de Cesar Lattes, elaboramos e aplicamos um questionário a todos os alunos (ver anexo 8).

As perguntas do questionário buscaram verificar ainda as impressões que os alunos tiveram ao longo do curso, buscando compreender melhor o que eles

eventualmente pensavam durante as discussões realizadas em classe e as atividades desenvolvidas, bem como para avaliarmos, posteriormente, outras contribuições que poderiam fornecer para nossa pesquisa.

5.6.4) Documentos elaborados em classe

Todas as atividades realizadas por meio dos textos e sua interpretação foram documentadas e consistem em objetos de análise. Denominamos de documentos *“quaisquer materiais escritos que possam ser usados como fonte de informações sobre o comportamento humano”*. (Phillips, 1974 apud Lüdke e André, 1986; p.38)

Muitas das questões referentes à interpretação de textos tinham, como objetivos, fazer com que os alunos explicitassem alguns conceitos, estruturassem suas impressões a respeito do tema abordado e expusessem sua visão e interpretação de determinados assuntos discutidos. Todos estes elementos foram interessantes, a princípio, para nossa análise e investigação.

5.7- Apresentação dos dados

No intuito de observar as falas e gestos que os alunos faziam concomitantemente no decorrer das atividades e/ou discussões estabelecidas em classe, procuramos organizar a transcrição na forma de tabela (conforme modelo a seguir) dividida em 3 colunas. A primeira delas informa se a transcrição é relativa ao vídeo (assinalado com a letra V) ou se é relativo à entrevista (assinalado com a letra E), além de especificar de qual aula trata a transcrição e também do tempo decorrido desde o início da aula, exibido no relógio do DVD ou do gravador de áudio, no caso das entrevistas. A segunda coluna traz a transcrição propriamente dita da fala dos alunos e do professor. A terceira e última coluna procura descrever possíveis gestos ou acontecimentos que podem tornar mais clara a fala transcrita.

Com relação às transcrições realizadas, apresentamos somente extratos dos episódios de ensino selecionados de forma que não seguem necessariamente uma sequência linear de aulas. Nas transcrições procuramos ser totalmente fiéis às falas dos alunos e atentos aos seus gestos e entonações, pois estes podem revelar elementos importantes para a análise (Carvalho, 2005, p.36; Capecchi, 2004, p.100).

Com o intuito de facilitar a leitura e a compreensão do que se passa nas colunas 2 e 3 da referida tabela os algarismos em negrito, colocados entre parênteses,

informam o exato momento em que se deu a ação descrita na coluna 3 durante a fala que aparece na coluna 2.

Muitas linhas da coluna 3 aparecem em branco e tal fato não implica que não tenha ocorrido ação mas sim que tal ação ou já está descrita durante a fala ou é irrelevante para a análise.

A fim de preservar a identidade dos alunos, cada um deles aparece nomeado com a letra A seguida de um número que identifica o aluno na filmagem. Ao professor, nos referimos como P.

Algumas falas que não foram entendidas durante a transcrição aparecem como inaudível ou, no caso de documentos escritos, como não compreensível. Em momentos em que há uma pausa entre uma frase e outra pronunciada por alguém, a menção ao intervalo é marcada pelo símbolo (...).

Com relação à transcrição dos dados obtidos por meio da entrevista seguimos os mesmos procedimentos, porém, sem a coluna 3, uma vez que não havia registro de imagens.

Os dados transcritos serão apresentados na tabela da seguinte forma:

V ou E aula Tempo	Participante: Fala transcrita do participante (1)	(1) Gestos ou acontecimentos relevantes
-------------------------	---	--

Quanto à utilização dos documentos escritos pelos alunos durante algumas atividades realizadas em classe, muitas delas foram feitas em grupos de 5 a 7 alunos. Quando descrevemos o conteúdo destes documentos em nossa análise, antes de reproduzirmos a resposta, aparece na frente a indicação do número do grupo em negrito. Por exemplo, **G2** (que significa resposta dada pelos alunos do grupo 2).

Para a análise dos episódios de ensino, separamos em três categorias (categorias A, B e C) já mencionadas no item 5.3. Elas representam, ao nosso ver, aspectos relevantes para o ensino de ciências. As categorias A e B tratam a respeito de elementos que identificamos como aspectos importantes sobre o conhecimento científico e que fazem parte da cultura científica. A categoria C trata de buscar identificar e revelar aspectos e características que motivaram e/ou despertaram interesse e

envolvimento dos alunos a partir de temas relacionados com a física no Brasil e cientistas brasileiros, além do contexto de produção e desenvolvimento.

5.7.1- A percepção inicial da ciência e do cientista revelada pelos alunos

Nas aulas 11 e 12 (primeiras aulas do bloco II), realizamos uma atividade com trechos de reportagens de alguns jornais de grande circulação nacional (ver anexo 2). Nosso intuito era o de verificarmos como os alunos percebem a atividade científica e/ou o trabalho do cientista, qual a concepção que traziam a respeito da ciência e da atividade científica realizada no Brasil por físicos e/ou cientistas brasileiros. Dessa forma, ao final da análise, tínhamos a opção de estabelecer, eventualmente, comparações entre as respostas dadas pelos alunos nesta atividade com outras que seriam realizadas nas aulas subseqüentes.

Na 1ª questão relativa a atividades com os noticiários de jornais, perguntamos: *“Em sua opinião, essas manchetes poderiam se referir a um cientista ou grupo de cientistas brasileiros? Por que? Justifique sua resposta!”*

Dos 33 alunos que a responderam apenas 2 alunos (6,0% do total) disseram não ser possível aqueles cientistas serem brasileiros por acreditarem que a física no Brasil não estava avançada a ponto de realizarem grandes descobertas e receberem premiações internacionais. Os demais alunos responderam que apenas em algumas reportagens poderia estar envolvido algum brasileiro.

Um dos alunos respondeu:

Não, porque a física no Brasil esta muito abaixo ainda dos Estados Unidos e de outros países bons na ciência. Acho que temos muito para melhorar ainda por causa disso não acho que tem como ser brasileiros.

O outro aluno escreveu:

Não, grandes descobertas e invenções não tem brasileiros porque a ciência aqui vem toda de fora e não é muito avançada. Só quando os governos divulgarem e investir mais na ciência é que poderemos começar a mudar as coisas.

A maior parte das justificativas considerou o fato de no Brasil haver cientistas competentes e capazes de realizar pesquisas científicas de bom nível em qualquer área da ciência, mas que o principal problema que emperra o desenvolvimento da ciência no

Brasil é a falta de maior investimento nas pesquisas e maior compromisso dos governantes.

Na 2ª questão, perguntamos: *“Poderia um brasileiro estar envolvido na notícia 3, referente ao ganho do Prêmio Nobel de Física? Por que? Justifique!”*.

Dentre os 32 alunos que responderam essa questão, 26 alunos (81,2% do total) responderam acreditar que dificilmente um brasileiro poderia ganhar um prêmio desse porte (Prêmio Nobel). A maior parte das justificativas se liga, direta ou indiretamente, ao fato do país não ter tradição científica e tecnológica de pesquisas em física e porque os trabalhos de cientistas brasileiros não são reconhecidos internacionalmente. Isto pôde ser evidenciado pela resposta abaixo de um dos alunos:

Acho quase que meio impossível um físico brasileiro ganhar um prêmio Nobel num país de pouca pesquisa comparada com os americanos. O Brasil não tem cacife para isso meu!

Outro aluno escreveu:

Não. Porque isso só vai acontecer quando o Brasil investir fundo em pesquisas científicas e os americanos poderem conhecer os dos brasileiros.

Com relação à 3ª questão dessa atividade, perguntamos: *“Qual(is) dela(s) [se referindo as reportagens] acha que poderia se referir a um cientista ou grupo de cientistas brasileiros? Justifique sua resposta!”*.

Dos 33 alunos que responderam, 11 alunos (33,3% do total) responderam que poderia ser somente a 4ª reportagem por já ter lido ou ouvido dizer algo sobre o assunto e também pelo fato do Brasil já ter projetos nessa área (como o Projeto Genoma, citado por 4 alunos). Desses 11 alunos, apesar de haver duas reportagens se referindo a descobertas realizadas por mais de um cientista, apenas 2 justificaram como sendo muito difícil um brasileiro realizar uma grande descoberta sozinho e sim, em grupos ou equipes. Isso pôde ser observado em uma das respostas abaixo:

No Brasil os investimentos na física são poucos e os cientistas brasileiros ficam abaixo dos internacionais, mas quando se juntam com os de fora conseguem desenvolver melhor seus trabalhos e por pra fora seu potencial.

Dentre os 22 alunos restantes que responderam a questão, apenas 4 (12,1% do total) disseram ser somente a 3ª reportagem. Três alunos (19% do total) responderam ser somente a 1ª reportagem e 5 (15,1% do total) disseram que todas poderiam se

referir a cientistas brasileiros. Entre os que responderam haver mais de uma reportagem, com exceção dos que responderam ser todas, 3 alunos (9% do total) responderam que poderia ser a 2ª e a 4ª matéria, 2 alunos (6,0% do total) que poderia ser a 1ª e a 4ª notícias e os 3 alunos restantes responderam que poderia ser a 1ª, 2ª e 4ª matéria. Com exceção dos 5 alunos que responderam que poderia haver brasileiros envolvidos nas 4 reportagens, nenhum dos que responderam que poderia haver brasileiros em mais de 1 reportagem citaram a 3ª matéria (relativo ao Prêmio Nobel). Apenas 2 alunos não responderam essa questão.

De modo geral, as justificativas pela opção da 4ª reportagem se deram principalmente pelo fato do Brasil “trabalhar com o Projeto Genoma”. Quase todas as justificativas pela opção da 1ª reportagem se deram pelo fato de não envolver, na opinião dos alunos, tanta tecnologia e investimentos por tratar-se de um assunto de física teórica. Isso pode ser exemplificado pelas respostas abaixo:

A 1ª e a 4ª reportagem. Na primeira porque o cientista brasileiro deve ser melhor nas contas porque não envolve tanta grana assim e o Brasil investe pouco ainda na ciência. A quarta reportagem deve fazer parte do Projeto Genoma que o Brasil tem investido mais (...).

Acho que poderia ser a 1ª reportagem porque o assunto é mais matemático e teórico e a 4ª porque envolve gens e o Brasil tem investido nessa área.

Na 4ª questão, dos 30 alunos que responderam a pergunta: *“Você acredita que a física “feita” e desenvolvida no Brasil e nos países menos desenvolvidos não seriam capazes de acrescentar conhecimentos novos para a humanidade? Justifique!”*, apenas 4 (cerca de 13,3% do total) entendem que no Brasil não se geram novos conhecimentos científicos e sim, trabalham em parceria com algum grupo estrangeiro, conforme resposta de um dos alunos:

Acho que os conhecimentos da física aqui são quase tudo vindos de fora. Falta apoio e investimentos. Se não fosse por isso, o país seria muito melhor no desenvolvimento da ciência e poderia contribuir muito mais, porque os nossos cientistas são bons. Por causa da falta de recursos seria muito difícil uma descoberta importante aqui por cientistas brasileiros.

Oito alunos (26,6% do total) deixaram a entender que nossos cientistas possuem potencial para gerar novos conhecimentos, mas falta maior apoio dos governantes para as pesquisas científicas. Doze alunos (cerca de 40% do total) acreditam que no país possa haver pesquisas que gerem conhecimentos novos e 6

alunos (20% do total) responderam que, por ser um país ainda atrasado e sem apoio governamental, dificilmente poderia ocorrer novas descobertas, salvo raras exceções. Cerca de 60% dos alunos, por motivos diversos, acreditam que a ciência desenvolvida aqui não possa ser capaz de gerar e criar novos conhecimentos para a ciência enquanto atividade científica mundial.

Na 5ª questão, perguntamos: *“Suponha que você tenha decidido seriamente a seguir carreira científica, por exemplo, Física! Você acha que daria para “se dar bem” ? Ou melhor, ser bem sucedido na profissão fazendo Física no Brasil? Justifique sua resposta!”* Nesta questão, 17 alunos (51,5% do total) escreveram que não se “dariam bem” na profissão de físico devido à falta de apoio e investimentos em pesquisas científicas. Um dos alunos respondeu:

Mesmo se eu gostasse de física nunca faria pesquisas em física no Brasil, porque deve ser muito difícil trabalhar num país sem envolvimento e investimentos dos governantes. Eu ia ter que ir para fora daqui para ser bem sucedido e não gostaria de ter que deixar minha família (...)

Com relação aos demais alunos, 12 (cerca de 36,6% do total) acreditam que se forem dedicados e competentes poderiam ser bem sucedidos e 4 (cerca de 12,1% do total) não responderam a questão corretamente.

Uma das respostas da 5ª questão por um dos alunos foi:

Acho que um físico para se dar bem aqui teria que se envolver num assunto de muito interesse do governo para receber o dinheiro necessário. Mas se for bom e competente o suficiente pode se dar bem sim em algum ramo com as empresas e as indústrias, por exemplo.

No quadro abaixo, apresentamos uma síntese com as principais tendências a partir das respostas e justificativas dos alunos.

Questão	Principais tendências levantadas pelos alunos	Principais justificativas
1	Cerca de 94% disseram ser possível cientistas brasileiros estarem envolvidos em algumas das reportagens.	Os cientistas brasileiros são competentes e poderiam atuar em qualquer ramo da ciência.
2	Cerca de 81,2% acreditam que dificilmente um brasileiro poderia ganhar um Prêmio Nobel ou mesmo um prêmio de nível equivalente.	A falta de tradição científica e tecnológica de pesquisas em física e o

		não reconhecimento internacional dos trabalhos de cientistas brasileiros.
3	Cerca de 72,7% citaram a 4ª reportagem relativo a descoberta do gene ligado ao mal de Parkinson	Muitos alunos se justificaram alegando já terem ouvido falar no Projeto Genoma e por isso associaram a descoberta do gene ao Projeto Genoma.
4	Cerca de 60% acreditam, por motivos diversos, que a física desenvolvida no Brasil não possa gerar e/ou criar novos conhecimentos para a ciência.	As principais justificativas foram associadas à falta de maior investimento e interesses das pesquisas em física por parte dos governantes.
5	Cerca de 51,5% acreditam que não seriam bem sucedidos na carreira de físico pesquisador.	Falta de maior investimento e interesse dos governantes com as pesquisas científicas em geral.

A partir da observação das respostas e justificativas dos alunos, podemos inferir que a percepção dos estudantes com relação à ciência e à atividade científica no Brasil, encontra-se um pouco distante da realidade atual. Ela nos dá indícios de que a física no Brasil, percebida pelos alunos, encontra-se ausente do quadro de trabalhos científicos internacionais relevantes, além de indicarem uma baixa compreensão dos estudantes sobre como se organiza e funciona o empreendimento científico e sua interação com os fatores sócio-culturais e com as comunidades científicas envolvidas.

5.7.2- As categorias de análise

Categoria A – A ciência como atividade humana e não-neutra

A partir da aula 9 (ainda no bloco I do curso), na qual passamos a abordar a interação forte e o papel dos píons no núcleo atômico, apresentamos uma lista com todas as partículas estudadas até aquele momento, sintetizando assim, algumas de suas propriedades, o ano de sua detecção, seu(s) autor(es) e sua(s) nacionalidade(s).

Ao mencionarmos o físico brasileiro Cesar Lattes como um dos integrantes do grupo responsável pela detecção do méson pi, alguns alunos questionaram e se surpreenderam com a presença de um brasileiro envolvido naquele tema. Isso pôde ser verificado na fala de dois alunos:

V Aula 10 85:07	A1: Olha! (1) Um brasileiro nisso... (inaudível)	(1) Levanta a cabeça e olha para a tabela projetada na tela
-----------------------	--	--

V Aula 10 86:13	A2: (1) brasileiro?... (inaudível)	(1) Vira de lado e comenta com um colega ao lado.
-----------------------	--	--

Neste momento, um outro aluno questiona o que, na verdade, já estávamos aguardando para darmos seqüência à discussão e seguimento da aula:

V Aula 10 90:11	A1: (1) Como que um brasileiro foi... é... entra nisso?	(1) Expressão de riso
V Aula 10 92:33	A2: (1) É raro brasileiro nessas coisas...como que é... Como é que isso aconteceu?	(1) Aluno franze a testa ao questionar.

A partir destes questionamentos, iniciamos o bloco II (aulas 11 e 12) do curso, no qual tratamos de parte da obra e do contexto de produção dos dois principais trabalhos de Cesar Lattes na detecção e estudo das partículas. Esses questionamentos tornaram-se assim, “fio condutor” para o início da segunda etapa do curso.

A partir do final da aula 13, buscamos descrever brevemente o contexto social, político e econômico do país, o interesse e as condições que propiciaram Lattes a integrar e trabalhar com o grupo em Bristol, na Inglaterra e sua contribuição pessoal para a detecção do méson pi na radiação cósmica, bem como alguns outros conceitos físicos relacionados com seu trabalho.

Ao final da aula 14, realizamos uma atividade com texto (anexo 4) sintetizando o que havíamos abordado nas aulas 13 e 14 respectivamente.

Após os alunos lerem e responderem as questões do texto em grupos, fizemos algumas perguntas relativas à abordagem do assunto na classe e no próprio texto:

V Aula 14 80:03	P: E ai pessoal? Como é que vocês perceberam a participação de Cesar Lattes na detecção do méson?	
-----------------------	--	--

V Aula 14 83:18	A4: Eu achei que o cara foi bem sortudo... e também era bom... é ... acho que ele sabia fazer bem a câmara para ver a partícula (1) (inaudível)	(1) Aponta para o desenho do esquema de uma câmara de Wilson desenhado na lousa.
V Aula 14 84:15	P: Mas porque que ele foi sortudo?	
V Aula 14 80:03	A4: (1) Ah!...acho que foi.... sei lá!... o cara... tipo assim.... era amigo do outro cientista que já tava lá.	(1) Expressão de dúvida
V Aula 14 86:09	P: Lá onde?	
V Aula 14 87:02	A4: Na Inglaterra, pesquisando.... (inaudível)	
V Aula 14 87:53	P: Hum! E aí? Mais o quê? Pessoal, alguém mais gostaria de acrescentar mais alguma coisa? Vamos lá!	
V Aula 14 88:31	A1: Ó... eu acho que ele já tinha estudado com ele aqui... e... sei lá...viu que ele era bom... que sabia fazer câmara para ver a partícula	
V Aula 14 89:10	A2: (1) Pelo que dá pra ver ...ele foi esperto	(1) Aluno comenta sorrindo e um pouco envergonhado
V Aula 14 90:07	P: Por que?	
V Aula 14 90:53	A2: Ah! Vê só...tipo...ele aproveitou que tinha outro cientista lá que era seu colega e tinha sido seu professor aqui....(inaudível) para arrumar os lances para ele ir pra lá.	
V Aula 14 92:10	A5: Mais claro... dava... dava pra ver que ele era bom... era competente (1)devia ser doido também.	(1) Aluna sorri e olha para as colegas ao lado, logo após sua fala.
V Aula 14 93:01	P: Mas e o fato de ser um período de pós-guerra, teve alguma influência?	
V Aula 14 93:47	A3: Como assim?	
V Aula 14 94:13	P: Teve alguma influência o fato de ser um período marcado por pouco tempo em que a 2ª Guerra havia terminado para ele conseguir, por exemplo, ir para a Inglaterra?	
V Aula 14 94:56	A3: Como a gente viu, acabou que ficou mais fácil dele entrar lá para trabalhar.	
V Aula 14 95:21	P: Mas porque?	
V	A3: Ah! Sei lá (1) ... Porque queriam gente nova	(1) Expressão de

Aula 14 96:15	para trabalhar com as partículas novas...para... tipo... Detectar elas... (inaudível)	dúvida durante a fala da aluna.
V Aula 14 98:08	P: E aí pessoal? Alguém gostaria de dizer mais alguma coisa?	
V Aula 14 98:57	A1: Essas coisas.... bem... acho... que não tinha interesse para coisas da guerra (inaudível).	
V Aula 14 99:32	P: Como assim? Explica melhor aí, vai!	
V Aula 14 100:18	A1: Ah!... professor!... (1)	(1) Aluno se mostra envergonhado
V Aula 14 101:25	P: Não... vai lá...vamos lá! Explica aí!	
V Aula 14 102:16	A1: Ah! sei bem não.... professor.... (1)	(1) Aluno abaixa a cabeça e inclina-se na carteira envergonhado.
V Aula 14 102:59	A3: O pessoal na época... (inaudível) (1) só dava dinheiro com as coisas da guerra, por isso não queriam estudar.... as coisas para descobrir as partículas... (inaudível)	(1) Aluno gesticula com as duas mãos buscando encontrar as palavras para explicação.
V Aula 14 103:37	A6: acho... que bem... a ida dele dependeu de um monte de coisas.	
V Aula 14 105:52	P: Como o quê, por exemplo?	
V Aula 14 106:33	A6: Ah... oh!... tipo... ele era inteligente e o cientista amigo e seu ex-professor que foi pra Inglaterra sabia disso... conhecia e confiava na inteligência dele, bem... ele gostava dele.... ah!... tipo... tinha também pessoas que podiam ajudar ele a conseguir grana para ir pra lá....então.... é... por isso que ele tinha sorte, confiavam nele.....no (inaudível).... sabiam que ele podia trazer coisas boas pra cá.	
V Aula 14 107:39	P: Mas que coisas boas seriam estas?	
V Aula 14 107:56	A6: Ah!... hum!... (1) que seu nome (inaudível) podia ficar conhecido... podia trazer conhecimentos pra cá.	(1) Aluno responde de maneira aparentemente mais calma.
V Aula 14 108:12	A6: (1) Acho que podia... tipo... meio que trazer dinheiro pra cá, ajudar nas pesquisas aqui... (inaudível)	(1) Aluno gesticula com a mão para explicar.

A maneira como a ciência foi apresentada, tanto por meio das discussões em classe (representado pelas falas dos alunos) como pelo texto, ressaltam a ciência como uma atividade humana, explicitando alguns dos fatores externos que se encontram por trás do conhecimento científico. Pelos depoimentos dos alunos, percebe-se que compreenderam parte da trajetória de Lattes até culminar com a detecção do méson pi, além das dificuldades de natureza política para integrar o grupo de Bristol, na Inglaterra.

Nas transcrições abaixo, pode-se perceber que os alunos associaram a ciência com alguns fatores externos à atividade científica:

V Aula 18 93:19	A7: Talvez se ele ...ah!...não tivesse tido esse ... se não tivesse feito parte desse grupo... se as condições não tivessem ajudado.... tipo... de repente o Brasil não tinha conquistado um monte de coisas.	
V Aula 18 95:28	P: Mas que condições seriam estas que você diz?	
V Aula 18 96:23	A7: Ah! Condições.... (1) pelo que vimos.. essas... ah! Políticas, o interesse do Brasil,... todo mundo... tipo.. de olho na bomba atômica, ... na energia nuclear... tudo isso colaborou para conseguir tudo que conseguiu..... (inaudível)	(1) Aluna estala os dedos procurando encontrar palavra para explicar.
V Aula 18 99:11	P: Você quer dizer que foi por esses motivos que o Brasil passou a dar mais apoio a ciência e também pra física depois do sucesso de Lattes?	
V Aula 18 100:19	A7: É... isso.... acho que se não fosse isso, acho que ia ficar na mesma... as coisas não iam pra frente como foi.	
V Aula 18 100:58	A3: Acho... que ... é... teve vários interesses..	
V Aula 18 101:17	P: Quais?	
V Aula 18 101:59	A3: (1) As pessoas, os governantes tavam tudo pensando na energia nuclear e também... é...no quanto podiam lucrar com ela... (inaudível)... bomba atômica... (inaudível)	(1) Aluno tosse e gesticula várias vezes com a mão para encontrar as palavras para explicar.
V Aula 18 103:42	P: Mais o quê pessoal?	
V Aula 18 104:29	A3: Ah!... (1) Tinha também o interesse maior.... (inaudível)... sabia que tinha que investir para não ficar pra trás em relação a outros países e melhorar o país..... as condições.	(1) Aluno olha para a colega ao lado que mexe a cabeça concordando com a resposta dada.

Nas falas acima, pode-se perceber ainda indícios de que aspectos de natureza política, econômica e sociais podem ser conflitantes, desfazendo-se de uma possível imagem, pelos alunos, da ciência e do próprio cientista como isolado dos demais fatores sociais (Giordan, 2002)

Aqui, pelas falas dos alunos, os fatores sociais se fazem presentes, tanto na influência para o desenvolvimento do trabalho como na repercussão do mesmo pela mídia, mostrando, de forma, ainda que indireta, o peso dos condicionantes sociais na produção e difusão do conhecimento e no trabalho do cientista.

Alguns outros registros, agora escritos, reforçam tal idéia. Como exemplo, podemos citar algumas respostas dadas pelos grupos de alunos relativo à 1ª questão do texto das aulas 13 e 14 (anexo 4) em que perguntamos: “Descreva como vocês perceberam o incentivo, o interesse e a participação de Lattes no processo de detecção do méson.”

Algumas das respostas foram:

G2: *“Lattes se interessou pela parte experimental das partículas com o Occhialini que tinha vindo pra cá e montou uma câmara para tentar estudar as partículas.*

G3 *“Sua participação foi muito importante para encontrar o méson pi no grupo de Bristol lá na Inglaterra e na Bolívia em Chacaltaya, graças a ele que conseguiu-se encontrar o rastro da partícula pión nos aceleradores⁴⁹”*

G4: *“Lattes sacava muito sobre a detecção de partículas nas câmaras, por causa de vários fatores, ele conseguiu ir cheio de garra e disposição para Inglaterra e lá utilizou e aumentou seu conhecimento para encontrar o pión”.*

G6: *“Ele deu um jeito de manter as imagens das fotografias por um tempão usando uma substância que não deixava as imagens sumir com o tempo e aí deu pra ver melhor os rastros e também mais deles, sem tirar que ele era inteligente e bom”.*

Uma outra questão também propiciou que os alunos viessem a perceber a atividade científica como parte da atividade humana, na qual a não-neutralidade da ciência fica mais evidenciada por conseguirem perceber influências externas à ciência. Isso pode ser verificado a partir da questão 3 do texto do anexo 6, da aula 18 (anexo 6).

⁴⁹ Vale ressaltar aqui que boa parte das respostas dada pelos alunos foi nessa direção. Para não tornar a análise cansativa, optamos por não descrever todas as respostas dos grupos.

“3) Que outros fatores sociais acredita que contribuíram para que Lattes obtivesse sucesso em seu trabalho na detecção do méson pi?”

G.2- *“Como discutimos, tinha todo um clima que fez com que Lattes tivesse o sucesso que teve. Tinha um cientista professor e amigo seu que foi para a Inglaterra trabalhar lá e que conhecia e sabia que Lattes era bom, seu trabalho tinha a ver com a energia nuclear que era o assunto no momento no Brasil. E depois ele conseguiu dinheiro com os governantes para ir pra Inglaterra estudar e pesquisar lá”.*

G.3- *“Antes de tudo tinha também a USP que tinha bons professores que ensinaram e incentivaram Lattes com as partículas e o tal do píons para encontrar”.*

G.4- *“De cara deu pra ver que o Lattes era (não compreensível) e bom no que fazia. Ele era novo i tinha ao seu lado grandes físicos que o ensinaram. Mudou para a área dos experimentos com as partículas porque eram mais legal e tinha um outro físico e seu professor que trabalha já para encontrar as partículas”.*

G.6- *“Esse outro físico (incompreensível) teve que ir para a Inglaterra e lá viu que o Lattes seria bom na equipe por isso pediu sua vinda”.*

G.7- *“Como aqui tinha condições e interesses financeiros para ele ir el foi e deu no que deu, descobriu o méson pi.”*

Apesar da resposta dada pelo grupo 7 mostrar o processo que levou à detecção do meson pi de maneira um tanto quanto simplificada, indicando Lattes, possivelmente, como o único responsável pela detecção da partícula, fica nítida uma associação da ciência balanceada entre fatores externos e internos à atividade científica e ao trabalho do cientista.

Outro dado relevante que selecionamos para esta categoria se deu com a questão de número 7 do questionário final (anexo 8) em que perguntamos: *“Independentemente do conhecimento que adquiriu nesse curso, acha que de alguma forma, sua visão a respeito da física e da ciência em geral modificou-se?”*

Num total de 35 alunos que responderam o questionário, 19 (54,28%) assinalaram *“um pouco”*, 12 (34,28%) assinalaram *“muito”* e 4 alunos (11,42%) assinalaram *“muitíssimo”*.

Um dos alunos que assinalou *“muitíssimo”* explicou sua opção escrevendo:

“O mais surpreendente do curso, além de ter aprendido sobre uma nova área da física, foi aprender que a física também se relaciona muito com a sociedade (participação política e econômica) e que não dá pra perceber normalmente como a física é dada. E que muito porque não gostamos é porque não percebemos a física junto com as questões sociais e econômicas”

Outro aluno, que respondeu “muito” na questão acima, escreveu:

“Física para mim era só cálculos e formulas e etc... Mas neste curso percebi que a física pode ser legal principalmente como encontrar as partículas. É interessantes e mudo muito minha forma de pensar. Não sabia como política fazia parte do trabalho de um cientista e que nunca poderia imaginar que um físico brasileiro poderia fazer parte de uma descoberta tão legal e importante”.

A escrita dos alunos apresenta-se, de maneira geral, em concordância com as falas transcritas e mostram que os estudantes foram capazes de promover uma conexão, ainda que modesta, entre elementos externos que incorporam a atividade científica e o trabalho do cientista. Isso possibilita que a dimensão humana da ciência pudesse ser associada e evidenciada pelos alunos.

Categoria B – Percepção da ciência como problemática, histórica e construída de forma coletiva

Estes aspectos puderam ser evidenciados principalmente a partir da aula 15 (anexo 5), momento no qual passamos a abordar a respeito dos trabalhos de Lattes com as câmaras de Wilson e com as emulsões fotográficas, além de sua interação com o físico italiano G. Occhialini. Após abordarmos alguns dos conteúdos que envolveram os trabalhos de Lattes com as partículas, retomamos novamente com as questões relativas às aulas anteriores no intuito de complementar a discussão que acreditávamos que ainda poderia ser um pouco mais explorada. Passamos a tratar brevemente a respeito da repercussão dos trabalhos de Lattes com o período do pós-guerra e o momento político que o país atravessava. A partir desse momento, notamos que os alunos realizaram alguns questionamentos a partir da pergunta feita pelo professor na aula 16.

V Aula 16 88:12	P: E aí... então pessoal... como vocês descrevem, ou melhor, com tudo o que discutimos até agora, como vocês percebem a relação do trabalho de Lattes com	
-----------------------	--	--

	a momento político do país naquela época?	
V Aula 16 90:09	A3: É... (1) Ah!... dá pra ver que ele...(inaudível)... assunto que ele trabalhava tava todo mundo querendo descobrir porque tinha a ver com a física das partículas, assunto muito estudado naquele momento por um monte de cientistas do mundo todo.	(1) Aluno gesticula com as mãos.
V Aula 16 94:06	P: E qual era mesmo o problema que ele queria resolver?	
V Aula 16 95:11	A1: Ele queria encontra os píons.	
V Aula 16 96:13	P: E porque que o pión resolvia o problema dele?	
V Aula 16 97:58	A1: Por que... é... fazia com que o núcleo não explodisse.	
V Aula 16 98:55	P: Alguém mais saberia explicar um pouco mais?	
V Aula 16 100:13	A2: É... assim... (1) é que.. já tinha uma teoria que explicava o porquê o núcleo não explode...então tinha muita gente procurando... ah!.. .tipo.. tentando achar a partícula que o núcleo trocava e que mantinha ele sem explodir... equilibrado... (inaudível)	(1) Aluno procura explicar o processo utilizando as mãos.

Pelas falas transcritas acima, podemos observar que alguns alunos sabiam claramente qual era o problema que estava por trás dos trabalhos de Lattes, ou seja, sua(s) intenção(ções) e objetivo(s) pela busca de se conhecer mais a respeito do núcleo atômico. Assim, os alunos puderam perceber que parte do processo de construção do conhecimento se inicia a partir do reconhecimento de um problema (Gil Pérez, 1993), além de perceberem a ciência e a atividade científica como um processo de construção sistemática do conhecimento, elaborada e construída ao longo do tempo. Dessa forma, pode-se perceber que por traz desse conhecimento elaborado há uma trajetória, uma história (Solbes e Traver, 2001).

Pode-se constatar nas falas dos estudantes um rompimento com um possível discurso que apresente a ciência como “a-problemática” e “a-histórica” no qual os conhecimentos são construídos por si só, cabendo ao homem apenas descobri-lo (Désautels e Larochelle, 1998), ou mesmo, capaz de descrever objetivamente uma realidade já dada (Pietrocola, 2001).

Pela fala do aluno A2, fica explícita a idéia de que havia uma teoria capaz de prever a existência do méson pi e que esta teoria estava de acordo com os conhecimentos e princípios físicos conhecidos na época. Estes conhecimentos eram de consenso por outros físicos do período. No entanto, a detecção do méson pi, previsto teoricamente, era objeto de pesquisas por vários físicos na época, ou seja, havia um modelo teórico que descrevia as características desta partícula a ser detectada.

Com relação à necessidade de estabelecer inicialmente um modelo teórico que previa a existência de partículas, um dos alunos questionou:

V Aula 17 53:10	A1: Mas é... é... esse negócio que ter de ter uma teoria... não é por causa que não dá para enxergar as partículas?... já que elas são invisíveis?... elas são muito pequenas pra verem.	(1) Movimenta as mãos para explicar
V Aula 17 55:03	A2: Se é assim... (1) uma hora eles vão encontrar o gráviton também, né?	(1) Risos
V Aula 17 56:09	A2: (1) Dá hora...isso!	(1) Risos

Na fala acima, também se percebe surpresa pelo aluno, com o fato de se ter uma teoria estabelecida para se chegar, posteriormente, à detecção da partícula. Tal situação, parece confrontar com uma imagem da ciência em que as leis científicas são obtidas e conhecidas diretamente por meio da observação (Désautels e Laroche, 1998).

A visão de ciência apresentada na transcrição acima, desfaz um possível modelo de ciências em que há grande preponderância do caráter experimental vinculado ao agir do cientista, desconsiderando, aparentemente, a troca de informações entre cientistas, as elaborações e construções teóricas e as próprias ciências não experimentais (Giordan, 2002; p.15). Aliás, tal ponto, foi motivo de questionamento dos alunos na aula 17, quando abordamos a respeito da repercussão dos trabalhos de Lattes no Brasil.

V Aula 17 46:21	A1: Ué... que (inaudível) (1) dizer que... é...todo...(inaudível) querendo achar uma partícula... assim... do nada?... que tava só no papel?	(1) Movimenta as mãos para tentar explicar
V Aula 17 48:06	A2: Era que nem o gráviton, que ainda não acharam... era.... só uma suspeita?	

Pelos questionamentos dos alunos, podemos inferir que o modelo de ciências que revelaram é, de fato, o de uma ciência baseada principalmente num modelo empírico.

Vale lembrar que em algumas aulas foi enfatizada a necessidade de se estabelecer modelos teóricos e, a partir deles, a busca na tentativa de detectar experimentalmente as partículas. Neste momento, foi ressaltado ainda o avanço tecnológico nos equipamentos de detecção das partículas, como os aceleradores de partículas e a necessidade crescente de desenvolver aceleradores de maior energia⁵⁰.

Outra característica da ciência abordado no curso foi com relação ao seu caráter coletivo, principalmente na física de partículas em que há grande interação entre os trabalhos de cientistas de vários países, não se restringindo apenas a países com condições econômicas e sociais privilegiadas.

Nas aulas 19 e 20 foram abordados assuntos a respeito de alguns outros trabalhos mais recentes realizados por físicos brasileiros. Nestas aulas, encontramos evidências a respeito do caráter coletivo da atividade científica a partir das respostas escritas por alguns grupos de alunos relativos a 1ª questão do texto (anexo 7) em que perguntamos: *“Em sua opinião, qual a importância dos trabalhos em física teórica realizados pelos físicos brasileiros?”*

Algumas das respostas foram:

G.3- *“São importantes porque eles podem gerar conhecimentos de vários tipos e que depois podem ser usados nos equipamentos”.*

G.2- *“É bom que temos físicos brasileiros também bons em física teórica porque podem completar pesquisas feitas fora do país e também participar delas junto com outros grupos de cientistas de outros lugares do mundo”.*

Na questão 4 do mesmo texto, novamente aparece, nas respostas dos alunos à pergunta: *“De alguma forma, conhecer um pouco mais a respeito da física no Brasil e ter uma idéia bem geral da qualidade dos trabalhos realizados por alguns dos físicos brasileiros mudou sua percepção da ciência desenvolvida no Brasil? Por quê? De que forma?”*, a percepção do caráter coletivo da ciência e da física contemporânea:

⁵⁰ Vale destacar que, neste momento do curso, foram levantadas discussões a respeito das diferenças e da união entre ciência e tecnologia. Outro assunto que surgiu nas discussões foi sobre o interesse do Brasil em investimentos na área atômica e nuclear, cujo tema era de destaque no mundo.

G.2- *“Primeiro que nunca tive idéia de que um brasileiro pudesse estar envolvido num assunto tão importante pra física e depois, que a física envolvia tanta gente e política pra descobrir as coisas (...)”*

G.4- *“(...) ainda bem que o trabalho de Lattes não precisava de tanta grana e deu pra ele se dar bem aqui e fazer parte do grupo fora daqui ajudando a achar o pión. Foi legal, porque ele acabou ajudando a ciência brasileira e quase ganhou o prêmio Nobel também”*

Por meio das citações acima, percebemos que os alunos foram capazes de reconhecer aspectos relacionados ao caráter coletivo da atividade científica. A expressão no qual escrevem *“(...) deu para ele se dar bem aqui e fazer parte do grupo fora daqui ajudando a achar o pión”*, nos permite observar que o aluno não destaca a descoberta do pión com feita por um único cientista, e sim, que este cientista (no caso, brasileiro) fez parte de uma equipe que colaborou para a detecção do pión.

Outro grupo de alunos respondeu:

G.5- *“Não sabia que tinha físicos brasileiros tão bons e que as pesquisas tavam aqui tão desenvolvidas. Acredito que os assuntos da física hoje estão cada vez mais difíceis e por causa disso precisa de mais cientistas. Não só de cientistas de país rico, mas também o Brasil pode ajudar a física a crescer, porque aqui também tem cientistas bons e que pode ajudar a ciência brasileira a crescer como fez o Lattes.*

Aqui, provavelmente podemos associar o termo: *“cada vez mais difícil”* por mais complexo, pelo fato da ciência envolver um instrumental mais sofisticado e, que também por isso, físicos de vários países podem colaborar no desenvolvimento da ciência e não apenas ficar restrito a cientistas de países mais avançados econômica e cientificamente como alguns associaram inicialmente, no início do 2º bloco do curso.

Vale lembrar que no início do bloco II (aulas 11 e 12), momento que realizamos a atividade com noticiários de jornais, na 3ª questão daquela atividade, dos 11 alunos (33,3% do total) que responderam que um brasileiro poderia se relacionar a reportagem com mais de um cientista, 2 se justificaram como sendo muito difícil um brasileiro realizar uma grande descoberta sozinho e sim, em grupos ou equipes.

De acordo com nossa avaliação, acreditamos que os alunos conseguiram perceber que por trás do conhecimento científico abordado, há uma história, uma tradição de pesquisa na qual diferenciam as pesquisas teóricas e experimentais. Isso pôde ser evidenciado quando os alunos perceberam os elementos e fatores que

proporcionaram a Lattes adquirir uma boa formação com físicos que já trabalhavam com pesquisas de vanguarda, principalmente na Europa. Estes físicos vieram para cá a partir da formação da USP dando seqüência aos trabalhos que já desenvolviam lá. Como mantinham o intercâmbio com físicos na Europa, foi possível que Lattes e outros físicos brasileiros pudessem estudar e atuar fora do país e integrar grupos de pesquisas no exterior.

Um dos grupos de alunos expressa tal idéia quando escreve, na resposta à questão 2 do texto da aula 14 (anexo 4) quando perguntamos: *‘De acordo com a abordagem em classe e do próprio texto, que fator(es) propiciou(aram) Lattes a participar do grupo de Bristol, na detecção do méson?’*

G.3- *“Outros cientistas estrangeiros vieram pra cá, ensinô Lattes a física e como gostava mandou bem. Ele pode ir trabalhar fora com outros pesquisadores que já tinha mais tempo trabalhando com as partículas para encontrar o pión. (...)”*

Pelas falas apresentadas nesta categoria, elas se mostram relevantes por demonstrar que os alunos foram capazes de perceber alguns elementos que englobam a atividade científica e o próprio trabalho do cientista, a influência política e social do período, a persistência e a dedicação do cientista, a intuição e algumas dificuldades enfrentadas. Dessa forma, foi ressaltado o lado sócio-cultural vinculado às atividades do cientista e evidenciado o papel da investigação na ciência, associado aos interesses pessoais do cientista (Matthews – apud. Vannucchi, 1996).

Categoria “C” – Física no Brasil como possível motivador para o estudo das partículas

Para esta categoria de análise, procuramos extrair dos relatos dos alunos, por meio de documentos escritos e das entrevistas realizadas, elementos que pudéssemos interpretar a respeito do interesse e/ou motivação para o estudo das partículas a partir do contexto e dos trabalhos de Cesar Lattes.

Conforme já levantamos nas primeiras transcrições realizadas na Categoria A, ficou nítido um interesse inicial de vários alunos ao realizarem questionamentos a respeito da participação de Lattes na detecção do méson. Isso nos deu bons indícios de que estávamos no rumo certo para seqüência de aulas do curso.

Os alunos se mostraram interessados e, de certa forma, mostraram-se também motivados a querer saber mais sobre o envolvimento de Lattes com o processo que

levou à descoberta do méson pi. Entretanto, essa motivação perdeu um pouco de intensidade na medida em que o assunto foi tornando-se mais complexo e sua compreensão mais árdua.

Alguns dos registros elaborados pelos alunos no questionário final (anexo 8) chamaram nossa atenção. Dentre as 8 questões desse questionário, 4 delas, por estarem mais diretamente relacionadas com a participação e o envolvimento dos alunos com os temas abordados no curso, nos propiciaram diagnosticar melhor o interesse e/ou envolvimento dos estudantes com os trabalhos de Lattes. As 4 questões selecionadas foram:

1ª) Qual(is) o(s) assunto(s) que mais te surpreendeu(ram) nesse curso?

2ª) Suponha que quisesse continuar esse curso, o que gostaria de vir a saber mais:

- a) () A partícula méson pi no qual o brasileiro Cesar Lattes participou da descoberta.
- b) () A vida e obra de Cesar Lattes.
- c) () Trabalhos recentes de físicos brasileiros.
- d) () Outras partículas discutidas durante o curso.
- e) () Detecção de partículas.
- f) () Outros. Qual(is):

3ª) Qual(is) parte(s) do curso mais gostou ?

4ª) Ter estudado que Cesar Lattes foi um cientista brasileiro que deu importantes contribuições nas pesquisas sobre as partículas elementares, aumentou teu interesse pela Física?

() muitíssimo () muito () um pouco () pouquíssimo

Na tabela abaixo, sintetizamos o total de alunos que assinalaram cada um dos itens da 2ª questão. Ressaltamos que 35 alunos responderam o questionário e nesta questão os alunos puderam assinalar até 3 itens.

Itens	Nº de alunos que assinalaram
Item a	13
Item b	6
Item c	21
Item d	10

Item e	6
Item f	0

Na 1ª questão, dentre os assuntos que mais surpreenderam os alunos, 9 (25,7%) responderam diretamente que se sentiram surpresos em saber sobre a existência de físicos brasileiros envolvidos no assunto das partículas e das conseqüências de seus trabalhos para o avanço da ciência no país. Dois exemplos ilustram essa situação:

(...) nunca tinha ouvido falar de trabalhos de físicos no Brasil ainda mais nas aulas de física e gostei de saber. Isso foi uma surpresa boa.

Foi uma surpresa ver como o trabalho do físico brasileiro foi bom e fez bem para a ciência brasileira. Foi interessante perceber como a história da época ajudou o Lattes a fazer a ciência brasileira crescer (...)

Outros 13 alunos (37,1%) escreveram ter se surpreendido com a quantidade de partículas existentes na natureza e 8 (22,8%) sobre os métodos e processos de detecção de partículas. Apenas 2 alunos (5,7%) não responderam essa questão e 3 (8,5%) responderam sem objetividade como: “gostei de tudo”, “não gostei de nada”, gostei de ter tido aulas no computador, dentre outros.

Na 3ª questão, que tratava de uma questão aberta em que os alunos poderiam citar mais de um tópico, cerca de 12 alunos (34,2%) , direta ou indiretamente, responderam que gostaram mais dos assuntos que envolveram os trabalhos de Lattes na descoberta do méson pi e seu envolvimento com o contexto social.

Gostei de tudo nesse curso, mas o mais legal foi a descoberta da partícula pelo brasileiro. Foi legal também ver como o trabalho dele tinha a ver com o período político e social daquela época (...) foi legal saber quantos benefícios seu trabalho trouxe para o Brasil (...) nem sabia que a física mexia com essas coisas todas.

Gostei muito daquela parte que foi tratado de como aconteceu a detecção da partícula com a ajuda do brasileiro (...) física pra mim era só contas... mas vi o quanto tem a ver com o lado político e dos interesses dos homens (...)

Ainda na 3ª questão, apenas 1 aluno (2,8%) respondeu que não gostou de nada, 3 alunos (8,5%) deram respostas muito gerais, sem nenhuma especificação, como por exemplo, ao dizerem que gostaram de tudo, do professor, dentre outros.

Tivemos ainda 4 alunos (11,4%) que responderam ter gostado mais das aulas em que utilizamos o computador no laboratório de informática. Outros 5 alunos (14,8%) responderam ter gostado mais de ter conhecido um pouco mais a respeito de outros trabalhos mais recentes de físicos brasileiros que se destacaram.

Gostei de ter conhecido como um brasileiro se envolveu com um assunto tão legal quanto o mundo das partículas, os processos de detecção e o contexto como aconteceu seus trabalhos. Mas gostei mais de saber que o Brasil continua tendo físicos bons como o Lattes e que continua se dando bem e trazendo benefícios para o nosso país.

Os demais, ou seja, cerca de 10 alunos (28,5%) responderam que gostaram mais de assuntos diretamente relacionado com o conteúdo da física de partículas, como os píons, grávitons, ordem de grandeza e dimensão das partícula, etc.

Gostei de tudo nesse curso (...) achei da hora o negócio de se supor a existência matematicamente da partícula e depois vai lá, gasta um bom dinheiro e encontra ela (...) Gostei também dos píons, dos grávitons e do tamanho das partículas.

Com relação a 4ª questão, 9 alunos (25,7%), assinalaram “pouquíssimo”, 7 alunos (20%), responderam “muito” e nenhum “muitíssimo”. A maioria, num total de 19 alunos (54,2%), assinalaram “um pouco”.

De acordo com os números apresentados acima, fica bastante evidente (e até um pouco óbvio!) que o fato de se estudar o conteúdo das partículas e assuntos correlatos somente porque existe um brasileiro que foi de destaque, que deu contribuições relevantes, em nada vai tornar a matéria e o assunto mais fácil e compreensível, entretanto, ele se revelou como uma opção, um elemento motivador no curso. A abordagem dos conteúdos a partir de elementos que relacionavam com a física no Brasil e um cientista brasileiro, se revelaram como uma estratégia significativa para a introdução dos conteúdos planejados para o curso e outras questões sobre a ciência e a atividade científica que pretendíamos abordar, como por exemplo, conteúdos a respeito dos raios cósmicos, métodos e processos de detecção de partículas, dentre outros. O estudo das partículas, a partir dos trabalhos de Lattes, se mostrou ainda como uma alternativa relevante para privilegiar uma abordagem histórica da ciência, do trabalho e interação do cientista com os elementos sociais e externos à atividade científica.

Podemos dizer que a abordagem de questões que envolveram parte da física no Brasil associado aos trabalhos e à trajetória de Cesar Lattes se mostrou como um

assunto que surpreendeu e interessou boa parte dos alunos num primeiro momento do curso. Isso reforça nossa idéia que de fato se trata de uma estratégia relevante e pertinente para abordarmos questões relativas ao trabalho do cientista e outras questões que abrangem a atividade científica. Porém, tais questões, por si só, não sustentam a atenção e o interesse dos alunos no decorrer do curso, sendo necessário articular e integrar melhor os conteúdos com temas que tratam mais diretamente sobre a ciência e sua interação com a sociedade.

Com o objetivo de reforçarmos e complementarmos nossas evidências expostas nos parágrafos anteriores, selecionamos e transcrevemos fragmentos de algumas entrevistas que realizamos, com alguns alunos, após o término do curso⁵¹.

E 18:12	P: Você tinha respondido aqui no questionário... você se lembra?... que gostaria de saber mais sobre outros trabalhos feitos por físicos brasileiros. Por que?
E 19:20	A1: Ah!... é... acho que isso incentiva a gente a querer estudar mais sobre ciências... isso traz também orgulho.... tipo... a gente fica orgulhoso... motivado a estudar sobre o assunto.
E 21:14	P: E você ficou orgulhoso com isso?
E 22:08	A1: É... tipo... sei direito não... mas... sei lá... que...ter um brasileiro... que estudou aqui, começou aqui, é daqui e fez um trabalho importante.. acho que isso é importante a gente saber sim.

E 38:42	P: Lembra? Você tinha respondido neste questionário... você se lembra?... que gostaria de vir a saber mais sobre outras pesquisas feito por físicos brasileiros. Por que?
E 39:24	A2: Ehh... saber que existe uns físicos desse nível interessa mais, ...tipo... é... interessa mais, acho que desperta mais o gosto pela física.
E 41:08	P: E porque isso?
E 43:14	A2: Ah!... acho que se tem um que chegou lá, acho que vale a pena estudar... ele teve que superar as adversidades.... só de saber disso, pelo menos pra mim, né!... foi legal, motivou mais... e... me interessou saber mais...
E 47:16	P: Mais alguma coisa que queria comentar sobre os físicos brasileiros?
E 48:26	A2: Ehh!... hum... mas foi bem legal de ver como o físico brasileiro trabalhou na detecção das partículas... ficou dá hora ter estudado um pouco da física do seu trabalho e o...ah!... o contexto... o encaminhamento do trabalho dele... seu envolvimento com as questões sociais e políticas do país, as preocupações dele... isso ficou bem legal mesmo no curso...

E 182:26	P: Olha só... você tinha respondido no questionário final que aplicamos na aula, lembra?... que gostaria de saber mais sobre outros trabalhos realizados
-------------	---

⁵¹ O protocolo das entrevistas encontra-se no anexo 9.

	por físicos brasileiros. Por que? Explica pra mim!
E 183:53	A6: Acho que saber que existe um brasileiro que fez um trabalho tão importante deu mais empolgação, foi bem legal... deu.... ah! Me deu vontade de querer saber mais sobre o assunto.... tipo... sei lá...ficou diferente o curso... ah! Acho que é isso.

Pelo próprio fato de muito dificilmente aparecer o nome de um cientista brasileiro nas aulas de física e de ciências em geral, e mesmo nos livros, podemos perceber que a presença de um físico brasileiro de destaque no assunto a ser estudado, por si só, já é um fator de espanto e que desperta a atenção e o interesse inicial de alguns alunos. Isso pôde ser percebido na seqüência de algumas aulas.

Para estes mesmos alunos, no 4º bloco da entrevista, questionamos a respeito de seu interesse e motivação:

E 28:14	P: ...após conhecer parte dos trabalhos de Lattes e de alguns outros físicos brasileiros no curso, aumentou teu interesse e motivação pela Física, ou mesmo nas nossas aulas?
E 29:32	A1: Ahh!... continuo não me interessando pela física.... mas gostei de saber sobre o físico Cesar Lattes... não sabia que podia ter um brasileiro nesse assunto tão importante como foi, né?... ah! Acho que isso fez o curso...sei lá... ficar mais legal, ... diferente...
E 30:41	P: Mas... porque diferente?
E 31:09	A1: Ah! Tipo... porque estudamos outras coisas... não teve tantas contas e cálculos... muito loco ver como se conhece as partículas e tudo mais por trás daqueles negócios...
E 33:12	P: Mais algumas coisa?
E 33:55	A1: : Não... acho que é só.... Ah! Lembrei... teve a parte dos físicos brasileiros... achei legal ver como o Lattes foi importante para a física e para o Brasil...
E 36:06	P: Vê aí... tem mais alguma coisa?
E 37:16	A1: : Não... é isso só mesmo que lembro

E 52:16	P: Bem...depois de conhecer os trabalhos do Cesar Lattes e de alguns outros físicos brasileiros durante o curso, de alguma forma aumentou teu interesse e incentivo pela física, ou pelo menos nas aulas?
E 53:48	A2: Hum!!... não gosto muito de física e continuo não gostando...sabe... não entendo muito bem as coisas e... mas no caso do curso, foi interessante ter estudado sobre os físicos brasileiros.... me interessei mais pelo assunto que a gente já tava vindo estudando.
E 55:03	P: E com relação às aulas, o quê que achou?
E 56:01	A2: achei que as aulas foram legais... ficaram mais legais.. gostei de ter visto como o trabalho daquele físico brasileiro....

E 56:34	P: Qual? O Lattes?
E 56:58	A2: É... isso... como que o trabalho dele foi importante pra física e pro Brasil... achei que isso deu uma motivada na aula... me interessou bem lá na aula.... mas continuo não gostando nada de estudar física.
E 57:37	A2: porque... nunca gostei de física e matemática...acho difícil e chato

E 184:10	P: ...olha só... depois de ter conhecido os trabalhos do físico Cesar Lattes e de alguns outros físicos brasileiros, de alguma maneira aumentou teu interesse ou gosto pela física, ou pelo menos nas nossas aulas?
E 186:13	A6: : ... Não...não gosto de física, tenho dificuldades... mas o assunto das partículas foi dá hora... muito loco como os caras achavam elas...
E 187:06	P: Mas... e com relação aos trabalhos dos físicos brasileiros, fez te interessar mais pelas aulas de física? Como que você vê isso?
E 188:47	A6: Ahh!... Achei que as aulas ficaram mais legais... foi aquilo que eu disse... deu mais empolgação.... pelo menos na hora lá... quis saber mais... nem sabia que tinha brasileiro estudando esses assuntos...
E 190:08	P: Mas queria saber mais sobre o quê? Explique melhor.
E 191:01	A6: Ah!!... sabe?... tipo... saber mais sobre o Lattes e o que aconteceu depois dos trabalhos dele, ver mais como é o estudo para achar as partículas lá nos raios cósmicos... essas coisas...
E 193:05	P: Mas o quê que você gostaria de saber mais sobre o Lattes e depois dos trabalhos dele?
E 194:02	A6: Ah!... queria saber mais sobre as partículas que ele estudou... é... sobre os raios cósmicos que foi bem loco... como que os governantes passaram a ver a física no país... foi essas coisas assim...
E 195:34	P: Mais alguma coisa?
E 195:58	A6: Não! Ta bom! É só isso mesmo... tomara que os outros cursos de física sejam desse jeito que foi esse.
E 197:13	P: E o que acha que faltou nesse?
E 198:00	A6: : ... pena que faltou tempo para ver mais coisas.
E 198:51	P: Como o quê, por exemplo?
E 199:52	P: Tempo para estudar mais sobre como detectar as partículas, e sobre a vida do Lattes... sobre a repercussão na sociedade que os trabalhos dele provocou...essas coisa assim...

Podemos observar, pelas falas acima, que, de fato, tratar de parte dos conteúdos da física que envolveu os trabalhos de Lattes, de forma a abranger aspectos externos vinculados diretamente ao seu trabalho, foi um fator motivador e que, ao menos num primeiro momento, claramente se mostrou de interesse dos alunos para iniciar e mesmo problematizar parte do assunto das partículas a ser trabalhado. Muito

embora, dúvidas, dificuldades e até mesmo certo desinteresse se apresentaram em alguns momentos do curso por parte de alguns alunos.

Vale lembrar que o curso implementado foi um projeto piloto. Por um lado, ele nos revelou claramente a necessidade de se realizar várias modificações e ajustes, principalmente de natureza pedagógica e estrutural. Por outro lado, mesmo considerando as falhas e adaptações realizadas, ele se mostrou capaz de revelar aspectos relevantes da ciência e da atividade científica, geralmente ocultados no ensino da física e que poderiam fazer parte da educação científica.

Outro aspecto que o curso contemplou foi em buscar revelar a ciência e a atividade científica como em constante interação com vários outros ramos e setores da sociedade. Acreditamos que o enfoque dado possibilitou promover uma maior empatia entre o conteúdo e os estudantes, com conseqüente motivação e envolvimento dos alunos no estudo das partículas.

Considerações Finais

No capítulo 1 buscamos ressaltar a importância e a necessidade de se ensinar física também como parte integrante da cultura. Por isso, tínhamos a intenção e o interesse de elaborar e implementar um curso que contemplasse aspectos que revelassem características da ciência e da atividade científica num contexto histórico e sócio-cultural mais amplo. Gostaríamos que o curso possibilitasse fornecer aos alunos uma visão da ciência e da física mais integrada com aspectos que englobam a participação da física no Brasil e de alguns de nossos principais físicos. Pretendíamos abordar a física por este viés por acreditarmos que traria maior motivação e identificação cultural por parte dos estudantes com relação aos conteúdos abordados.

Aproveitamos a oportunidade, a partir do grupo de professores da USP vinculados ao projeto *Atualizações dos Currículos de Física do Ensino Médio: A Transposição das teorias Modernas e Contemporâneas para a Sala de Aula*, para desenvolvermos e aplicarmos uma parte da sequência didática de um curso piloto, cujo tema seria o de física de partículas⁵². O “fio condutor” de uma parte do curso estava, direta ou indiretamente, associado com questões a respeito da física no Brasil.

Conforme abordamos no capítulo 2, tratamos as questões que envolvem a física no Brasil com o devido cuidado para não exaltá-la como filiada a questões de ordem nacionalista, patriótica ou mesmo associada a uma determinada ideologia privilegiada, pois tal iniciativa consideramos como sem propósito para a educação científica, além de ser capaz de distorcer a imagem da ciência e da atividade científica.

No início da elaboração do curso, tínhamos receio que ele ficasse demasiadamente informativo, pois era extenso e abordava sobre vários conteúdos envolvendo as partículas, além de tratar de parte da história e contexto da ciência no Brasil.

No andamento do curso, pelas manifestações e espontaneidade com que os alunos participaram e se expressaram, percebemos que o curso se mostrou também formativo. Isso ficou mais evidente nas atividades em que os alunos deveriam ler, discutir e elaborar textos.

A respeito da utilização da história da ciência no curso, ela se mostrou significativa por ser capaz de abordar a ciência como acessível, histórica e como uma

⁵² Esse curso piloto foi idealizado e elaborado junto com o pós graduando Maxwell Roger P. Siqueira.

atividade humana e de interesse global, além de se mostrar eficiente ao retratar parte do processo de construção do conhecimento em que esteve envolvida a presença brasileira.

Uma vez que o ensino, de maneira geral, busca preservar e garantir o legado do acervo cultural continuamente gerado pelas civilizações, a participação brasileira nessa empreitada poderia ser considerada também como justificativa para inserção da FMC no ensino da física, garantindo assim, a possibilidade de estudar a física no Brasil como parte integrante da cultura. No entanto, torna-se praticamente inviável trazer algo que revele a participação brasileira na construção da física sem a introdução da física moderna e contemporânea no nível médio, pois antes do século XX tínhamos poucos cientistas.

As questões colocadas aos alunos a partir das aulas 9 e 10 do bloco I, relacionada com a estabilidade do núcleo e, posteriormente, as questões levantadas pelos próprios alunos a respeito da participação e envolvimento de Lattes na “caça” às partículas, se caracterizaram como questões instigadoras e motivantes, além de ter possibilitado introduzir os tópicos e os conteúdos planejados. Entretanto, novamente ressaltamos que, por se tratar de um curso piloto, ficou clara a necessidade de várias modificações e ajustes principalmente de natureza estrutural e pedagógica. Percebemos, por exemplo, que o volume de conteúdos abordados era muito grande, dificultando um melhor aproveitamento dos alunos e conseqüentemente para a pesquisa⁵³.

Mesmo em meio às dificuldades, pudemos constatar, a partir dos dados apresentados, indícios de que os alunos caminharam rumo a uma compreensão a respeito das características da ciência e da atividade científica que consideramos relevantes.

Pudemos perceber também que o curso contemplou aspectos relacionados a algumas das competências e habilidades que fazem parte dos objetivos do ensino da física que encontra-se descritos nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's):

- *Compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolveram por acumulação, continuidade ou ruptura de*

⁵³ No ano seguinte a aplicação deste curso piloto, foi elaborado por um aluno de pós-graduação e implementado pelo grupo de professores do grupo de física moderna da USP, um novo curso de física de partículas, agora, numa versão com as devidas correções e adaptações que se mostraram necessárias.

paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade.

- *Construir e investigar situações-problema, identificar a situação física, utilizar modelos físicos, generalizar de uma a outra situação, prever, avaliar, analisar previsões.*

Um ponto que chamou nossa atenção, no decorrer do curso e na análise dos dados apresentados, se deu pelo fato de boa parte dos alunos acreditarem que dificilmente um físico brasileiro poderia ganhar um prêmio científico internacional. Isso mostrou indícios que poderiam considerar a física no Brasil como ausente do quadro de trabalhos científicos internacionais relevantes, ou possivelmente, não reconhecerem a física no Brasil como parte integrante da cultura da nação, ou ainda sem valor, quando comparado com as pesquisas internacionais. Acreditamos que isso possivelmente acontece devido à inexistência do comparecimento de assuntos que abordem a física produzida e desenvolvida com a participação do país, bem como a atuação de nossos principais físicos. Caracterizamos tais aspectos como uma espécie de “obstáculo cultural” presente no ensino da física.

Se voltarmos nossa atenção para as pesquisas em ensino de ciências, a noção de obstáculo epistemológico tem sido largamente empregado. Notadamente no ensino de física, muitas delas buscam descrever e caracterizar os diversos fatores que constituem verdadeiros obstáculos, capazes de gerar erros, equívocos e dificuldades na aprendizagem das aquisições científicas pelos estudantes. A idéia de obstáculo epistemológico na ciência foi proposta inicialmente por Bachelard (1996) em sua obra: *A Formação do Espírito Científico*, publicado originalmente em 1938.

Bachelard analisa o espírito científico dos séculos XVIII e XIX comparando-o com a ciência do século XX, pois este foi marcado por significativas mudanças, o que exigiu rupturas com as formas anteriores de conceber a ciência devido a grande presença das tecnologias no conhecimento científico (Pais, 2001, p.40). Para Bachelard, os obstáculos epistemológicos são próprios do saber e identificáveis às dificuldades encontradas pelos cientistas para superá-los ao longo da história. São obstáculos inerentes ao ato de fazer ciência, tendo raízes históricas e culturais. A idéia de obstáculo epistemológico pode ser utilizado tanto para analisar a evolução histórica do conhecimento, como em situações de aprendizagem. Entretanto, quando utilizadas em situações de ensino, ficam geralmente muito restritas ao plano epistemológico e

cognitivo, tal como também não pode ser uma idéia encarada como isolada no plano pedagógico.

Brousseau (1983), um dos pioneiros a utilizar a idéia de obstáculo epistemológico de Bachelard no ensino da matemática, enumera, além dos obstáculos epistemológicos, também os de origem didática, psicológicas, de natureza ontogênicas e os obstáculos culturais. Neste caso, este último, corresponde ao peso histórico de certas formas de pensar, no qual os sentidos políticos e culturais pesam para sempre (Brousseau, 1981).

Conforme apontado por Brousseau (1981, 1983), a idéia de obstáculo não encerra o levantamento relativo aos problemas e dificuldades no campo educacional e pedagógico. Ela mostrou e nos mostra caminhos e direções importantes no qual ainda teremos muito que caminhar na tentativa de suplantar os diversos obstáculos presentes no ensino de ciências. Dessa forma, inspirado nas idéias de obstáculos e sua releitura, podemos sugerir uma outra forma de obstáculo, que parece estar presente quando analisamos a física no Brasil também como um elemento integrante da cultura científica.

Quanto aos conteúdos curriculares e os programas dos vestibulares, que refletem nos livros didáticos, eles parecem seguir uma tradição em que são desconsideradas as contribuições científicas das nações com menor prestígio científico, além dos seus cientistas representantes. Dessa forma, cientistas nacionais, com seus principais trabalhos e contribuições para o país, não conseguem o destaque que poderia ter no ensino de ciências.

Outro fator que acreditamos reforçar nossa hipótese a respeito do “obstáculo cultural”, consiste no fato de nossa ciência ainda ser bastante dependente dos países desenvolvidos. Isso ocorreu nos instrumentos e nos métodos de pesquisa utilizados e também na educação. Os problemas e temas de pesquisas são copiados do estrangeiro (Martins, 1998). O “obstáculo cultural” provavelmente se faz presente pelo fato de que os conhecimentos escolares dificilmente conseguem espaço que possa abranger a física e a ciência elaborada e produzida no país.

Acreditamos que o desafio da escola consiste na possibilidade de incorporar de fato a cultura científica dominante e as importantes conquistas científicas e tecnológicas da humanidade, sem, no entanto, desconsiderar da ciência praticada no país pelos nossos cientistas.

As hipóteses e discussões aqui brevemente levantadas, não têm a pretensão de ter esgotado as considerações que parecem pertinentes. Elas são apenas introdutórias e serviram para apontar algumas concepções dos alunos no que diz respeito à participação brasileira na construção da física e também para que mais esforços possam ser efetuados nessa direção. Acreditamos ainda que seja necessário maior subsídio teórico para poder realizar afirmações mais conclusivas.

Nossa intenção aqui consiste em defender que as ações em sala de aula sejam mediadas por um conjunto de ferramentas que abordem a física como cultura, permitindo ser mediadora entre o mundo e a forma como a representamos. Nesse sentido, acreditamos que a física possa servir de suporte para a elaboração de significados mais relevantes para os estudantes.

Longe de sugerir uma proposta definitiva para lidarmos com as questões até aqui apresentadas, procuramos encontrar alternativas que privilegiem um ensino da física que permita construções de visões mais contextualizadas e amplas sobre a ciência, capaz de promover o desenvolvimento de habilidades e competências, não apenas no que diz respeito ao ensino dos conteúdos. A abordagem desse trabalho, vinculada com as questões que relacionam a física no Brasil, se mostrou como um caminho e uma alternativa relevante, mas que deixa ainda uma longa trajetória a ser percorrida e novos caminhos a serem trilhados.

Referências Bibliográficas

ALVES FILHO, J. de Pinho. Regras da Transposição Didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.17, n2: p.174-188, ago. 2000(a).

_____. **Atividades Experimentais: Do Método à Prática Construtivista**. Tese de Doutorado. UFSC, Florianópolis, 2000(b).

AIKENHEAD, G. An Analysis of four ways of assessing student belief about STS topics. **Journal of Research in Science Teaching**, 25 (8), 607-629, 1988.

AMARAL, Elisabeth A. do. **A Literatura e a História da Ciência no Ensino de Física: um estudo exploratório**. São Paulo, 2003. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – mod. Física) – Instituto de Física, Universidade de São Paulo.

ANDRADE, Ana Maria R. **Físicos, Mésons e Política: a dinâmica da ciência na sociedade**. São Paulo - Rio de Janeiro: Hucitec/MAST/CNPq, 1999.

_____. **O Cruzeiro e a Construção de um mito da Ciência**. MAST: notas técnico-científicas, 006/94 – Rio de Janeiro. Outubro de 1994.

ARANTES, A. A. **O que é Cultura Popular?** Ed. Brasiliense, 1981.

ARROYO, Leonardo. **Literatura Infantil brasileira: ensaio de preliminares para a sua história e suas fontes**. São Paulo: Melhoramentos. 1967.

AZEVEDO, Fernando de (org.). **As Ciências no Brasil**. Vol I. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1994.

_____. **A Cultura Brasileira: introdução ao Estudo da Cultura no Brasil**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Ed UNB, 1963.

BACHELARD, Gaston. **A formação do Espírito Científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Trad: Estela dos Santos Abreu. 1ªed. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BADARÓ, C. E. **Epistemologia e Ciência – Reflexão e Prática na Sala de Aula**. Bauru/SP: EDUSC, 2005.

BAKHTIN, M.M. **Questões de Literatura e de Estética : a teoria do romance**. São Paulo : Hucitec/Annablume, 1999.

BASALLA, George. The Spread of Western Science. **Science**, vol. 156, n.3775 may, 5, 1967.

BASSALO, José Maria F. **Revista da SBHC**. Rio de Janeiro, nº3 (n. especial), 1989.

_____. A Importância do Estudo da História da Ciência. Rio de Janeiro. **Revista da SBHC**. Nº 08, 1992.

_____. As Raízes da Física no Brasil. **Ciência Hoje**. São Paulo, n 75, vol.13, 1991.

_____. **Aspectos Contemporâneos da Física**. Belém : Editora Universitária/UFPA, 2000.

BENAVOT, A. et al. El conocimiento para las masas: modelos mundiales y curricula nacionales. **Revista de Educación**, Madrid, n. 295 (Historia del Curriculum, I), 1991.

BLACKWOOD, Oswald H., Osgood, Thomas H. (1960), **Física na escola secundária**. Rio de Janeiro. INEP. Vol.2.

_____. **Física na escola secundária**. (1958), Rio de Janeiro. Vol 1. Ex 2000. INEP.

BOGDAN, R. e BIKLEN, S. **Qualitative Research for Education**. Boston, Allyn and Bacon, 1992.

BRASIL, Ministério da Educação. **Secretária de Educação Média e Tecnológica**. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ministério da educação. **Secretária da Educação Média e Tecnológica**. Brasília, 1999.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologique et lês problèmes em mathématiques. **Recherches em Didactique dês mathematiques**. Vol 4, 1983.

_____. Problemes des Didactiques des Decimaux. **Recherches em Didactique des Mathématiques**. Vol.2, Nº.3, pp.37-127, 1981.

BUNGE, Mario. **Ciência e Desenvolvimento**. Col. O Homem e a Ciência. V.11. São Paulo: Edusp, 1980.

_____. **Teoria y Realidad**, Barcelona: Ariel, 1972.

C&T JOVEM. Nova ordem para a desordem. Disponível em:

http://ctjovem.mct.gov.br/index.php?action=/content/view&cod_objeto=14311 Acesso em: 04 de agosto de 2004.

CAPECCHI, M. C. V. M. – **Aspectos da Cultura Científica em Atividades de Experimentação nas Aulas de Física**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação. Tese de Doutorado, 2004.

CARUSO, F, MARQUES, A, TROPER, A. (eds). **Cesar Lattes: A descoberta do méson Pi e outras histórias**. Rio de Janeiro: CBPF, 1999.

CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor; SANTORO, Alberto. **Partículas elementares: 100 anos de descoberta**. Manaus: Editora da Universidade Federal de Manaus, 2005.

CARUSO, Francisco; SANTORO, Alberto. **Do átomo Grego à Física das interações fundamentais**. 2ª ed. Rio de Janeiro: AIAFEX, 2000.

CARVALHO, A. M. P. Critérios Estruturantes para o Ensino das Ciências. **Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática**. Pioneira Thomsom Larning, São Paulo, 2004.

_____. O uso do Vídeo na tomada de dados: Pesquisando o desenvolvimento do ensino em sala de aula. **Pro-Posições**. Vol.7, N 1[19], 5-13, março de 1996.

CARVALHO, Washington L. P. de. **Cultura científica e cultura humanística: espaços, necessidades e expressões**. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Departamento de Física e Química da Universidade Estadual Paulista. Ilha Solteira, Tese de Livre Docência. 2005.

CASTRO, Ruth S. **História e Epistemologia da Ciência: investigando suas contribuições num curso de Física de segundo grau**. São Paulo, 1993. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências – mod. Física). Instituto de Física. Universidade de São Paulo.

CHALMERS, A.F., **O que é Ciência Afinal?** São Paulo, Brasiliense, 1993.

_____. **A Fabricação da Ciência**. São Paulo: Unesp Ed., 1994.

CHARTIER, Roger. **História Cultural: entre práticas e representações**. Lisboa/Rio de Janeiro. Difel/Bertrand Brasil, 1990.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica: Del Saber Sabio al Saber Enseñado**. La Pensée. Argentina, 1991.

CHRISTIANSEN, C. **Elementos de Física Teórica**. Londres. Ed. Macmillan, 1897.

CIÊNCIA HOJE ON-LINE. Pernambucano é o primeiro brasileiro a ganhar prêmio Galileu Galilei. [04.11.2004].

CONSELHO EDITORIAL DO CCEF. Mesa-Redonda: Influência da História da Ciência no Ensino de Física. [Resumida e adaptada pelo Conselho Editorial do CCEF]. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, Nº5 (número especial), pp.76-92, Jun. 1988.

DANTES, MA e HAMBURGER, A.I.(orgs). **A Ciência nas Relações Brasil-França (1850-1950)**. Nº2. São Paulo: Edusp/Fapesp, 1996.

DÉSAUTELS, J. e LAROCHELLE, M. The Epistemology of Students: The Thingified Nature of Scientific Knowledge. **International Handbook of Science Education**, Kluwer Academic Publishers, 1998.

DRIVER, R & NEWTON, P. Estabelecendo Normas de Argumentação Científica em Sala de Aula. **Conferência ESERA**, Roma, Setembro de 1997.

DEYLLLOT, M. E. C. **Ler palavras, conceitos e o mundo : O desafio de entrelaçar duas culturas em um convite à física**. Instituto de Física e Faculdade de Educação. Dissertação de Mestrado, 2005.

DIAS, Antonio de P. **Curso Elementar de Physica**. 2ªedição, 1929.

ERICKSON, F. Qualitative Reseach Methods for Science Education, In: FRASER, B.J. e TOBIN, K.G (orgs.), **International Handbook of Science Education**, part one. Kluwer Academic Publishers, 1998.

EVEREST, J. D. **Elementary Text-book of Physics**. London: Editora Blackie, 1877.

FEYERABEND, P. **Tratado Contra o Método: esquema de uma teoria anarquista do conhecimento**. Madrid : Tecnos, 1975.

FONSECA, Maria R. F. da. Expressões da Ilustração Brasileira e a saúde pública: A sociedade literária do Rio de Janeiro e o Patriota (1770-1815). In: **Anais do V Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**, 1995. pp. 142-150.

FORQUIM, Jean-Claude. **Escola e Cultura: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

FOUREZ, Gérard. **A Construção das Ciências**. São Paulo: Ed. Unesp, 1995.

FREITAS, Aníbal. **Curso de Física: mecânica, barologia, termologia**. Rio de Janeiro. Ed. Melhoramentos. 3ªedição, 1937.

FRISH,S ; TIMOREVA, A. **Curso de Física General**. Tomo 1. Moscu. Ed. Mir, 1967.

FRISH,S ; TIMOREVA, A. **Curso de Física General**. Tomo 3. Moscu. Ed. Mir, 1968.

GAGLIARDI, R. Como utilizar la Historia de las Ciencias en la enseñanza de las Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**. 6 (3), 1988.

_____. & GIORDAN, A. La Historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de las Ciencias**, V.4. P.253-8, 1986.

_____. Contribución de La Historia y de la Filosofia de Las Ciências Al Desarrollo de um Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como Investigación. **Enseñanza de Las Ciencias**, 11(2), 1993.

GANOT, Adolphe, **Traité Elementaire de Physique – epérimentale et appliquée et de météorologie**. Paris. 10ªedição, 1862.

- GIBERT, A. **Origens Históricas da Física Moderna**. Lisboa: Fundação Caluste Gulbenkian, 1982.
- GIL, D. P & SOLBES, J. The Introduction of Modern Physics: overcoming a deformed vision of science. **International Journal of Science Education**. London, V.15, Nº3, pp.225-260, May/june, 1993.
- GIL PÉREZ, D. et al. Para uma Imagem Não Deformada do Trabalho Científico. **Ciência e Educação**., v.7, N.2, p. 125-153, 2001.
- GIORDAN, M e KOSMINSKY, L. Visões sobre Ciências e sobre Cientistas entre Estudantes do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**, N.15, maio de 2002.
- GOMES FILHO, Francisco A. **Física para o 1º ano científico**. São Paulo. Companhia Editora Nacional. 1957.
- _____. **Física para o 2º ano científico**. São Paulo. Companhia Editora Nacional. (Ex.2429), 1945.
- GRANGER, G.G. **A Ciência e as Ciências**. São Paulo: Ed. Unesp, 1994.
- GUEDES, J. R. **Curso de Physica elementar destinado ao ensino do Colégio Militar**, 1868.
- JAPIASSU, H. **Um Desafio à Educação**. São Paulo: Ed Letras e Letras, 1999.
- JORNAL DO COMMERCIO ON-LINE. Físico brasileiro perto do Nobel. Recife [28.01.2001]. Disponível em: http://www2.uol.com.br/JC/_2001/2801/cm2801_1.htm> Acesso em: 04 de agosto de 2004.
- KNELLER, George F. **A Ciência como Atividade Humana**. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Edusp, 1980.
- LACEY. H. **Valores e Atividade Científica**. São Paulo: Discurso Editorial, 1998.
- _____. **Is Science Value Free?: Values and scientific understanding**. London; New York: Routledge, 1999.
- LATTES, C. M. G. My work in meson physics with nuclear emulsions. in: **Topics on cosmics rays (60º anyversary of C. M. G. Lattes)**. Campinas: Ed. da UNICAMP, 1984.
- LEDERMAN, N.G. Students and Teachers Conceptions of de Nature of Science: A Review of the Research. **Journal of Research in Science Teaching**. Vol. 29, n.4, 1992.
- LEMKE, J.L. Aprender a Hablar Ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores. **Espanha**: Ed. Paidós, 1997.

LOPES, Alice R. Casimiro. **Conhecimento Escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: Ed. UERJ, 1999.

LOPES, José Leite. **Unificando as Forças da Natureza**. – São Paulo: Ed. UNESP, 2001.- (Perfis brasileiros).

_____. **Ciência e Liberdade: escritos sobre ciência e educação no Brasil**. (Org) Ildeu de Castro Moreira. Rio de Janeiro: Ed UFRJ; CBPF/MCT, 1998.

LORENZ, Karl M. & BARRA, Vilma M. Os Livros Didáticos e o ensino de ciências na escola secundária brasileira no século XIX. **Ciência e Cultura**, 38(3) março 1986.

_____. & VECHIA, Ariclê. **Programa de Ensino da Escola Secundária Brasileira (1850-1951)**. Curitiba. Ed. Dos Autores, 1998.

LÖWY, Michael. **As aventuras de Karl Marx contra o Barão de Munchhausen : marxismo e positivismo na sociologia do conhecimento**. São Paulo : Cortez, 1989.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagem qualitativa**. São Paulo: EPU, 1986.

MARICONDA, P & RAMOS, M.C. Transgênicos e ética: a ameaça à imparcialidade científica. **Scientiae Studia: estudos de filosofia e história da ciência**. São Paulo. Vol.1, Nº2, 2003, P.245-261.

MARQUES, Alfredo. **A Descoberta do Méson Pi**. Rio de Janeiro. CBPF, 1999.

_____. **Cesar Lattes 70 anos: a Nova Física Brasileira**. Rio de Janeiro, CBPF, 1994.

MARTINAND, J. L. **Connaître et Transformer la Matière**. Peter Lang, Berna, 1986.

MARTINS, R. de Andrade. Independência cultural e científica: paralelos e diferenças. **In Verbis** (Instituto dos Magistrados do Brasil) 2 (14): 18-21, set. 1998.

MASSARANI, L; MOREIRA, I. de Castro; BRITO, F. (Orgs). **Ciência e Público – caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Centro Cultural de C&T da UFRJ. Fórum de Ciência e Cultura, 2002.

MAYRING, Philipp. **Introdução à pesquisa social qualitativa – Uma introdução para pensar qualitativamente**. 5ª ed. 2002.

MIÁKISHEV, G; BÚJOVTSEV, B.B. **Física 4**. Ed. Mir Moscú, 1983.

MOREIRA, Ildeu de C. & VIDEIRA, A. A. P. (Orgs). **Einstein e o Brasil**. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1995.

MOTOYAMA, Shozo (Org). **Prelúdio para uma História: Ciência e Tecnologia no Brasil**. São Paulo: Edusp, 2004.

NASCIMENTO, V. B. **Visões de Ciência e Ensino por Investigação: Aspectos de História e Filosofia da Ciência, em busca de uma Alfabetização Científica**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação. Dissertação de Mestrado, 2003.

NATALE, Adriano A.; GUZZO, Marcelo M. Neutrino: partículas onipresentes e misteriosas. **Ciência Hoje**. V.25, n.147, p.34, mar.99

NETTO, Samuel Pfromm. **O Livro na Educação**. Rio de Janeiro. Primor/MEC, 1974.

NOBRE, Francisco R. **Tratado de Physica elementar**. Local: s.l. Ed. s.n. 1896.

NOGUEIRA, Maria A. & NOGUEIRA, Cláudio M **Bourdier & a Educação**. (pensadores & educação). Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

NOGUEIRA, D & PAIVA, F. Pesquisa sem Fronteiras. **Ciência Hoje**. Rio de Janeiro. Mar. 1999.

OCCHIALINI, G. C. Lattes: Os anos em Bristol. **Ciência e Cultura**, 36 (11), nov. 1948.

OFUGI, R. C. **Inserção da Teoria da Relatividade no Ensino Médio: Uma Nova Proposta**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis, UFSC, 2001.

OLIVEIRA, N. R. **A Presença do Teatro no Ensino de Física**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação da USP. 2004.

OSTERMANN, F & MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Porto Alegre: V.18, n.2. ago. 2001.

_____. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa em Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre, pp. 23-43, 2000.

PAIS, L. Carlos. **Didática da Matemática: uma análise de influência francesa**. Belo Horizonte: Autêntica, 2001.

PARANÁ, D. N. **Física**. Eletricidade, Vol.3. São Paulo: Ed. Ática, 1993.

PEREIRA, O. da Silva. **Raios Cósmicos: introduzindo Física Moderna no 2º grau**. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências - mod. Física) São Paulo: Instituto de Física. Universidade de São Paulo, 1997.

PÉREZ GÓMES, A. I. **A cultura escolar na sociedade neoliberal**. Porto Alegre: Ed. Artmed, 2001.

PIETROCOLA, Maurício. A História e a epistemologia no ensino de ciências: dos processos aos modelos de realidade na educação científica. In: Andrade (Org.) **Ciência em Perspectiva - estudos, ensaios e debates**. V.1. MAST/MCT – SBHC Coleção História da Ciência, 2003.

_____. **Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa visão integradora**, Pietrocola, M. (org). Ed. Da UFSC/INEP, Florianópolis, 2001.

POUILLET, D. **Elements de Physique experimentale et de meteorologie**. Paris. Imprensa: L. Hachette. 7ªedição, 1856.

ROBILOTTA, M. O cinza, o branco e o preto. Da relevância da história da ciência no ensino da Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. V.5, n. especial, 1988.

_____. & BABICHAK, C. Definições e Conceitos em Física. **Cadernos Cedes**, ano XVIII, N. 41, 1997.

RORTY, R. **Objetivismo, Relativismo e Verdade : escritos filosóficos**. Rio de Janeiro : Relume-Dumará, 1997.

ROSE, Hilary e ROSE, Steven. **The Radicalisation of Science**. London: The Macmillan Press, 1976.

ROSSI, Paolo. **O Nascimento da Ciência Moderna na Europa**. Bauru : EDUSC, 1997.

SANTANA, Vanya M. **Ciência e Sociedade no Brasil** – Coleção ensaio e memória 8. São Paulo: Ed. Símbolo, 1978.

SANTOMÉ, J. T. **A Educação em Tempos de Neoliberalismo**. Porto Alegre, RS : Artmed, 2003.

SANTOS, Maria Eduarda V. Moniz dos. **A Cidadania na “voz” dos manuais escolares. O que temos? O que queremos?** Lisboa. 1ª ed. Ed. Livros Horizontes., 2001.

SANTOS, P. R. **A questão da neutralidade : um debate necessário no ensino de ciências**. Universidade de São Paulo, Faculdade de Educação. Dissertação de Mestrado, 2004.

SAVIANI, N. **Saber escolar, Currículo e Didática**. Campinas, Autores Associados, 1994.

SCHWARTZMAN, Simon. **Formação da Comunidade Científica no Brasil**. São Paulo: Ed. Nacional; Rio de Janeiro: Financiadora de Estudos e Projetos, 1979.

- SEMEGHINI-SIQUEIRA, I. Modos de ler textos pragmáticos impressos/eletrônicos, processos de compreensão e construção do conhecimento: implicações educacionais. São Paulo: FEUSP [versão em português encaminhada para publicação] (2001) **Annales. 8 e Colloque International de la DFLM**. Geneve: Université de Genève.
- SIQUEIRA, A. P. D. **Interface física e cultura na educação : múltiplos olhares**. Instituto de Física e Faculdade de Educação. Dissertação de Mestrado, 2004.
- SNOW, C.P. **As Duas Culturas – E uma Segunda Leitura**. São Paulo: EDUSP, 1995.
- SNYDERS, G. **A alegria na escola**. São Paulo: Ed. Manole, 1988.
- SODRÉ, Nelson Werneck. **Síntese de História da Cultura**. Rio de Janeiro. 18ª ed. Ed. Civilização Brasileira, 1996.
- SOLBES, J. e TRAVER, M. Resultados Obtenidos Introduciendo Historia de la Ciência en las Clases de Física y Química: Mejora de la Imagem de la Ciência y Desarrollo de Actitudes Positivas, **Enseñanza de las Ciencias**. 19(1), 2001.
- SOKAL, A e BRICMONT, J. **Imposturas Intelectuais**. Rio de Janeiro : Record, 2001.
- STEPAN, Nancy. **Gênese e Evolução da Ciência Brasileira: Oswaldo Cruz e a Política de Investigação Científica e Médica**. Rio de Janeiro: Artenova-Fiocruz, 1976.
- STERNSTEIN, C. **Elementos de Física básica**. Berlim: S.I. Ed. [s.n], 1895.
- TEIXEIRA, Anísio. **Educação no Brasil**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, 1999.
- VANNUCCHI, L. I. **História e Filosofia da Ciência: da teoria para a sala de aula**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Física e à Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.
- VARGAS, Milton. Bartolomeu de Gusmão: Primeiro Cientista das Américas. In: **Anais do VII Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia**. São Paulo: Sociedade Brasileira de História da Ciência, 2000. pp.417-421.
- VECHIA, Ariclê & CAVAZOTTI, Maria A. (orgs). **A Escola Secundária: Modelos e Planos no Brasil nos séculos XIX e XX**. Rio de Janeiro. Annablume, 2003.
- VIEIRA PINTO, Álvaro. **Ciência e Existência: problemas filosóficos da pesquisa científica**. 3ªed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1979.
- VOGT, Carlos & POLINO, Carmelo (Orgs). **Percepção Pública da Ciência: resultados da pesquisa na Argentina, Brasil, Espanha e Uruguai**. Campinas. SP: Ed. Da UNICAMP; São Paulo, SP: FAPESP, 2003.
- WATSON, William. **Curso de Física**. Londres. Ed. Labor. 2ªedição. 1932.

WHITAKER, M. A. B. History and quase-history in physics education – part 1. in: **Physics Education**. V.14, 1979.

WILLIAMS, Raymond. **The Long Revolution**. London: Harmondsworth, 1984.

WUO, W. **A Física e os Livros – Uma análise do saber físico nos livros didáticos adotados para o ensino médio**. São Paulo: EDUC; FAPESP, 2000.

ZANETIC, João. **Física também é Cultura**. São Paulo, 1989. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação. Universidade de São Paulo.

_____. Física e Literatura: uma possível abordagem no ensino. **Cadernos Cedes**, ano XVIII, n. 41, 1997.

_____. Olhando para o Futuro, desafios para o ensino de Física, na escola e na cultura, após quase cem anos dos trabalhos de Einstein. [Versão revista das notas elaboradas com base para uma das **Conferências de Abertura do VIII EPEF** – realizado em Águas de Lindóia de 05 a 08 de junho de 2002].

_____. & PINTO, A. C. É possível levar a Física Quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v.6, n.1, 1999.

ANEXOS

ANEXO 1

Relação dos livros analisados

Ordem	Autor	Título	Nacionalidade	Ano de publicação
1	Adolphe Ganot	Traité Elementaire de Physique	Francês	1862
2	Aníbal Freitas	Curso de Física: Mecânica, Barologia, Termologia	Brasileiro	1937
3	Antônio de Pádua Dias	Curso Elementar de Physica	Brasileiro	1929
4	C. Christiansen	Elementos de Física Teórica	Inglês	1897
5	C. Sternstein	Elementos de Física Básica	Alemão	1895
6	Djalma N. Paraná	Física Volume 3 (Eletricidade)	Brasileiro	1993
6	D. Pouillet	Elements de Physique experimentale et de meteorologie	Francês	1856
7	Francisco Alcântara G. Filho	Física para o 1º ano científico	Brasileiro	1957
8	Francisco Alcântara G. Filho	Física para o 2º ano científico	Brasileiro	1945
9	Francisco Ribeiro Nobre	Tratado de Physica Elementar	Brasileiro	1896
10	Oswald H. Blackwood & Thomas H. Osgood	Física na escola secundária vol 1	Americano	1960
10	Oswald H. Blackwood & Thomas H. Osgood	Física na escola secundária vol2	Americano	1960
11	William Watson	Curso de Física	Inglês	1932
12	J. D. Everest	Elementary Text-book of Physics	Inglês	1877
13	J. Rodrigues Guedes	Curso de Physica elementar destinado ao ensino do Colégio Militar	Brasileiro	1868
14	Bújovtsev	Física 4	Russo	1986
15	Frish,S e Timoreva	Curso de Física General - Tomo 1	Russo	1967
16	Frish,S e Timoreva	Curso de Física General - Tomo 3	Russo	1968

ANEXO 2

Aluno(a): _____

* Os fragmentos de textos abaixo foram retirados de manchetes de alguns jornais de grande circulação nacional da seção de Ciências!

1) NOVA ORDEM PARA A DESORDEM



C. Tsallis, ganha prêmio do governo mexicano por inventar uma nova equação matemática para calcular casos complexos de entropia, função que mede a desordem de um sistema.

2) NANOFOTÔNICA: UMA NOVA FRONTEIRA



(...) O pesquisador foi premiado (Prêmio Galileu Galilei) por ter estudado vários processos de chaveamento óptico.

"Descobrimos que alguns compostos químicos podem mudar o estado da luz em velocidades muito grandes", afirma. "Isso pode permitir aumentar a velocidade com que poderão funcionar as chaves dentro de um computador óptico, por exemplo, o que resultará na produção de máquinas com

processamento super rápidos."Ele esclarece ainda que esse fenômeno pode fazer com que mensagens sejam produzidas na forma de pulsos bem curtos, o que faria com que mais informações sejam processadas em menos tempo. (...)

O físico destaca o fato de estudos em óptica não-linear apresentarem geralmente resultados práticos visíveis em curto prazo. "Nossos trabalhos visam o entendimento de fenômenos que se manifestam na natureza. Trata-se de pesquisa científica, e não tecnológica. No entanto, é ótimo ver o trabalho reconhecido e rapidamente aplicado (...)."

3)



4)

Descoberto novo gene ligado ao mal de Parkinson

●●● Uma equipe de cientistas descobriu um novo gene responsável pelo mal de Parkinson hereditário. Segundo o neurologista da Universidade Thomas G , o gene descoberto por sua equipe contém o mapa de uma proteína, que em alguns pacientes não se desenvolve bem devido a uma mutação, o que leva os doentes a apresentarem sintomas clínicos do Parkinson. G informou que, apesar de haver cinco genes que desempenham um papel decisivo no Parkinson, a porcentagem hereditária desta doença é mínima.

QUESTÕES:

- 1) Em sua opinião, essas manchetes poderiam se referir a um cientista ou grupo de cientistas brasileiros? Por que? Justifique sua resposta!

- 2) Poderia um brasileiro estar envolvido na notícia 3, referente ao ganho do Prêmio Nobel de Física ? Por que? Justifique!

- 3) Qual(is) dela(s) acha que poderia se referir a um cientista ou grupo de cientistas brasileiros? Justifique sua resposta!

- 4) Você acredita que a física “feita” e desenvolvida no Brasil e nos países menos desenvolvidos não seriam capazes de acrescentar conhecimentos novos para a humanidade? Justifique!

- 5) Suponha que você tenha decidido seriamente a seguir carreira científica, por exemplo, Física! Você acha que daria para “se dar bem”, ou melhor, ser bem sucedido na profissão fazendo Física no Brasil? Justifique sua resposta!

Obtem um jovem cientista brasileiro a produção artificial do "meson"

Considerada uma das mais fantásticas realizações da ciência atômica — Como se referem à descoberta de Cesar Lattes os membros da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos — A importância do "meson" para os estudos de energia atômica — Quem é o jovem cientista radicado em São Paulo que assim galga os

Tem despertado enorme interesse nos círculos científicos brasileiros e mundiais a recente descoberta do jovem físico brasileiro Cesar Lattes.

Trata-se da produção artificial do "Meson", conseguida nos laboratórios da Universidade de Berkley, nos Estados Unidos, onde se encontra o jovem patricio gozando as vantagens de uma bolsa de estudos. A descoberta foi

degraus da celebridade

anunciada pelo sr. Ernest Lawrence, diretor do Departamento de Pesquisas da Comissão de Energia Atômica dos Estados Unidos como sendo "uma das mais fantásticas realizações da ciência atômica", tendo acrescentado o sr. James B. Flah, membro da mencionada Comissão que a descoberta de Lattes abrirá novos horizontes nas pesquisas de energia atômica, sendo de esperar-se revelações maravilhosas para muito breve.

IMPORTANCIA DO "MESON"

O "meson" é uma partícula atômica intermediária entre o próton e o electrão e de grande importância como componente nuclear. Sua existência foi prevista pelo físico japonês Yukawa, que, estudando a natureza das forças nucleares e a explicação da teoria da relatividade, chegou à conclusão de que devia haver uma nova partícula, cuja massa correspondia a cerca de duzentas vezes a massa do electrão, partícula essa necessária à interpretação dos resultados experimentais relativos à desintegração nuclear.

Enquanto os prótons e os electrões já eram obtidos nos Laboratórios de Física Nuclear, tendo sido objeto de pesquisas intensas desde as famosas experiências de J. J. Thomson, Rutherford e outros grandes físicos, o "meson", mesmo depois de descoberto nos Raios Cósmicos, não havia sido obtido experimentalmente.



Cesar Lattes, o jovem cientista brasileiro que acaba de surpreender o mundo produzindo artificialmente o "meson"

Os trabalhos realizados por Cesar Lattes, em Bristol, com chapas fotográficas sobre Raios Cósmicos, permitiram-lhe descobrir a existência de dois mesões de massa respectivamente de

(Continua na 2.ª página).

Descoberta de um cientista brasileiro

TRATA-SE DO "MESON", IMPORTANTE COMPONENTE NUCLEAR PAULISTA, O AUTOR DO INVENTO

RIO, 9 (ASAPRESS) — A imprensa vespertina publica com grande destaque a noticiário procedente dos Estados Unidos sobre a descoberta de um cientista brasileiro. Cesar Lattes, de São Paulo e anunciada agora, oficialmente nos Estados Unidos. Trata-se da produção de Méson, ligado a desintegração atômica e até então somente constatado no ralo cósmico. Cesar é um jovem cientista formado pela Universidade de São Paulo, contando 23 anos. É assistente de Física Nuclear da mesma Universidade, tendo se especializado em Física Superior na Inglaterra durante dois anos, no Laboratório de Física da Uni-

versidade de Bristol, em gozo de bolsa de estudos. Dali foi convidado a trabalhar na Califórnia com o prof. Lawrence e outros cientistas americanos, num grande ciclotron de 4 mil toneladas. Ali acaba de realizar sua sensacional descoberta referente a produção do Meson, até então somente constatado nos raios cósmicos. O "Meson" é o elemento intermediário entre o Próton e o Electron, tendo grande importância como componente nuclear. Esses dois elementos já haviam sido produzidos artificialmente mas o "Meson" só agora, e foi graças aos trabalhos do cientista bandeirante.

OBTEM UM JOVEM CIENTISTA BRASILEIRO

(Conclusão da última página).

350 e 200 vezes maior que a do electron, aos quais o cientista brasileiro, para distingui-los deu o nome de meson-pi e meson-mi. O primeiro, por sua vez, se desintegra em duas partículas menores, uma das quais é o meson-mi isto é, o meson já anteriormente conhecido e a outra, uma partícula neutra, de massa 130 vezes maior que a do electron.

Já era prevista a obtenção em laboratório de mesões, assim como a de

protons negativos, desde que fosse possível alcançar respectivamente o cicloton energia da ordem de 200 milhões a 5 bilhões de electro-volts, energia essa necessaria á elevação da massa de ordem e grandezza do electron até ás que caracterizam o meson e o proton, que são cerca de duzentos e duas mil vezes maiores.

O professor Lattes, tendo em vista os seus estudos anteriores e aproveitando a sua permanencia na Universidade da California, onde existe um gigantesco cicloton, aparelho necessario ás suas experiencias, proseguiu-as, tendo conseguido agora obter experimentalmente o meson.

QUEM É O JOVEM CIENTISTA

Os pais do cientista de 23 anos — Cesar Mansueto Julio Lattes — moram nesta capital, á rua Itapollá, 880 e pelas suas declarações á reportagem pudemos saber dos antecedentes do jovem fisico brasileiro, de cujos estudos até hoje nada se conhecia. Cesar Lattes é natural de Curitiba, Paraná, onde fez seus estudos primários, vindo em seguida para São Paulo a fim de proseguir-los, ingressando na Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, seção de Química, tendo se formado em 1943, com 19 anos de idade. Logo depois de formado obteve uma bolsa de estudos, seguindo para os Estados Unidos. Ali, nos laboratorios de fisica da Universidade de Bristol, com os físicos Occhialini e Powell começou a estudar afinadamente as Radiações Cósmicas pelo processo das chapas fotograficas. Em seguida, levou suas chapas para expô-las aos raios cósmicos á altura de 5.500 metros, no pico do Chacaltaya, nos Andes e no Lago Titicaca, na Bolívia. Com os resultados obtidos, realizou, com a assistência dos dois cientistas mencionados, trabalhos de maior investigação sobre a natureza do meson, trabalhos esses que publicou na revista "Nature". Convidado pelo prof. Ernest Lawrence, retornou aos Estados Unidos, proseguindo nos seus trabalhos que culminaram com a obtenção experimental do meson, agora divulgada com o maior entusiasmo pelo próprio Lawrence, o celebre inventor do cicloton.

A representação da Pan American Airways no Brasil

Em consequencia da recente transação pela qual brasileiros adquiriram á Pan American Airways o controle das ações da Panair do Brasil, o almirante Paulus P. Powell, que vinha há quase dois anos representado em nosso

Um cientista brasileiro assombra o mundo

As emoções do jovem Cesar Mansueto Giulio Lattes ao descobrir "mesons" produzidos pelo ciclotron — Encontra-se nos Estados Unidos cumprindo o programa de uma bolsa de estudos de um ano — Pretende voltar para o Brasil

BERKELEY (California), 11 (INS) — Nunca em sua vida o jovem e já agora genial cientista brasileiro Cesar Mansueto Giulio Lattes sentiu tão grande entusiasmo como na noite de 31 de fevereiro ultimo, numa colina situada nas imediações de Berkeley. Nessa noite, 9 dias depois de ter chegado do Brasil, em companhia do dr. Eugene Gardner — outro homem de ciencias, de 35 anos de idade — Cesar Lattes descobriu que o gigantesco ciclotron de 4.000 toneladas do Laboratorio de Radiologia da Universidade da California produzia mesons, particulas nucleares que antes só eram achadas nos raios cósmicos. O acontecimento divulgado após minuciosas indagações, assombrou o mundo científico e foi considerado a mais notável descoberta

em física nuclear, desde a desintegração atômica.

Um representante da I.N.S. teve agora oportunidade de ouvir o jovem sabio brasileiro, que iniciou seus primeiros estudos em Curitiba, na escola americana, e fez os secundarios no

Instituto Medio Dante Alighieri, de onde se passou mais tarde para a Universidade de São Paulo. Nossa primeira pergunta foi sobre as emoções que ele sentiu, quando fez a descoberta. Sua resposta foi esta:

(Continua na 2.a página).

ANEXO 4

CESAR LATTES E O MÉSON

Conforme discutimos e abordamos na última aula, a partícula responsável pela estabilidade do núcleo do átomo, foi chamada de méson pi (píon) que se transforma no múon e em outras partículas. A exemplo do que vimos com o campo eletromagnético, no qual os fótons são os mediadores, a idéia de que a força nuclear também tivesse um mediador foi formulada pelo físico japonês Hideki Yukawa (1935), no entanto, os limites quanto ao alcance das forças nucleares seriam diferentes para a força nuclear. Yukawa acreditava na existência de uma partícula mediadora da força nuclear, com massa entre a do elétron e a do próton ($m_{\text{proton}} = 1838.m_{\text{elétron}}$), porém, tal partícula só foi detectada dez anos após sua suposição.

Na busca por encontrar a partícula mediadora da força nuclear, o físico brasileiro César Lattes exerceu papel importante na detecção dessa partícula, tornando-se um dos atores principais no estudo dos constituintes nucleares do átomo.

Mas afinal quem é César Lattes? Como essa descoberta envolveu a participação do brasileiro? Qual foi a importância desse trabalho para o Brasil e para a física?

Cesar Lattes nasceu em Curitiba, Paraná, em 1924 e estudou no tradicional Colégio Dante Alighieri em São Paulo. Durante quase toda sua vida se dedicou à física experimental e a interpretações teóricas. Trabalhou com grandes e renomados cientistas estrangeiros e nacionais. Dentre seus trabalhos, dois se destaca tanto pela importância para a física de partículas quanto pela repercussão: sua participação na descoberta do méson, em 1947, por meio dos raios cósmicos (ganhador do prêmio Nobel em 1950) e pela detecção deste mesmo méson, em 1948, utilizando, desta vez, um acelerador de partícula construído em Berkeley nos EUA.

A partir da criação da USP em janeiro de 1934, período em que as pesquisas em física no Brasil ganharam maior impulso, foi criado o Departamento de Física (antiga Faculdade Nacional de Filosofia, Ciências e Letras). Seus primeiros professores foram trazidos da Europa com o intuito de implantar a pesquisa em física no país e lecionarem disciplinas nos cursos de física e engenharia. Um dos primeiros a vir para cá foi o professor ítalo-russo Gleb Wataghin (em 1934) que iniciou as pesquisas com física de partículas de altas energias por meio dos raios cósmicos. Estas pesquisas tinham a vantagem de não exigir grandes investimentos na montagem de laboratórios e os instrumentos eram construídos muitas vezes pelos próprios cientistas. Dessa forma, o grupo de cientistas trabalhavam nos mesmos problemas científicos e com métodos e meios semelhantes aos utilizados no exterior.

Em 1938, veio para cá o italiano Giuseppe Occhialini, grande físico experimental que também trabalhava na detecção de partículas. Ele iniciou seus trabalhos na USP tentando pôr em funcionamento uma câmara de Wilson de grandes dimensões⁵⁴. Aliás, esta câmara foi uma das principais responsáveis pela mudança de direção da carreira de Lattes, permitindo que trocasse a física teórica, na qual trabalhava com Wataghin e Mario Schenberg, pela física experimental nos raios cósmicos.

A descoberta em Bristol

Lattes estudava as partículas utilizando a câmara de Wilson. Occhialini, que já trabalhava com Cecil Powell (diretor do laboratório em Bristol) no processo de detecção de partículas, sabia do interesse de Lattes em estudar fora do país e também conhecia os trabalhos que Lattes desenvolvia aqui após sua partida para Bristol, pois ambos se correspondiam e trocavam fotografias tiradas em câmara de Wilson.

Ainda sob o clima do pós-2ª Guerra Mundial, Lattes foi então levado a Bristol, Inglaterra, por Occhialini. Em Bristol, o grupo trabalhava com filmes fotográficos comuns (os mesmos que eram utilizados para tirar fotografias, conforme abordamos em classe) para o estudo de reações nucleares que ocorrem quando partículas dos raios cósmicos atingem as placas fotográficas (chamadas de emulsões). No entanto, Occhialini logo percebeu a limitação destas placas fotográficas comuns e sugeriu a construção de placas no qual a densidade de prata (material que eram constituídas as emulsões) fosse superior à das placas usuais aumentando assim a sensibilidade para detecção de partículas. As placas utilizadas por Powell não mostravam nitidamente a trajetória das partículas. Logo Occhialini percebeu que com o aperfeiçoamento da emulsão haveria de aumentar bastante as possibilidades de descoberta de novas partículas nos raios cósmicos.

Um dos problemas dessas novas placas consistia no desaparecimento da imagem do rastro deixado pelas partículas após um longo tempo de exposição. Neste aspecto, um dos grandes problemas que Lattes ajudou a resolver foi exatamente o do desaparecimento das imagens deixadas pelas partículas quando se deixa passar algum tempo entre a exposição e a revelação (processo chamado de *fading*), aliás, este problema também podia ocorrer com a fotografia comum⁵⁵. Lattes foi um dos responsáveis por identificar um composto (tetraóxido de sódio - *bórax*) que, misturado às emulsões, era capaz de aumentar em muito tempo a retenção das imagens viabilizando assim as exposições de longa duração.

⁵⁴ Esta câmara era igual a que trabalhou na confirmação da existência do pósitron em 1933.

⁵⁵ Pessoas que deixavam o filme dentro das antigas câmaras fotográficas por muitos meses tinham a infeliz surpresa de encontrar apenas borrões nos negativos revelados. Dessa forma, o desaparecimento das imagens inviabilizava as exposições por longo tempo.

Lattes expôs, em 1947, nos Andes Bolivianos (Monte Chacaltaya a 5.500m de altitude), emulsões fotográficas verificando posteriormente a existência do méson π na radiação cósmica.

A descoberta em Berkeley

A detecção do méson π nos raios cósmicos não mostrou de forma conclusiva que essa partícula fosse nuclearmente ativa, ou seja, que ao incidir um feixe de partículas contra prótons e nêutrons em um alvo de carbono, por exemplo, eram criados e emitidos mésons por meio destas colisões. A partir dos estudos realizados a respeito da detecção e produção dos mésons, a demonstração experimental mostrou que essa partícula tinha forte interação com a matéria nuclear, entretanto, isso ocorreu somente um ano depois da descoberta na radiação cósmica, quando o americano E. Gardner e Lattes aceleraram partículas formando um feixe de 380 Mev (equivalente a cerca de 400 milhões de volts) através do ciclotron (acelerador de partículas - que ainda iremos abordar). Com essa energia, foi possível produzir o méson π , registrando suas trajetórias em emulsões nucleares colocadas no interior da máquina. Por mais de um ano, os físicos de Berkeley não haviam conseguido detectar os mésons, por desconhecimento do método apropriado de utilização das emulsões nucleares e porque procuravam uma partícula mais leve que os mésons, o muón.

Os mésons não existem normalmente no interior do núcleo (são tidos como partículas virtuais); eles são criados e emitidos durante colisões de projéteis externos com prótons e nêutrons existentes no núcleo. No momento de sua descoberta eles foram tidos como os únicos agentes das forças nucleares.

Cesar Lattes tinha apenas vinte e três anos quando participou dessa importante descoberta, ganhando grande notoriedade principalmente por causa do período pós-guerra, o que favoreceu sua difusão na sociedade. Sob o impacto da bomba atômica, a confirmação da previsão teórica dessa partícula significava maior compreensão das forças nucleares e possibilidades crescentes de retorno político-militar para os países promotores da ciência.

A descoberta do méson π por um brasileiro, fez destas duas descobertas um acontecimento da História do Brasil. Dessa forma, Lattes e o méson π , junto com o interesse brasileiro na produção de energia nuclear e a atmosfera do pós-guerra, se fundiram aos anseios de professores-pesquisadores brasileiros que queriam “fazer ciência” no Brasil. Diante de tudo isso, foi possível unir forças seja por meio das Faculdades, do mundo dos negócios, dos e da política brasileira que levaram a criação do CBPF (Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, em 1949), do CNPq (Conselho Nacional de Pesquisas, em 1951) e mais tarde, em 1967, da Unicamp, em torno do seu Instituto de Física, bem como de firmar acordos de

cooperação com o Japão. Lattes foi considerado pela opinião pública brasileira como um símbolo de esperanças coletivas, uma vez que a física, em meados do século passado, estava associada à idéia de progresso e se traduzia, nos países mais atrasados cientificamente, como aliada na luta contra o subdesenvolvimento.

Questões:

- 1) Descreva como você percebeu o incentivo, o interesse e a participação de Lattes no processo de detecção do méson.
- 2) De acordo com a abordagem em classe e do próprio texto, que fator(es) propiciou(aram) Lattes a participar do grupo de Bristol, na detecção do méson?
- 3) De acordo com o texto, qual foi o principal papel do físico brasileiro Cesar Lattes na detecção do méson? O que isso trouxe para a Ciência e para a física no Brasil?

Questões intermediárias:

- 1) Você provavelmente nunca tinha ouvido falar em algum trabalho de um físico brasileiro, principalmente nos livros. Por que acha que isso acontece? Justifique sua resposta!
- 2) Qual(is) os pontos do texto que mais te interessou? Gostaria de conhecer mais a respeito de algum assunto específico do texto?

ANEXO 5

Raios Cósmicos e a física no Brasil

Por três quartos de século, os físicos pesquisadores de raios cósmicos em todo o mundo, na tentativa de entender essas rapidíssimas e energéticas partículas que chegam na Terra a todo o momento, realizaram grandes esforços: escalaram montanhas, mergulharam no fundo do mar, em profundas minas, em longos túneis, subiram em balões de ar quente e percorreram diversos cantos do planeta.

Os raios cósmicos, como vimos, são essencialmente partículas rapidíssimas, corpúsculos eletricamente carregados, íons de átomos variados que provêm do espaço exterior e penetram constantemente na atmosfera terrestre, de todos os lados. A cada segundo, cerca de 200 dessas partículas com energias de alguns milhões de eletrôn-volts (10^6 eV) atingem cada metro quadrado de nosso planeta. Existe um número enorme desses raios cósmicos de baixa energia, mas os de maior energia são em número muito menor. Acima de 10^{18} eV, chega apenas uma partícula por semana em uma área de 1 Km^2 . Acima de 10^{20} eV, esse número cai para uma partícula por Km^2 por século! Quanto maior a energia deles, de mais longe eles vêm, mais espaço eles atravessaram e, portanto, mais informações eles têm a dar aos cientistas. Para encontrar e medir essas partículas, os físicos de raios cósmicos precisam esperar séculos ou então construir gigantescos detectores.

Os raios cósmicos viajam pelo espaço praticamente com a velocidade da luz, isso significa que eles têm uma enorme energia. Alguns deles, de fato, são as partículas mais energéticas e jamais observadas na natureza. Os de maior energia são uma centena de milhões de vezes mais energéticos do qualquer outra partícula jamais produzida nos maiores aceleradores de partículas do mundo. Os de menor energia provêm do sol e de nossa própria galáxia, a Via Láctea. Muito provavelmente os raios cósmicos se originaram de explosões de estrelas, as Supernovas. Eles adquirem energia por meio de campos magnéticos em movimento de galáxias longínquas, que se encontram em seu caminho pelo Universo.

A maior parte das partículas da radiação cósmica é ou núcleos de átomos ou elétrons. Com relação aos núcleos, a maioria é de núcleos de hidrogênio (prótons), mas existem também alguns mais pesados, chegando até aos núcleos de átomos de chumbo.

A radiação cósmica pode ser considerada um feixe de partículas de energia muito alta (com enorme velocidade) que é utilizada pelos físicos para duas finalidades: estudar o universo das chamadas partículas elementares (o microcosmo) e para obter informações sobre o Universo onde estamos (o macrocosmo). No primeiro caso, esse feixe de partículas de velocidade muito alta é lançado sobre uma outra partícula, *quebrando-a* e permitindo que os físicos, estudando os “cacos que sobraram”, obtenham informações sobre a natureza das partículas. No segundo caso, através da análise de onde vem esse feixe e de qual é sua composição, pode-se tentar extrair deles as informações que contêm sobre o local onde foi produzido, sobre os mecanismos físicos responsáveis por sua produção. Pode-se ainda tentar decodificar as informações que trazem sobre o espaço interestelar que atravessou, sobre os fenômenos que ele “viu” durante sua longa trajetória percorrida até chegar à Terra.

A radiação cósmica é, portanto, uma poderosa ferramenta para se “penetrar” no interior dos constituintes últimos da matéria. É uma espécie de sonda de que dispomos para tentar desvendar alguns dos mistérios do Universo.

Como vimos, as pesquisas em física no Brasil tiveram uma grande projeção internacional, em grande parte, devido ao fato de elas se concentrarem nos estudos sobre os raios cósmicos, assunto de vanguarda na época e que não exigiam grande volume de recursos financeiros. Hoje o Brasil possui uma tradição no estudo dos raios cósmicos e em outras áreas da física com importantes núcleos de pesquisa em universidades e centros, como o Laboratório Nacional de Luz Síncrotron de Campinas, único com esse tipo de equipamento no hemisfério sul utilizado para analisar os átomos e as moléculas.

Dispositivos de detecção de partículas

Vários são os dispositivos capazes de detectar e estudar as características específicas das partículas. Veremos alguns destes importantes dispositivos de detecção e a contribuição do físico brasileiro Cesar Lattes nesses estudos.

1) Câmara de Wilson

A câmara de Wilson foi um dos primeiros dispositivos utilizados para o estudo das partículas por físicos no Brasil e também utilizados por C. Lattes nos seus primeiros trabalhos experimentais.

Conforme buscamos mostrar na simulação, uma câmara de Wilson consiste, basicamente, de um tanque contendo um líquido superaquecido, isto é, um líquido próximo de seu ponto de ebulição, mas que ainda não começou a ferver. As primeiras bolhas se formam quando uma partícula carregada e veloz passa através da câmara produzindo uma fila de íons ao longo do trajeto. Isso possibilita com que as bolhas cresçam quando o líquido entra em ebulição. A trajetória da partícula é vista fotografando esta fila de bolhas antes que desapareçam do local (que dura cerca de 1 milésimo de segundo) onde se formaram (análogo ao rastro deixado por um avião em alta velocidade).

Geralmente utiliza-se Hidrogênio como líquido, cujas partículas funcionam como alvo das interações com as partículas incidentes e que serão estudadas. Como o hidrogênio possui apenas 1 próton, a colisão entre 2 corpos são mais simples de serem estudadas. Por exemplo, se necessitar de estudar colisões com nêutrons funcionando como alvo, então é preferível encher a câmara com deutério que possui 1 próton e 1 nêutron no núcleo.

A figura a seguir mostra uma fotografia tirada de uma câmara de Wilson. Ela mostra uma cascata eletromagnética desenvolvendo-se em placas de chumbo. A intensidade da radiação cósmica (secundária), progredindo na atmosfera na direção vertical é muito fraca nas altitudes elevadas. Próximo ao topo da atmosfera terrestre, cresce até atingir um máximo e a aproximadamente 17 Km de altitude, diminui progressivamente em direção ao nível do mar, onde, entretanto, não se anula. Isso significa que as partículas (primárias) ao penetrarem na atmosfera dão início a um processo pelo qual novas partículas são incorporadas progressivamente ao fluxo incidente até constituírem uma população máxima, em seguida progressivamente absorvida. Esse processo é conhecido como cascata eletromagnética ou chuveiro.

ANEXO 6

*** Continuação da aula anterior:**

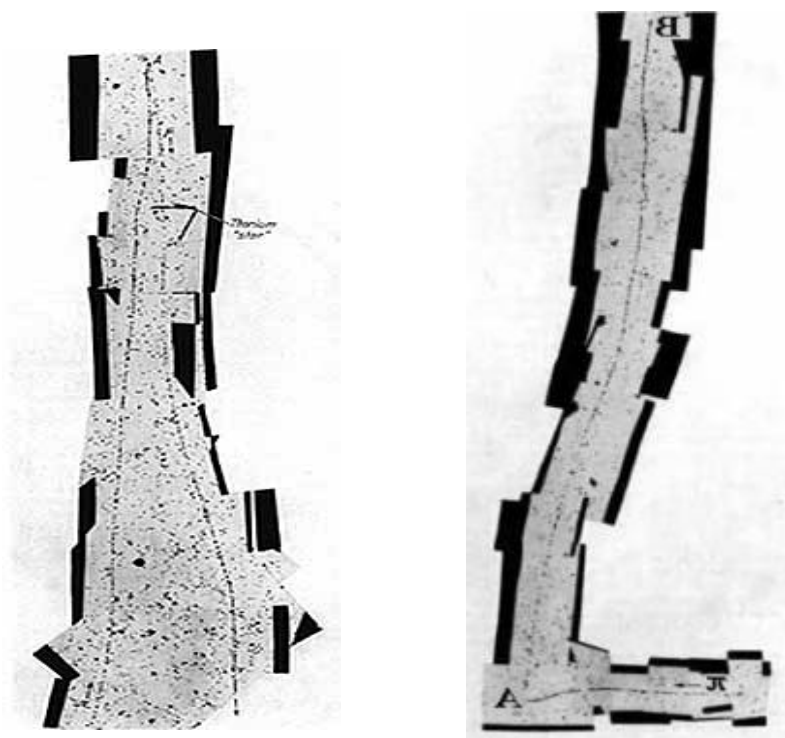
2- Método fotográfico (emulsões nucleares)

Ao contrário da câmara de Wilson que era de uso delicado e envolvia a tomada de centenas de milhares de fotografias até que algum evento de interesse aparecesse, a emulsão fotográfica comum é um instrumento de registro contínuo, podendo, em princípio, guardar nas imagens latentes (imagens registradas num filme fotográfico antes de ser revelado), todos os eventos que a sensibilizaram a partir do momento em que é exposta à radiação. O problema era tornar um filme fotográfico comum sensível à trajetória de uma partícula. Para isso era necessário aumentar em várias vezes a quantidade de sais de prata nele contido, pois é a precipitação da prata metálica induzida pela luz, por exemplo, que torna visível a imagem dos objetos fotografados. Esse problema foi sendo progressivamente resolvido até que em 1946 os físicos já dispunham de um novo instrumento sensível aos traços de partículas carregadas: as emulsões nucleares. Como na fotografia comum, as imagens latentes deixadas pelas partículas na emulsão são reveladas, em seguida fixadas, lavadas e secas para depois serem levadas à observação (em microscópios).

Além do registro contínuo, as emulsões apresentam sobre as câmaras de Wilson, a vantagem de serem muito mais leves e portáteis, podendo ser levadas sem dificuldades em vôos de balão ou transportadas até estações em montanhas elevadas. Já as emulsões têm a desvantagem de requerer um microscópio para as observações tornando-as cansativas e lentas.

O grupo de Bristol, do qual fez parte César Lattes, deu grandes contribuições para o desenvolvimento das emulsões nucleares a ponto de torná-las úteis não apenas para registrar a passagem das partículas, mas também para identificá-las, permitindo, por exemplo, a determinação de sua carga elétrica, de sua energia cinética e da massa. Um dos grandes problemas que o trabalho de Lattes ajudou a resolver foi o do desaparecimento das imagens deixadas pelas partículas quando se deixa passar um tempo muito grande entre a exposição e a revelação. O desaparecimento das imagens praticamente inviabilizava as exposições por longo tempo. A “sacada” de Lattes foi em identificar um composto (bórax), que misturado às emulsões era capaz de alongar em muito tempo a retenção das imagens e assim viabilizar as exposições de longa duração.

Os eventos selecionados na figura adiante (descobertos pelo grupo em que trabalhou Lattes), tratavam de uma nova partícula, pois esses eventos não poderiam ser atribuídos a qualquer radiação conhecida na época. Por exemplo, não podiam ser prótons, pois estes são partículas estáveis (não se desintegram e viram outras partículas), não poderiam ser raios X ou raios gama que tampouco deixam qualquer trajetória marcada e sim pontos isolados sem conexão geométrica entre eles. Não poderiam ser também mésons, pois o produto ionizante de sua desintegração já tinha sido identificado como o elétron, além das emulsões não serem sensíveis a essas partículas. Assim, as novas partículas foram batizadas como méson- π e méson- μ .



Os aceleradores de partículas

Um acelerador de partículas é um aparelho que produz essencialmente “feixes” de átomos, elétrons, moléculas ou algumas partículas como mésons, pósitrons, etc, com velocidades altas (geralmente um milésimo da velocidade da luz). Para que sejam atingidas essas velocidades, as partículas sofrem ação de forças eletromagnéticas, com arranjos que diferem bastante entre os vários tipos de aceleradores existentes. Basicamente o acelerador “pega” uma partícula, aumenta sua velocidade usando campos eletromagnéticos e atira contra um alvo.

Mas porque alguém aceleraria partículas criando grandes e caros aceleradores? A primeira razão é que uma das formas de conhecer melhor as características das partículas é fazendo-a colidir com outras partículas (átomos, fótons, elétrons, etc) ou com sólidos em altas velocidades. A segunda razão é que podemos usar essas colisões para conhecer melhor os “alvos” onde ocorrem tais colisões, possibilitando obter a composição química desses objetos. Há ainda várias aplicações tecnológicas. Por exemplo: a microeletrônica não existiria sem os aceleradores, uma vez que neste processo os aceleradores “inserem” átomos, geralmente de boro e fósforo, dentro de um cristal de silício⁵⁶. Não apenas a complexidade dessas máquinas aumentam com a energia (onde cada vez mais se buscam construir aceleradores com energias maiores), em cada faixa se estudam fenômenos distintos, cuja relevância vai da compreensão de nossa atmosfera até a origem do universo. As máquinas que trabalham na região de 1 Tev como o CERN na Europa e o Fermilab nos EUA, tem como subprodutos aplicações tecnológicas em mecânica fina, novos materiais, eletrônica, supercondutividade, dentre outras. Essas são uma das principais causas de seus orçamentos anuais serem de centenas de milhões de dólares.

⁵⁶ antes dos aceleradores começarem a ser empregados nos anos 60 eram fabricados válvulas, transistores e diodo – mas sem os aceleradores os tamanhos de qualquer circuito eletrônico seriam milhões de vezes maiores do que hoje.

Com relação aos tipos de aceleradores, todos são lineares ou circulares; a diferença básica consiste na maneira como as partículas são disparadas: se como balas de revólver (acelerador linear) ou como partículas que giram rapidamente em círculos, recebendo uma série de pequenos impulsos a cada volta (acelerador circular). Ambos aceleram partículas empurrando-as com uma onda de campo elétrico. Existem muitas maneiras de se projetar um acelerador, cada uma com suas vantagens e desvantagens. Os aceleradores podem ser utilizados para realizar dois tipos de colisão:



Alvo Fixo: Atira as partículas num alvo fixo.



Feixes de Colisão: Dois feixes de partículas são produzidos para se cruzarem.

A vantagem de um acelerador circular sobre um linear é que as partículas nos aceleradores circulares (síncrotrons) dão muitas voltas, recebendo múltiplos impulsos a cada volta. Portanto, os síncrotrons podem fornecer partículas de alta energia sem ter um enorme comprimento. Além disso, o fato das partículas darem muitas voltas significa que há muitas chances de ocorrer colisão nos lugares onde os feixes de partículas se cruzam. Por outro lado, os aceleradores lineares são mais fáceis de se construir do que os aceleradores circulares, pois não precisam dos enormes ímãs, necessários para forçar as partículas a se moverem em círculos. Os aceleradores circulares também necessitam de um enorme raio para obterem partículas de energias suficientemente altas e, também por isso, tornam sua construção cara.

Lattes e E. Gardner (americano), produziram artificialmente o méson pi usando um acelerador circular (sincrociclotron) em Berkeley (EUA). Eles aceleraram partículas com 380 MeV de energia que colidiam contra um alvo de carbono. Assim, foi possível mostrar que o méson pi, emitido nas colisões entre partículas alfa e os prótons e nêutrons contidos no carbono, interagem fortemente com a matéria nuclear, sendo criado e emitido por ela nessas colisões. O méson pi não existe normalmente no interior do núcleo, são criados e emitidos apenas durante colisões externas com prótons e nêutrons dos núcleos.

Atividade em grupo: 😊

- 1) Elabore até 3 questões com o grupo a respeito de algum ponto do assunto tratado na aula ou no próprio texto que mais te chamou a atenção e responda (faça uma pesquisa, se der tempo!). A seguir, troque as perguntas com outro grupo sem fornecer suas respostas e responda pelos menos uma das questões elaboradas por eles.
- 2) Como você percebeu o vínculo entre a participação de Lattes na descoberta do méson pi e o ideal de desenvolver a física no Brasil, principalmente na área de energia atômica?
- 3) Por que acredita que o trabalho de Lattes nos aceleradores ganhou maior repercussão nacional? Que fatores sociais você acredita que contribuíram para isso?

4) Que outros fatores sociais contribuíram para que Lattes obtivesse sucesso em seu trabalho na detecção do méson π ?

Questões intermediárias:

- 1) Um par de prótons de um núcleo atômico se repele, mas também se atraem. Explique isso.
- 2) É razoável pensar que em um intervalo de tempo muito pequeno existam somente prótons ou somente nêutrons dentro do núcleo? Explique sua resposta.

FÍSICOS BRASILEIROS E SEUS TRABALHOS

José Leite Lopes



O pernambucano José Leite Lopes, que também trabalhou com física de partículas, é um dos físicos brasileiros mais conhecidos no exterior. Isso se deve principalmente ao seu conjunto de trabalhos importantes na área de Física teórica. Bacharel em Física (Rio de Janeiro, 1942), Leite Lopes iniciou seu doutoramento em Princeton (EUA), sob orientação de W. Pauli (Prêmio Nobel de Física). Ali teve oportunidade de assistir cursos ministrados por grandes nomes da Física internacional, como por exemplo, Albert Einstein.

José Leite Lopes não se destacou apenas no campo da física teórica. A mesma disposição que teve para desenvolver seus estudos pioneiros ele empregou no avanço da ciência no Brasil e na América Latina, como mostrou seu empenho ao criar e dirigir o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF).

Leite Lopes aproveitou o momento de destaque do físico Cesar Lattes, que havia trabalhado na detecção do méson- π em Bristol, na Inglaterra, para propor sua vinda para o Rio de Janeiro. "Em São Paulo já havia uma boa estrutura, coordenada por Gleb Wataghin e Mario Schenberg, duas pessoas que me ensinaram muito sobre física teórica", explica. Assim, sugeriu a criação da cátedra de física nuclear na Faculdade Nacional de Filosofia para que fosse ocupada por Lattes.

As maiores contribuições de José Leite Lopes para a física teórica foram a previsão da existência do bóson Z_0 , partícula mediadora neutra presente em uma das quatro 'forças' fundamentais e a unificação de duas dessas interações (as forças eletromagnética e nuclear fraca). A ocorrência do bóson Z_0 e a unificação da força eletrofraca foram reconhecidas cerca de vinte anos depois.

Já eram conhecidos partículas vetoriais carregadas que induziam as interações fracas: os bósons positivos (w^+) e negativos (w^-). "Perguntei-me se não haveria também uma partícula intermediária, neutra", explica Leite Lopes. "Propus a existência dessa partícula e postulei que a interação elétron-nêutron só poderia ser feita por meio dela." Após propor a existência da partícula, relatou sua descoberta em artigo na revista Nuclear Physics em 1958. O trabalho, porém, não teve a devida aceitação na época e a partícula só foi reconhecida em 1967.

A descoberta de Leite Lopes serviu como ponto de partida para o trabalho de Abdus Salam, Steve Weinberg e Sheldon Glashow, premiados com o Nobel em 1979 pela "teoria de unificação das interações fracas e eletromagnéticas entre partículas elementares e predição da partícula neutra das interações fracas". "Salam leu meu artigo, desenvolveu a idéia e ganhou o prêmio sem sequer citar meu nome", conta o brasileiro. "Já o Weinberg citou meu trabalho no discurso de agradecimento." Para Jayme Tiomno os colegas não agiram de má fé. "Eles fizeram trabalhos parecidos sob pontos de vista diferentes", afirma. "Mas é provável que tenham lido o artigo de Leite Lopes."

Leite Lopes é também um atento observador do desenvolvimento da ciência no País, em seu empenho pela divulgação da ciência realizou, na década de 90, no Rio de Janeiro, uma série de palestras em escolas de ensino médio, explicando os fundamentos da Física de forma acessível e estimulando os jovens a se interessarem pelas ciências.

Mario Schenberg



Mario Schenberg é também um dos ricos personagens da história da ciência no Brasil: foi físico e crítico de arte, onde era reconhecido pelo público e pelos artistas. Só não seguiu paralelamente a carreira política porque, nas duas vezes que foi eleito deputado estadual pelo partido comunista, teve seu mandato cassado. Além de se dedicar à física, tirava fotos, preparava catálogos e estudava ciência oriental. Durante a ditadura, recusou-se a sair do país, pois acreditava que esse era seu dever cívico.

Na física, Schenberg se destacou como poucos. Conviveu com os colegas José Leite Lopes e Cesar Lattes e foi discípulo de Gleb Wataghin. Trabalhou com mecânica quântica, termodinâmica e astrofísica. O físico conjugou uma carreira brilhante no qual a intuição era tida como uma das principais armas da ciência. Schenberg dizia que o homem da ciência precisava estar aberto ao desconhecido. "Eu não me guio muito pelo raciocínio", disse em entrevista a Ciência Hoje em 1984. "É a intuição que mostra a solução dos problemas."

Mario Schenberg nasceu em 1914, em Recife. Seu interesse pela ciência teria início 13 anos mais tarde, quando estudou física e geometria pela primeira vez. O jovem se encantou com a descoberta de que o funcionamento da natureza seguia leis matemáticas, e de que as formas podiam ser vistas como estruturas lógicas e convertidas em números. O pernambucano viria a acreditar mais tarde que toda a física era também geometria. Decidido a trabalhar nessa área, Schenberg ingressou na Faculdade de Engenharia do Recife, e depois se transferiu para São Paulo. Lá, cursou também o recém-criado curso de matemática da Faculdade de Filosofia e se formou nos dois cursos. Logo, foi contratado para trabalhar como assistente de Wataghin.

Em 1938, Schenberg fez sua primeira viagem profissional ao exterior. Foi em uma de suas viagens ao exterior que Schenberg chegou a uma das principais descobertas de sua carreira: a do processo Urca, que permitiu entender o colapso de estrelas supernovas. Isso ocorreu em 1940, quando o brasileiro estava nos Estados Unidos a convite do astrofísico russo George Gamow. O brasileiro observou que os cálculos de Gamow não levavam em conta a existência de neutrinos: a emissão dessas partículas esfriava o centro da estrela e diminuía sua pressão interna, impedindo que ela sustentasse o peso de suas camadas externas e provocando o colapso.

Gamow associou a velocidade com que a energia sumia no centro da supernova ao ritmo com que o dinheiro desaparecia na roleta do cassino da Urca, no Rio de Janeiro, onde fora levado por Schenberg. A descoberta estava batizada: "processo Urca". Os astrofísicos, que não conheciam a história, logo arranjaram uma definição hipotética para o nome do efeito: Ultra Rapid Catastrophe, ou catástrofe ultra-rápida.

De 1944 a 1948, o físico trabalhou na Universidade de São Paulo (USP) dando aulas e fazendo pesquisa sobre eletromagnetismo, até que voltou à Europa para um congresso de intelectuais pela paz. De lá, seguiu para a Universidade de Bruxelas, onde realizou trabalhos que seriam mais tarde aproveitados em diversos ramos da físico-química. O cientista só regressaria ao Brasil em 1953.

Iniciou-se então um novo período na vida de Schenberg: no ano de sua volta, ele foi eleito para a diretoria do Departamento de Física da USP, que exerceria até 1961. Em sua gestão, fundou o laboratório de física do estado sólido, e enfrentou a oposição de colegas à novidade que queria trazer para a USP: um computador. O físico convenceu o reitor e a universidade a comprar o seu primeiro computador IBM.

Dentre os físicos contemporâneos, podemos destacar:

Cid Bartolomeu de Araújo



Pela primeira vez um brasileiro recebeu o prêmio Galileu Galilei, promovido pela Comissão Internacional de Óptica desde 1993. O físico Cid Bartolomeu de Araújo, professor da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) foi condecorado pelo conjunto de seus estudos na área de óptica não-linear – ele pesquisa o comportamento da matéria quando submetida a feixes de luz de alta intensidade (lasers).

O prêmio é concedido uma vez por ano a um pesquisador da área de óptica em reconhecimento a "contribuições científicas excepcionais produzidas sob circunstâncias comparativamente desfavoráveis". "Isso se refere a dificuldades econômicas ou sociais que prejudicam o acesso a fontes de informação e a facilidades tecnológicas, se compararmos nossas condições no Nordeste do Brasil, uma das regiões mais pobres do planeta, com a de países desenvolvidos".

O pesquisador também foi premiado por ter estudado vários processos de chaveamento óptico. "Descobrimos que alguns compostos químicos podem mudar o estado da luz em velocidades muito grandes", afirma. "Isso pode permitir aumentar a velocidade com que poderão funcionar as chaves dentro de um computador óptico, por exemplo, o que resultará na produção de máquinas com processamento super rápidos." Cid esclarece ainda que esse fenômeno pode fazer com que mensagens sejam produzidas na forma de pulsos bem curtos, o que faria com que mais informações sejam processadas em menos tempo.

O físico destaca o fato de estudos em óptica não-linear apresentarem geralmente resultados práticos visíveis em curto prazo. "Nossos trabalhos visam o entendimento de fenômenos que se manifestam na natureza. Trata-se de pesquisa científica, e não tecnológica. No entanto, é ótimo ver o trabalho reconhecido e rapidamente aplicado quando possível."

O físico ressalta ainda que o prêmio é importante para a valorização de pesquisas brasileiras. "A divulgação mais ampla da pesquisa poderá atrair mais jovens para a ciência e contribuir para o aumento da nossa ainda pequena comunidade científica."

Constantino Tsallis



O pesquisador titular do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Constantino Tsallis, foi anunciado o ganhador do Prêmio México de Ciência e Tecnologia de 2003. A honraria é concedida todos os anos a profissionais que tenham contribuído para o desenvolvimento do conhecimento científico universal. Desde que a premiação foi instituída, em 1990, apenas três físicos foram contemplados. Todos são brasileiros e pertencem ao quadro de pesquisadores do

CBPF. Além de Tsallis, também ganharam Juan Jose Giambiagi e José Leite Lopes. O trabalho escolhido para a premiação pelos mexicanos é desenvolvido por Tsallis desde 1998. O brasileiro inventou uma nova equação matemática para calcular casos complexos de entropia, função que mede a desordem de um sistema.

C. Tsallis, que é grego naturalizado brasileiro, é merecedor do Nobel pelo trabalho que desenvolve desde 1988. Nesse ano, o pesquisador mexeu com um dos pilares da física ao propor uma nova expressão matemática para calcular casos complexos de entropia na mecânica estatística.

Esse ramo da física permite explicar melhor, por exemplo, como a energia mecânica de uma queda d'água transforma-se em energia elétrica ou como uma locomotiva consegue se mover graças à energia gerada pela queima de carvão. A mecânica estatística estabelece relações entre o comportamento termodinâmico macroscópico de um sistema e sua estrutura microscópica.

Já a entropia é um conceito ligado à desordem microscópica de um sistema: quanto mais desordenado for ele, maior será sua entropia. Ela existe porque as transformações de um tipo de energia em outro são irreversíveis: por exemplo, o movimento gerado pela energia elétrica de uma furadeira pode aquecer uma parede que está sendo perfurada, mas ao se resfriar, a parede não irá causar movimento na furadeira. "Isso acontece porque é fácil 'agitar' as moléculas de um sistema (calor), mas é muito difícil ordená-las novamente", explica Tsallis.

C. Tsallis chefiou departamentos no CBPF, publicou mais de 300 trabalhos, proferiu mais de 700 conferências em eventos e instituições de cerca de 35 países e ministrou cursos regulares de graduação e pós-graduação no Brasil, França, Argentina e EUA.

É membro da Academia Brasileira de Ciências e recebeu o título de cidadão honorário do Estado do Rio de Janeiro, o Prêmio Cidade do Rio de Janeiro de Ciência e Tecnologia e o prêmio Citation Classic, do Institute for Science Information, pela publicação em física de autores brasileiros mais citados mundialmente na década de 90.

Entre os vários livros que escreveu ou editou está *Nonextensive Entropy-Interdisciplinary Applications* (Oxford University Press), com o ganhador do Prêmio Nobel de Física em 1969, Murray Gell-Mann.

Questões:

- 1) Em sua opinião, qual a importância dos trabalhos em física teórica realizados pelos físicos brasileiros?
- 2) Qual dos trabalhos realizados pelos 4 físicos mais te chamaram a atenção? Por que?
- 3) Caso o curso continuasse, teria interesse em estudar ou conhecer um pouco mais a respeito dos trabalhos realizados por alguns dos 4 físicos? Justifique!
- 4) De alguma forma, conhecer um pouco mais a respeito da física no Brasil e ter uma idéia bem geral da qualidade dos trabalhos realizados por alguns dos físicos brasileiros mudou sua percepção da ciência desenvolvida no Brasil? Por quê? De que forma?

ANEXO 8

Questionário Final

Aluno(a): _____

Turma: _____

1) Você tinha conhecimento de algum cientista brasileiro com projeção internacional antes do curso?

() Sim

() Não

Em caso positivo cite: _____

2) Você já ouviu falar, seja durante as aulas de Física (antes do curso) ou em livros usados na escola ou mesmo em revista(s), a respeito de algum físico brasileiro?

() Sim

() Não

Em caso positivo, qual(is): _____

3) Qual(is) o(s) assunto que mais te surpreendeu(ram) nesse curso?

4) Suponha que quisesse continuar esse curso, o que gostaria de vir a saber mais:

() A partícula méson pi no qual o brasileiro Cesar Lattes participou da descoberta.

() A vida e obra de Cesar Lattes.

() Trabalhos recentes de físicos brasileiros.

() Outras partículas discutidas durante o curso.

() Detecção de partículas.

() Outros. Qual(is): _____

5) Qual(is) parte(s) do curso mais gostou ?

6) Qual(is) parte(s) do curso menos gostou ?

7) Independente do conhecimento que adquiriu nesse curso, acha que de alguma forma, sua visão a respeito da Física e da ciência em geral modificou-se:

() muitíssimo () muito () um pouco () pouquíssimo

Explique sua escolha!

8) Ter estudado que Cesar Lattes foi um cientista brasileiro que deu importantes contribuições nas pesquisas sobre as partículas elementares, aumentou teu interesse pela Física?

() muitíssimo () muito () um pouco () pouquíssimo

Espaço para comentários gerais:

ANEXO 9

PROTOCOLO DE ENTREVISTAS

1º BLOCO: Ciências em geral

- 1) Você gosta de ciências ?
- 2) Que matérias mais gosta de estudar na escola? Por que? Explique.
Se citar alguma de ciência – questão 4
- 3) Por que acha que gosta mais destas [que citou] do que alguma outra de ciências ?
- 4) Sabe ou conhece alguma coisa a respeito de ciências? Se lembra de alguma notícia de ciência mais recente que tenha ouvido falar ou visto na TV ou mesmo lido?
- 5) Gosta de ler revista(s) ou notícias científicas?
- 6) Se interessa por alguma área mais específica da ciência? Qual(is)? Por que?
(Em caso positivo) Existe algum motivo especial por gostar mais desta?

2º BLOCO: Cientistas e físicos brasileiros

- 7) Você conhece ou se recorda de algum nome de cientista famoso ? Qual(is)?
(Em caso positivo) Onde ouviu dizer a respeito? De onde conhece?
- 8) E cientistas brasileiros, conhecia ou se lembrava de algum antes do curso?
Em caso positivo) O que sabe sobre ele(s)? Onde ouviu dizer?/Como conheceu?
- 9) (Para os alunos que responderam no questionário) Uma das questões que havia respondido no questionário foi que gostaria de saber mais, caso o curso continuasse, a respeito de trabalhos mais recentes de físicos brasileiros. Por que ? Explique melhor!
- 10) Acha que a mídia e os livros em geral divulgam pouco o trabalho de cientistas brasileiros? (Em caso positivo) Por que isso acontece?
(Em caso negativo) Como você fica informado a respeito dos trabalhos de cientistas brasileiros?

3º BLOCO: Mídia, divulgação e produção da ciência

- 11) (caso tenha mencionado!) Os cientistas que mencionou há pouco são quase todos estrangeiros. Acha que tem mais cientistas estrangeiros do que brasileiros? Por que tem menos (ou mais)? Explique!
- 12) O que acha necessário para um país ter condições de fazer uma “boa” ciência?
- 13) Que país(es) no mundo acha que mais produz(em) pesquisa(s) em ciências? Por que?
- (se citar o Brasil) Por que acha que o Brasil produz muitas pesquisas em ciências? Conhece alguma? O que já ouviu a respeito? Explique!
- 14) (se não citar o Brasil) Acha que o Brasil faz ciência de qualidade? Se sim – questão 15 se não – questão 16.
- 15) Acha que as pesquisas em ciências realizadas no Brasil é respeitada internacionalmente? Por que?
- 16) Que condições acha que falta para o Brasil produzir ciência de qualidade? Explique!

4º BLOCO: Física no Brasil e o curso

- 17) Antes desse curso, como você imaginava ou percebia a Física produzida e desenvolvida pelo Brasil?
- 18) Após conhecer parte dos trabalhos de César Lattes e de alguns outros físicos brasileiros durante o curso, aumentou teu interesse e motivação pela Física? Por que ? Explique!
- 19) Na sua opinião, que assunto(s) mais te agradou(ram) nesse curso? Qual(is) assunto(s) te interessou(ram) mais? Por que?
- 20) Tem algum outro aspecto do curso que gostaria de comentar? Tem algum outro comentário que queira dizer?

ANEXO 10

TABELA XIII – O QUE MAIS CHAMOU A ATENÇÃO DOS ALUNOS NAS EXPOSIÇÕES

Item	Assunto	Nº respostas
01	A descoberta do méson pi por um brasileiro	59
02	Os grandes aceleradores de partículas	30
03	Papel do méson pi na interação entre nêutrons e prótons	29
04	Radiação cósmica	23
05	O méson pi	22
06	A bomba atômica	20
07	O uso de balões para medições na atmosfera	16
08	Chuveiros penetrantes	15
09	Partícula alfa	13
10	As cascatas em raios cósmicos	5
11	A história do raio X	5
12	Reator nuclear	5
13	Descoberta dos raios cósmicos	5
14	As descobertas e atividades da física nuclear	4
15	Os raios cósmicos	4
16	Modelo atômico	4
	TOTAL DE RESPOSTAS	259

(p.111)