



unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA
FACULDADE DE CIÊNCIAS E LETRAS**

VITÉRICO JABUR MALUF

**A CONTRIBUIÇÃO DA EPISTEMOLOGIA DE GASTON
BACHELARD PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS:
uma razão aberta para a formação do novo espírito científico
*O exemplo na Astronomia***

**São Paulo
2006**

VITÉRICO JABUR MALUF

**A CONTRIBUIÇÃO DA EPISTEMOLOGIA DE GASTON
BACHELARD PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS:
uma razão aberta para a formação do novo espírito científico
*O exemplo na Astronomia***

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar, da Faculdade de Ciências e Letras da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Araraquara, para a obtenção do título de Doutor em Educação, na linha de pesquisa Trabalho Educativo, área de concentração Epistemologia do Trabalho Educativo.

Orientadora: Professora Dr.^a

Vera Teresa Valdemarim

Araraquara-São Paulo

2006

Maluf, Vitérico Jabur

A contribuição da epistemologia de Gaston Bachelard para o ensino de ciências: uma razão aberta para a formação do novo espírito científico: o exemplo na astronomia / Vitérico Jabur

Maluf - 2006

165 f.; 30 cm

Tese (Doutorado em Educação Escolar) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Letras, Campus de Araraquara.

Orientador: Vera Teresa Valdemarim

1. Educação. 2. Ensino de Ciências. 3. Bachelard, Gaston, 1884-1962 – Epistemologia. I. Título

VITÉRICO JABUR MALUF

A CONTRIBUIÇÃO DA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS: uma razão aberta para a formação do novo espírito científico *O exemplo na Astronomia*

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Escolar, da Faculdade de Ciências e Letras da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Araraquara, para a obtenção do título de Doutor em Educação, na linha de pesquisa Trabalho Educativo, área de concentração Epistemologia do Trabalho Educativo.

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente e Orientador: Professora Dr.^a VERA TERESA VALDEMARIM
Docente do departamento de Pedagogia da UNESP – Campus de Araraquara/SP.

2º Examinador: Professor Dr. ROBERTO NARDI
Docente do departamento de Física da UNESP – Campus de Bauru/SP.

3º Examinador: Professor Dr. MAURO CARLOS ROMANATTO
Docente do departamento de Pedagogia da UNESP – Campus de Araraquara/SP.

4º Examinador: Professor Dr. SÉRGIO ROBERTO DE PAULA
Docente do Departamento de Física da UFMT

5º Examinador: Professora Dr.^a Alice Helena Campos Pierson

Araraquara/SP, de de 2006.

DEDICATÓRIA

Qualquer processo de formação tem como implicação a solidão, sem a qual não é possível dedicarmos ao abandono de nossas concepções prévias. Esse momento de solidão para a busca do conhecimento, somente foi possível ao entender que minha casa (família) é um corpo de imagens que me oferece razões e ilusões de estabilidade. Não existem outras razões ou ilusões de ser que não se faça com a presença de minha esposa e meus filhos, pois é precisamente na ausência que a proximidade é maior. Este trabalho dedico a Marcilene, Sarah, Nágila, Matheus e Vinícius, vocês são os devaneios que não busquei em Bachelard.

AGRADECIMENTOS

Com certeza pessoas que deveriam agradecer por este trabalho estarão ausentes, mas suas contribuições foram fundamentais para sua concepção. Assim, quero agradecer primeiramente a minha orientadora Vera Teresa Valdemarim e ao mesmo tempo desculpar-me pela minha ausência e por não ter aproveitado ao máximo de seus conhecimentos.

Ao Roberto Nardi por sua prontidão para me atender e pelas sugestões para a confecção final da tese.

Ao Professor Mauro pelas discussões que efetuamos ao longo desse tempo e pela sua preocupação catártica com o ensino de ciências, buscando sempre discutir seus aspectos teórico-metodológicos.

A Professora Alice Pierson pela disponibilidade de atender os nossos e se fazer presente no momento da defesa contribuindo de forma verticalizada para com o debate.

Ao Professor Sérgio por novamente atender a meu pedido e pelo trabalho que desenvolve na formação de professores em nosso estado.

Por último, a Universidade de Mato Grosso/Departamento de Matemática por investir na qualificação docente para a verticalização do conhecimento, a UNESP/Faculdade de Ciências e Letras pela recepção que dedica aos alunos da Pós-graduação em Educação Escolar e ao CNPq pelo auxílio financeiro.

RESUMO

Esta pesquisa de caráter bibliográfico busca, por cotejamento, explicitar a partir de Bachelard como a ciência contemporânea é uma produção da fenomenotécnica e quais as contribuições que podem ser tomadas de sua epistemologia para o Ensino de Ciências. Nesse sentido, analisa como a Astronomia é uma produção da fenomenotécnica bachelardiana, o que nos permitiu, de um lado, destacar o papel do instrumento técnico na composição de seu objeto, identificando-a como *lócus* da unidade do racionalismo aplicado e do materialismo racional e, de outro lado, permitiu-nos colocar o espírito científico em estado de 'renovação'. Por sua natureza, a ciência contemporânea se constitui em um ato pedagógico de reconhecimento das falhas intelectuais – ela é uma pedagogia para a ciência – o que nos mostra a impossibilidade de existir um método universal para a produção da ciência e para o Ensino de Ciências. Ao tomar como proposta oficial para o Ensino de Ciências os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, constatou-se que sua proposição de apreensão do conhecimento científico se dá de forma direta pela observação, há uma supervalorização de uma ciência do cotidiano, mantendo o ensino no nível da descrição. Contrário a essa forma inequívoca que toma a ciência, conseqüentemente seu ensino, como método dado *a priori*, é que a epistemologia bachelardiana busca discutir a formação da razão, a partir do diálogo do racionalismo aplicado e do materialismo técnico, como uma pedagogia de superação dos obstáculos epistemológicos e/ou pedagógicos, de formação do novo espírito científico em que a razão esteja sempre aberta para o novo, o que significa não mais formar o espírito e sim 'reformatar'.

Palavras-chaves: Ensino de Ciências. Formação do novo espírito científico. Epistemologia Bachelardiana. Obstáculos epistemológicos e/ou pedagógicos. Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio.

ABSTRACT

This research of bibliographical characterization tries to find out by comparisons, taking as a starting point Bachelard, explicit how contemporary science is a production of the **fenomenotécnica** and which are the contributions that can be taken by its epistemology for the education of science. In this direction, we analyze how Astronomy constituted itself, whereas production of the bachelardian **fenomenotécnica**, which allowed us in one hand, to emphasise the role of the technical instrument in the composition of its object, identifying it as *locus* of the unit of the applied rationalism and of rational materialism and, in another, it allowed us to place the scientific spirit in a state of “renewal”. Because of its nature, the contemporary science constitutes itself in a pedagogical act of recognition of intellectual imperfections - it is a pedagogy for science – which shows us the impossibility to exist a universal method for the production of science and for the education of science.. When we took as an official proposal for the education of science the National Curricular Parameters of Basic Education and Secondary Education - **Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio**, we evidenced that its proposal of apprehension of the scientific knowledge happens on a straight form by the observation, there is a supervaluation of the of the everyday science, keeping the education of science in the level of the description. Contrary to this unequivocal form that takes science, consequently its education, as a given method *a priori*, is that the bachelardian epistemology tries to discuss the formation of the reason, from the dialogue of the applied rationalism and the technical materialism, as a pedagogy of overcoming of the epistemological and/or pedagogical obstacles; making a new scientific spirit where the reason always is opened for the new, which means not forming the spirit anymore, and yes “to remodel”.

Key-Words: Education of Science; Scientific knowledge; Epistemologia Bachelardiana; epistemological and/or pedagogical obstacles; National Curricular Parameters of Basic Education and Secondary Education.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
1 A PRODUÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA – tessituras da teoria e da prática	14
1.1 A aventura contemporânea da produção do objeto de pesquisa	14
1.2 O método: tessituras da teoria e da prática	29
2 A OBJETIVIDADE CIENTÍFICA NA EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA – uma produção do racionalismo e do materialismo racional	34
2.1 A descontinuidade da ciência em Gaston Bachelard: ruptura e negação do conhecimento comum	35
2.2 A psicanálise do conhecimento objetivo: a relação entre o obstáculo epistemológico e perfil epistemológico	55
3 A FUNÇÃO DA FENOMENOTÉCNICA NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA: os espaços de experimentação e verificação do conhecimento o caso da <i>Astronomia</i>	68
4 UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA ABERTA PARA FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO: contribuições para o Ensino de Ciências	99
4.1 As Tendências atuais na Pesquisa em Educação Para a Ciência	99

4.2 A proposta oficial de Ensino de Ciências para Educação Básica: o Ensino Fundamental e Ensino Médio	108
4.3 Uma razão aberta para a formação do novo espírito científico: contribuições para o Ensino de Ciências	131
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
6.1 Bibliografia consultada	164

INTRODUÇÃO

Toda e qualquer pesquisa tem seu caráter de historicidade e não foge a essa regra. Por um lado, ela é dada pela nossa história comum, nosso bom viver e, por outro lado, pelo o que de fato conhecemos. Nesse sentido, posso afirmar que minha história encontra-se marcada por outras histórias, o que me levou tomar como exemplo pessoas da família que se firmaram enquanto profissionais da educação. Assim, quando ingressei pela primeira vez em uma sala de aula como professor, descobri, ao mesmo tempo, meu passado, presente e futuro, optando imediatamente por essa profissionalização.

Essa opção, vai se afirmar enquanto uma inquietude perante o conhecimento. Assim, num primeiro momento ela é a busca de metodologias para o ensino, aprofundando dessa maneira questões sobre a educação em seu sentido mais amplo, e num segundo momento pela busca de elementos epistemológicos que pudessem contribuir para o entendimento da minha área de formação. Dessa maneira tive a oportunidade de conhecer diversas reflexões filosóficas sobre o conhecimento, principalmente nas obras de Platão, Aristóteles, Hume, Galileu, Descartes, entre outros e algumas sociológicas, como Emile Dürkheim, Max Weber e Karl Marx e, algumas epistemológicas, principalmente as chamadas contemporâneas, entre elas, a de Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend e Stephen Toulmin, que foram responsáveis pelo grande debate do IV Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, realizado em Londres em 1965, discutindo, principalmente o livro *As Estruturas da Revolução Científica* de Kuhn, livro este que se constituiu num marco nas discussões sobre o conhecimento.

No ano de 1991 ingresso numa Instituição de Ensino Superior e tenho contato com o livro *O racionalismo da Ciência Contemporânea: uma análise da epistemologia de Gaston Bachelard* de Marly Bulcão (1981). Assim, este ano é marcado por uma nova mudança de rumo em minha inquietude, o de compreender o papel que a filosofia tem sobre o Ensino de Ciências, tanto que ingresso no mestrado com um anteprojeto de pesquisa que buscava em Kuhn elementos teórico-metodológicos para compreender o processo de Ensino de Ciências em uma situação de sala de aula, mas que logo é transformada em um estudo das possíveis concepções dos professores sobre determinados conteúdos, as quais foram analisadas sobre a ótica da epistemologia bachelardiana.

Dessa maneira, toda a minha leitura passou a ser comandada para entender a epistemologia bachelardiana e sua possível contribuição para o Ensino de Ciências, não me preocupando com sua produção na área da literatura. Com esse propósito, ingressei no doutorado buscando aprofundar os estudos sobre Bachelard e sua possível contribuição para o Ensino de Ciências, o que nos coloca em uma encruzilhada, pois sua obra trata do conhecimento e não de uma pedagogia para o ensino, mas ao mesmo tempo ela nos oferece elementos necessários para uma pedagogia de 'formação do novo espírito científico'.

Nesta pesquisa vamos revisitar a epistemologia bachelardiana, preocupando-nos com suas temáticas e categorias fundamentais, principalmente discutindo a produção do conhecimento, a descontinuidade da ciência e seu processo de ruptura, o racionalismo aplicado, a noção de perfil epistemológico e de obstáculos epistemológicos, procurando demonstrar sua relação intrínseca com a história da ciência ao estudar o desenvolvimento da Astronomia e, por último, quais as possíveis contribuições de Bachelard para o Ensino de Ciências, enfocando,

principalmente os aspectos da formação do novo espírito científico como o de formação de uma nova razão.

Para Barbosa e Bulcão (2004, p. 11), é importante revisitar Bachelard, pois este instaurou um discurso epistemológico que é contrário à relativização do conhecimento, que questionava sua universalidade, momento em que “[...] a história mostra que a verdade é circunstancial e que a intersubjetividade e a consensualidade não asseguram a certeza, deduz-se imediatamente que esta desaparece, permanecendo apenas o discurso sobre o real [...]”.

Assim, dividimos a pesquisa em quatro seções, sendo que na primeira, buscamos efetuar o recorte do objeto tendo como referência as discussões sobre as revoluções conceituais e instrumentais, destacando que ao estudar a história da ciência e do desenvolvimento de técnicas, teremos como resultado as relações entre a teoria e a experiência. Para tanto, tomamos como referência o triunfo da modernidade no século XIX a partir da proclamação do ideário de cientificidade de René Descartes (1596-1650) e Francis Bacon (1561-1626), a ruptura provocada pela revolução científico-tecnológica e a da Física contemporânea. Esse trilhar pela história da ciência na discussão sobre o conhecimento, nos permitiu questionar até que ponto a Astronomia é uma produção da fenomenotécnica bachelardiana.

Dado este primeiro questionamento e considerando o pressuposto bachelardiano que no ato de conhecer existe uma proposição pedagógica de formação do ‘novo espírito científico’, fica a pergunta se é possível a partir da epistemologia de Bachelard tirar algumas contribuições para o Ensino de Ciências, o que instauraria uma nova psicologia do espírito científico, conseqüentemente de sua pedagogia. A idéia do objeto de estudo, dessa maneira toma um único corpo, ao

estudar o desenvolvimento da Astronomia, reformaria o espírito do pesquisador e, ao mesmo tempo, a partir do estudo das pesquisas e das proposições oficiais para o Ensino de Ciências, seria possível explicitar quais são as possíveis contribuições de Bachelard para com a área.

Construído o objeto, foi possível produzir nosso referencial teórico, ou seja, explicitar na segunda seção quais as temáticas e categorias fundamentais da epistemologia bachelardiana, para com essa chave de pensamento efetuar a releitura histórica do desenvolvimento da Astronomia.

Na composição da seção três, tomamos o desenvolvimento da Astronomia, destacando, principalmente o papel que o instrumento técnico tem na composição de seu objeto, para tanto, pegamos um exemplo factual e o reconstruímos historicamente, elaborando sua cronotécnica. Assim, acreditamos que o espírito do pesquisador foi colocado em 'estado de novação', possibilitando que houvesse uma reforma do seu espectro filosófico, do seu perfil epistemológico usado na interpretação dos conceitos astronômicos.

Chegamos a quarta seção procurando explicitar quais as possíveis contribuições de Bachelard para o Ensino de Ciências. Para tanto, buscamos nos documentos oficiais dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio (PCNs e PCNEM) suas proposições para o Ensino de Ciências e se elas refletem as pesquisas da área. Para explicitar as possíveis contribuições da epistemologia bachelardiana para o Ensino de Ciências, procuramos, de um lado, responder se existe algum ponto de ligação entre as proposições dos órgãos oficiais e sua epistemologia, acreditando que a resposta encontra-se no conceito que eles possuem sobre conhecimento educacional (pedagógico) e, de outro lado, buscamos fazer a crítica da proposição de mudança conceitual e do uso de modelos e

modelagem para o Ensino de Ciências, principalmente no que tange o abandono das concepções espontâneas. Nesta seção, colocamos em ação o pressuposto básico de Bachelard que: qualquer método que não renovar com seu objeto perde seu valor de ação.

Assim, espera-se firmar uma proposição de Ensino de Ciências que encontre na escola um espaço de afirmação do materialismo racional e do racionalismo técnico, um espaço de renovação da experiência comum, um espaço de identificação de obstáculos que impeçam o acesso ao conhecimento científico, um espaço de Ensino de Ciências que se preocupa com a formação de uma razão aberta.

1. A PRODUÇÃO DO OBJETO DE PESQUISA: tessituras da teoria e da prática

Esta seção dedica-se a produção do objeto de pesquisa. Para tanto, efetuamos uma discussão sobre as revoluções conceituais e instrumentais, buscando explicitar que a revolução científico-tecnológica e da Física contemporânea é uma ruptura com o ideário de cientificidade de René Descartes (1596-1650) e Francis Bacon (1561-1626), o que nos permitiu questionar até que ponto a Astronomia é uma produção da ciência contemporânea.

Ao considerar que na produção do conhecimento existe um ato pedagógico de formação do espírito científico, buscamos discutir epistemologia de Bachelard quais seriam suas possíveis contribuições para o Ensino de Ciências.

1.1 A aventura contemporânea da produção do objeto de pesquisa

Ao analisar a produção da ciência, Dyson (1998, p. 43) afirma que novos caminhos são dados por revoluções científicas, as quais são basicamente de dois tipos: a conceitual e a instrumental. Para o autor, o livro *As Estruturas das Revoluções Científicas* de Thomaz Kuhn, retrata a mudança conceitual que a Física Quântica provocou em nossa visão de mundo, fato que fez com que os estudiosos da história das ciências tomassem a mudança conceitual como à única capaz de gerar revoluções. No entanto, nos últimos quinhentos anos,

podem ser apontadas sete grandes revoluções conceituais e cerca de vinte revoluções ligadas aos instrumentos.

Entre as revoluções conceituais, o autor destaca a Astronomia copernicana, a dinâmica newtoniana, a Física relativística de Einstein, a Teoria da Evolução de Darwin e a psicanálise de Freud, as quais são consideradas teorias que revolucionaram nossas visões de mundo e, entre as instrumentais destaca a revolução galileana por inserir em 1609 o telescópio na observação astronômica, a de Watson e Crick, por usarem em 1953 a difração de Raio-X para determinar a estrutura de macromoléculas na Biologia descobrindo a estrutura da molécula de DNA e o advento, na década 60 do século XX dos computadores eletrônicos e dos bancos de memória.

Ao que parece, é possível afirmar que nas revoluções científicas ocorre uma total desconexão entre a teoria e os instrumentos, pois para ele “O efeito de uma revolução conceitual é a explicação de coisas antigas de maneiras novas. [Enquanto o] efeito de uma revolução instrumental é a descoberta de coisas novas que precisam ser explicadas” (DYSON, (1998, p. 43).

Ao afirmar que tanto a revolução de Watson e Crick como a dos computadores derivou de instrumentos importados da física e que mais tarde, o próprio computador provoca, **incidentalmente**, uma revolução na Física ao aumentar o poder de suas teorias na interpretação de experimentos e na previsão de fenômenos, o autor não explicita quais as possíveis diferenciações entre essas duas revoluções e, também, em relação à galileana. Por serem todas elas revoluções instrumentais, o autor afirma que criariam objetos empíricos sem que as teorias façam parte de sua produção.

Uma outra perspectiva de interpretação é adotada por Videira (1994, p. 94): “Uma das melhores maneiras de se determinar relações entre a teoria e a experiência encontra-se no estudo histórico-conceitual das origens da ciência moderna e do papel desempenhado pela técnica dentro desse processo que levou à formação da ciência moderna.”

Essa é forma adotada neste trabalho, o de explicitar o papel que a técnica possui no desenvolvimento da ciência, a qual deve ser estudada dentro da história da ciência, estabelecendo sua possível relação com a teoria. Ao remontarmos ao desenvolvimento da ciência, constata-se que na Antigüidade Clássica havia uma total separação entre a teoria e a técnica, sendo esta considerada uma atividade de menor valor, efetuada por escravos. Na Idade Média, os escravos são substituídos pelos servos na execução dos trabalhos técnicos sendo valorizados os artesões que operam sobre a natureza, tal qual ela se apresenta.

Assim, é exatamente nos espaços das oficinas, que no século XVII começa a ocorrer fusão entre as atividades técnicas e científicas, entre o trabalho manual e a teoria, e o começo da proposição de que a natureza encontra-se escrita em caracteres matemáticos, que remonta aos platônicos e aos arquimedianos. Essa proposição é adotada por Kepler (1571-1630) e Galileu (1564-1642), mas é Galileu que inaugura a experimentação como a possibilidade de reproduzir os fenômenos que ocorrem na natureza, é uma natureza de ordem objetiva, tanto que conscientemente ele formulou “[...] pela primeira vez o princípio da objetividade em ciência, a idéia de que mesmo as experiências físicas mais inéditas e diretas como cores e cheiros devem sistematicamente ser deixadas fora das observações

registradas pelos cientistas por serem pessoais ao observador” (MAGEE, 1999, p. 67).

Nesse mesmo século René Descartes (1596-1650) e Francis Bacon (1561-1626), elaboram seus ideários de cientificidade. Descartes em sua obra *O Discurso do Método*, propõe a matematização da natureza e adota a dedução como método, seguindo as “[...] longas cadeias de razões, todas simples e fáceis, de que os geômetras costumavam servir-se para chegar às suas mais difíceis demonstrações, [de forma] que todas as coisas possíveis de cair sob o conhecimento humano seguem-se umas às outras da mesma maneira [...]” (DESCARTES, 1973, p. 46).

Ao adotar que o mundo físico é totalmente desprovido de qualidades humanas, Descartes propõe eliminar pela dúvida todos os pressupostos do passado. Essa dúvida, enquanto método, eliminaria qualquer consciência subjetiva do mundo racional, pois os sentidos, as emoções e a imaginação nada servem para sua compreensão racional, apenas levam ao erro. Com isso propunha atenção para as qualidades objetivas do mundo material, aquelas que podem ser percebidas e analisadas em termos quantitativos. Interpretando essa proposição, Pessanha (1993, p. 14) afirma que Descartes estabelece um consenso universal para salvar “[...] o mundo e a sociedade através da descoberta de um caminho para pensar e dizer tão justo e perfeito que consiga eliminar as discórdias, fazer a união dos espíritos e chegar a uma espécie de consenso universal.”

Contrário aos aristotélicos, aos escolásticos¹ e ao método de Descartes, Francis Bacon em sua obra *O Novum Organum*, posiciona-se contra

¹ “[...] Filosofia cristã da Idade Média [cujo] problema fundamental é levar o homem a compreender a verdade revelada. [...] é o exercício de uma atividade racional [...] com vistas ao acesso à verdade religiosa, à sua demonstração ou o seu esclarecimento nos limites do que é possível, apresentando um arsenal defensivo contra a incredulidade e as heresias” (ABBAGNANO, 2000, p. 344).

esses pensamentos por não oferecerem instrumentos para que o **homem de ciência** pudesse dominar a natureza, produzindo bens para a humanidade, e adota a indução e a instrumentalização como método para conhecer, dominar as coisas e produzir conhecimento. Para isso, “O homem, ministro e intérprete da natureza, faz e entende tanto quanto constata, pela observação dos fatos ou pelo trabalho da mente, sobre a ordem da natureza; não sabe nem pode mais” (BACON, 1973, p.19, aforismo I).

Aqui reside o próprio limite do homem, a observação dos fatos encontra-se limitada pelos sentidos e pelo intelecto, pois estes não sabem e nem podem mais que a própria natureza, cabe ao homem ampliá-los com a inserção de instrumentos técnicos em sua interpretação. É nesse sentido, que Bacon (1973, p. 19, aforismo II) afirma que

Nem a mão nua e nem o intelecto, deixados a si mesmos, logram muito. Todos os efeitos se cumprem com instrumentos e recursos auxiliares, de que dependem, em igual medida, tanto o intelecto quanto as mãos. Assim como os instrumentos mecânicos regulam e ampliam o movimento das mãos, os da mente aguçam o intelecto e o precavêm.

Para ascender na investigação e na descoberta da verdade, cuja via é a da experimentação, Bacon propõe que o método deve “[...] recolhe[r] os axiomas dos dados dos sentidos e particulares, ascendendo contínua e gradualmente até alcançar, em último lugar, os princípios de máxima generalidade” (BACON, 1973, p.22, aforismo XIX).

Basicamente, o método proposto por Descartes entende a natureza como uma grande máquina e para dominá-la basta entender como ela está montada, como ela se organiza. Com o método da experimentação, Bacon define o uso de instrumentos técnicos como o caminho para a decomposição dos fatos naturais observados, principalmente os que se encontravam em uso na época

corrente – por exemplo: obelisco, compasso, luneta, bússola, entre outros – principalmente os que não são descobertos pela arte, pois o “O produto da arte, a máquina, serve de modelo para conhecer e compreender a natureza. Não que a arte seja, em si mesma, natureza, mas sim que a natureza é algo que se parece com um produto da arte” (ROSSI, 1996, p.133).

No século XVIII, acontece a produção de um grande projeto de educação do iluminismo, a organização por Diderot (1713-1784) da *Encyclopédie*, ou *Dictionnaire raisonneé des sciences, des arts et des métiers, par une société de gens de lettres*, a qual era orientada pelos seguintes objetivos:

[...] como enciclopédia, deve expor tanto quanto possível a organização e encadeamento dos conhecimentos humanos; como *Dicionário Raciocinado das Ciências, das Artes e dos Ofícios*, deve conter, sobre cada ciência e sobre cada arte, seja liberal, seja mecânica, os princípios gerais em que se baseia e os detalhes essenciais que formam seu corpo e sua substância (DIDEROT E D’ALEMBERT, 1989, p. 30).

Ao analisar os verbetes e as pranchas que compõem a *Encyclopédie*, Valdemarin (2004, p 33) afirma que a concepção de ciência é a mesma de Francis Bacon, o que se vê é a filosofia da ciência do século XVIII como uma progressão da filosofia do século XVII, tanto que a ciência especulativa dá “[...] lugar à ciência ativa para a dominação da natureza; a explicação das relações mecânicas de causa e efeito (necessárias e universais), substituindo àquelas qualitativas, o que, por sua vez permite a intervenção técnica sobre a natureza.”

Com a proclamação do ideário de cientificidade de Descartes e Bacon, ocorreu a derrota do obscurantismo da Idade Média² e o conseqüente triunfo da modernidade no século XIX, refletida nas grandes invenções: como a pilha, a locomotiva, o telégrafo, o navio a vapor e a luz elétrica. Dessa maneira, o progresso

² Rossi (2001, p. 14-15), afirma que desde meados do século XVIII circulava a idéia de que a Idade Média foi uma época obscura, de ‘retrocesso para a barbárie’, mas “[...] hoje sabemos que o mito da Idade Média, como época da barbárie, era, justamente, um mito, construído pela cultura humanista e pelos fundadores da modernidade.”

constituiu-se em um caminho sem volta, onde a velocidade e a rapidez transformaram-se nos grandes lemas do século XIX, era o futuro das certezas e a burguesia orgulhava-se do seu avanço, era o momento para sonhar e imaginar, de mapear o presente e também planejar o futuro.

O que se constata neste século e a instauração da filosofia do positivismo lógico de Comte (1798-1857), cuja tese fundamental é a impossibilidade do homem de conhecer as causas ou razões que promovem os fenômenos, cabendo às ciências estabelecer as leis que regem tais fenômenos, tanto que

[...] a revolução fundamental que caracteriza a virilidade de nossa inteligência consiste essencialmente em substituir em toda a parte a inacessível determinação das causas propriamente ditas pela simples pesquisa das leis, isto é, relações constantes que existem entre os fenômenos observados. Quer se trate dos menores, quer dos mais sublimes efeitos, do choque ou da gravidade, do pensamento ou da moralidade, deles só podemos conhecer as ligações mútuas à sua própria realização, sem nunca penetrar no mistério de sua produção (COMTE, 1973, p. 49).

Esta abandona qualquer pretensão de explicação metafísica de um problema, pois não busca explicar quais são as suas causas, por exemplo a da gravidade, mas por que os corpos se atraem em razão diretamente proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância. Para Oliveira (2000, p. 49-50), Comte reafirma Newton e Hume e iluministas como D'Alembert, ao tomar a ciência de base quantitativa em substituição à ciência qualitativa, propondo o estudo dos fenômenos em suas conexões de causa-efeito. Assim, o espírito humano deveria reconhecer como regra fundamental

[...] que toda proposição que não seja estritamente redutível ao simples enunciado de fato, particular ou geral, não pode oferecer nenhum sentido real e inteligível. [...] Seja qual for [...] o modo [...] de preceder à sua descoberta, é sempre de sua conformidade [...] com os fenômenos observados que resulta exclusivamente sua eficácia científica (COMTE, 1973, p. 54).

Esta proposição caracteriza a era em que a técnica é inventada e inventora, onde a teoria e o experimento encontram-se numa relação de

reciprocidade, sendo que a técnica é um instrumento analítico para desmembrar a natureza na busca de seu funcionamento mais recôndito, ou seja ela oferece procedimentos para a ciência isolar e examinar os detalhes de seus eventos. Essa era, iniciada com Copérnico, Kepler, Galileu e Descartes é, finalmente realizada por Newton, criando-se assim um mundo físico em que a matemática e o experimento são partes constitutivas da produção da ciência, não dando margem para a contradição, já que o conjunto de equações matemáticas descreve a natureza como eterna, independente do tempo e do espaço.

Assim, elabora-se um discurso que decorre dos modelos explicativos dos teoremas matemáticos, se presentifica como uma cadeia de 'portanto-portanto-portanto', onde, o que exatamente se demonstra é "[...] um discurso todo concatenado, dentro de uma lógica que não deixa brechas a qualquer retrucamento porque é a própria lógica de uma demonstração irretorquível." (PESSANHA, 1993, p. 9).

Para Rossi (2001, p. 17-18) o que ocorre é uma **ruptura** com a tradição científica medieval, em que se instaura uma nova forma de interpretar o objeto do conhecimento. Assim, o autor destaca alguns pontos básicos de diferenciação entre essas duas tradições: (i) Na natureza dos modernos não há diferenciação entre corpos naturais e artificiais; (ii) A interpretação da natureza dos modernos é a das condições artificiais: as experiências são experimentos construídos artificialmente a fim de confirmar ou desmentir teorias; enquanto que a experiência medieval é sobre o mundo cotidiano; (iii) "O saber científico dos modernos se parece com a exploração de um novo continente, ao passo que o saber dos medievais parece voltado ao paciente aprofundamento dos problemas com base em regras codificadas."; (iv) O saber produzido pelos escolásticos não foi

capaz de interpretar a natureza, questionava sobre si mesmo oferecendo sempre respostas satisfatórias. “[...] há lugar para o mestre e o discípulo, mas não para a figura do inventor [...]”.; (v) Os cientistas modernos conseguiram dar um tratamento quantitativo na interpretação da natureza, enquanto que para os medievais a matemática transformou-se em obstáculo.

Todo o conhecimento desenvolvido pelos modernos, principalmente a partir da física newtoniana, sofre profundas modificações em sua base axiomática, com as interpretações que Faraday e Maxwell fazem sobre os fenômenos eletromagnéticos. Assim, surge, por volta de 1870, uma nova ruptura, que para Sevcenko (2001, p. 15) pode ser denominada de revolução científico-tecnológica, a qual ocorre pela aplicação de novas teorias científicas para o domínio e a exploração de potenciais energéticos em grande escala. Dessa maneira, na passagem para o século XX, o mundo se mostra praticamente tal como o conhecemos, como o mundo das certezas, em que o otimismo, a expansão e a confiança no progresso pareciam ter atingido o ápice.

A ciência vivia no século XIX e início do século XX sua época de ouro, com avanços em todos os ramos, compondo um quadro mais realista e confiável do mundo. Esse quadro muda radicalmente a partir de fatores interno e externos a ciência. Internamente, tudo começou com a teoria eletromagnética de Maxwell, elaborada no final do século XIX e, no início do século XX pela elaboração da teoria da relatividade especial e geral de Einstein, e na década de 20 com a Quântica de Bohr, Heisenberg e outros. O que ocorre é uma ruptura com as certezas estabelecidas pela ciência moderna de localização dos objetos físicos, do tempo e do espaço como absolutos independentes que são substituídos por uma nova visão, em que os “[...] axiomas kantianos fundamentais – espaço, tempo,

substância, causalidade – já não se aplicavam a todos os fenômenos. Depois de Einstein, Bohr e Heisenberg foi preciso admitir que o conhecimento científico, que depois de Newton parecia universal e absoluto, era limitado e provisório.” (TARNAS, 2002, p. 385).

Externamente, essa certeza começa a esfacelar com o advento da Primeira Grande Guerra, predominando entre os homens a sensação de um apocalipse eminente, que para Sevcenko (2001, p. 15) como para Costa (1996, p. 9), é considerado o fim do ‘tempo das certezas’, com o emprego de tecnologias nos armamentos bélicos, cujo poder de destruição em massa não tinha sido, até então, presenciado pelo homem.

Esse quadro se agrava com o advento da Segunda Grande Guerra, pois o poder de destruição aumenta com o emprego de bombardeiros aéreos de varredura e com o uso da bomba atômica, aumentando assim a sensação de apocalipse, que acaba por instalar no desenrolar do século XX uma angústia, principalmente por ter sido aplicado um conhecimento científico na construção de material bélico, nesse caso a bomba atômica.

Dessa maneira, a Física Relativística e a Física Quântica que mudaram todas as impressões que tínhamos sobre os objetos e foram responsáveis pelo advento da microeletrônica, coloca-nos em confronto com um dilema, pode-se pensar em conhecer as coisas, mas é evidente que não há nenhuma garantia para a certeza. Assim, encontra-se marcada a ciência da contemporaneidade, numa escala multiplicativa, que reconfigura o universo de possibilidades e de expectativas, o que torna o universo “[...] cada vez mais imprevisível, irresistível e incompreensível. Sendo assim, sentimo-nos incapazes de prever, resistir ou entender o rumo que as coisas tomam [...]” (SEVCENKO, 2001, p. 16-17).

Para Pesanha (1993, p. 23-24), a crise que se vive é intelectual e atinge a todos nós, porque

[...] ainda estamos embebidos da utopia da verdade com v maiúsculo, da ciência com c maiúsculo, unitária, atemporal. A crise ocorre porque a própria ciência, mesmo a chamada ciência dura, não vive mais essa dimensão de unicidade total. A ciência já relativizou seus próprios conceitos básicos. [...] Ou seja, hoje a dimensão das coisas na sua aparência imediata e sensível nega aquilo que a ciência afirma que elas são na sua explicação epistemicamente mais exigente, mais racional.

Essa nova ruptura instalada pela ciência contemporânea, não é a do matemático (Newton) que afirma não pensar a partir de hipóteses, pois para Heisenberg caso essa máxima fosse considerada como a verdade do fazer ciências não existiria a mecânica newtoniana, mas uma ciência contemporânea (Física Contemporânea) em que os conceitos básicos e suas leis não derivam somente dos fatos e dos experimentos, mas, em primeiro lugar “[...] os equipamentos [...] derivam de sua teoria e requerem uma compreensão dessa teoria, a fim de que possam ser corretamente fabricados e eficientemente utilizados. Em segundo, essa teoria, por seu lado, baseia-se em pressupostos físicos e filosóficos.” (HEISENBERG, 1999, p. 10-11).

Encontra-se sedimentado o papel da matemática e do experimento na composição da ciência moderna: pensa-se a partir de uma teoria, onde o experimento é antecipado matematicamente. Na Física contemporânea, o que aparece primeiro é a matemática, permitindo a predição dos resultados experimentais, os quais serão interpretados com o uso do esquema matemático. Assim, a composição dos seus conteúdos não se faz somente pelos aspectos da ciência, mas também pela interpretação filosófica, pois suas teorias baseiam-se em pressupostos físicos e filosóficos, o que levou Einstein (1981, p. 171) a afirmar que no desenvolvimento das teorias

[...] As hipóteses de antes tornam-se cada vez mais abstratas, cada vez mais afastadas da experiência. Mas, em compensação, vão se aproximando muito do ideal científico por excelência: reunir, por dedução lógica, graças a um mínimo de hipóteses ou de axiomas, um máximo de experiências. Assim, a epistemologia, indo dos axiomas para as experiências ou para as conseqüências verificáveis, se revela cada vez mais árdua e delicada, cada vez mais o teórico se vê obrigado, na busca das teorias, a deixar-se dominar por pontos de vista formais rigorosamente matemáticos, porque a experiência do experimentador em física não pode conduzir às mais altíssima abstração. Os métodos indutivos, empregados na ciência, correspondendo na realidade à juventude da Ciência, são eliminados por um método dedutivo muito cauteloso.

Após essa breve explanação é preciso fazer uma diferenciação entre as abordagens utilizadas que é, ao mesmo tempo, a justificativa para a adoção do referencial bachelardiano.

Apresentamos até aqui uma certa imagem do desenvolvimento da ciência fortemente marcada pelo componente histórico. Trata-se de analistas que expõem a ciência e seus efeitos como resultantes de um processo autônomo de produção que não é descritivo. A sucessão de autores e fatos utilizados para descrever o percurso científico encontra-se inscrita e sancionada por uma tradição que não se atém a controvérsias, tensões, outras possibilidades presentes e outros autores cujas obras não se consolidaram. Essa história da ciência é em geral, base de sustentação para o ensino escolarizado fornecendo critérios para a seleção e seqüência do conteúdo a ser ensinado.

Ao adotar o referencial bachelardiano adotamos também a perspectiva de construção de proposições e argumentos fundada na epistemologia, cuja diferenciação o próprio Bachelard estabelece:

Percebe-se assim a diferença entre o ofício do epistemólogo e o de historiador da ciência. O historiador da ciência deve tomar as idéias como se fossem fatos. O epistemólogo deve tomar os fatos como se fossem idéias, inserindo-as num sistema de pensamento. Um fato mal interpretado por uma época permanece, para o historiador, um fato. Para o epistemólogo, é um obstáculo, um contra-pensamento (BACHELARD, 1996, p. 22).

É a partir da epistemologia bachelardiana, que se pode questionar até que ponto na produção da ciência os experimentos são antecipados teoricamente e em que medida não existe a separação do resultado do aparelho? Ou, reafirmando a pergunta de Lecourt (1980, p. 29-30), “[...] que tipo de determinação existe entre a história das técnicas de produção e a dos instrumentos científicos, entre a dos instrumentos científicos e a dos conceitos?.” Por outro lado, por ser o resultado uma autorização do método, pode-se afirmar, que o produto da ciência é manifestação da dialética que se firma tanto na experiência como no raciocínio, no contato com a realidade e na referência à razão?

Para responder essas perguntas, tomaremos a epistemologia bachelardiana, elaborando uma cronotécnica do desenvolvimento da Astronomia, principalmente enfocando o papel que o instrumento, a técnica, a matematização, o experimento e a teoria possuem na produção de seus conhecimentos. Esse trabalho, somente é possível, por que para Bachelard a ruptura com o modelo mecanicista ocorreu somente com o advento da micro-física e com a química, caso contrário, seria impossível pensar a ruptura a partir da Astronomia. Essa impossibilidade é encontrada na própria obra de Bachelard (1973), pois ao ser questionado sobre sua idéia de Universo, classifica a Astronomia como uma ciência que se assenta na filosofia realista, pois os seus dados da experiência são uma transferência do que o físico descobre na experiência local para o Universo³, é uma ciência que se limita a generalizar as experiências. Assim, para Bachelard,

³ Quando pensa sobre o Universo, Bachelard (1973, p. 117) afirma que: “[...] experimento una dialéctica da tensión y del alojamiento cuando paso de la idea de realidad a la Idea de Universo. Al aceptar la Idea de Universo, siento una trascendencia, no lejana, sino casi inmediata, contemporánea de la separación de atención, de la reflexión, de la experiencia. Es una trascendencia dinámica, que contradice la función verdaderamente activa del pensamiento. El Universo es mi reposo. El Universo es mi pereza. No es nunca mi pensamiento.”

considerado o momento histórico, a Astronomia não vivenciava o 'novo espírito científico', pois seu objeto de estudo é o próprio realismo.

Dessa maneira, ao tomar como objeto de estudo a Astronomia, reteremos aos momentos históricos de rupturas, principalmente abrangendo o sistema ptolomaico, copernicano, newtoniano e einsteniano, o que implica em determinar o momento histórico em que o objeto de estudo da Astronomia é produção da fenomenotécnica, é o estabelecimento do papel dos instrumentos em seu desenvolvimento, o que possibilita elaborar uma cronologia a partir dos instrumentos. Isso nos habilitaria afirmar que sendo a Astronomia contemporânea um produto da fenomenotécnica, seu objeto de estudo encontra-se determinado pela antecipação matemática do experimento.

Espera-se, ao tomar a Astronomia como objeto de estudo, referendar a epistemologia bachelardiana, respondendo aos questionamentos que foram levantados, e elaborando uma cronologia do desenvolvimento do pensamento astronômico considerando o desenvolvimento das técnicas, uma 'cronotécnica' de produção do objeto científico. Com isso, retificaríamos a categoria filosófica da experiência, generalizando a aplicação do conceito de fenomenotécnica ao estudo da Astronomia.

Deve-se buscar em Bachelard sua proposição pedagógica como um ato inerente ao 'novo espírito científico', como um ato que cria novas bases psicológicas. Nesse sentido, analisaremos as proposições oficiais dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, enfocando principalmente o Ensino de Ciências Naturais e de Física. Ao tomá-los como instrumentos orientadores da prática docente não nos preocuparemos com sua aplicação imediata em sala de aula, mas qual é sua concepção de ciências e,

principalmente como eles propõem o Ensino de Ciências, tendo como foco central sua coerência interna. Para tanto, e como ponto de intersecção entre o estudo da Astronomia, buscaremos na temática 'Terra e Universo' nosso ponto de apoio para discutir o que ensinar e como ensinar.

Ao tomar como forma de ascensão ao conhecimento científico a observação direta dos fenômenos os Parâmetros acabam por valorizar o realismo imediato, mantendo o Ensino de Ciências no nível da descrição. Assim, pode-se afirmar que sua proposição de formação é contrária à formação do novo do espírito científico, o que faz com que o Ensino de Ciências acabe por cristalizar os obstáculos epistemológicos e/ou pedagógicos, impedindo os alunos de ascenderem ao espírito científico, conseqüentemente, não retificando seus conceitos. Com isso, há uma coincidência entre o 'perfil epistemológico' dos alunos e os conteúdos a serem trabalhados.

Diante do exposto, analisaremos os Parâmetros para provar que os conhecimentos de 'natureza conceitual', 'procedimental' e 'atitudinal' encontram-se separados, o que destruiria a possibilidade de uma nova psicologia do espírito científico, conseqüentemente sua pedagogia.

Com isso, provar-se-ia que os procedimentos, conseqüentemente os instrumentos e a experimentação, além de não serem antecipados pela teoria, acabam por referendar o realismo imediato: nos Parâmetros, mesmo adotando como termo corrente a palavra **ruptura** o faz a partir de uma perspectiva dicionarizada, ela não possui o mesmo arcabouço teórico bachelardiano, conseqüentemente ao discutir a temática 'Terra e Universo' encontra-se ausente qualquer possibilidade de discutir o Ensino de Ciências sob a égide da reforma do espírito científico. Logo, não

se ensina ciência, não reforma o espírito, mas, somente, informa sobre a ciência, não superando a descrição dos fatos.

1.2 O método: tessituras da teoria e da prática

Um dos dilemas da contemporaneidade é que chegamos ao fim da possibilidade de conhecer, tanto que nos últimos anos as livrarias e bibliotecas encontram-se empilhadas com livros que afirmam esse dilema, por exemplo, o fim da história, o fim das ciências, a era das incertezas, entre outros.

Em Bachelard, esse é um falso dilema, tanto que ele firma sua proposição de racionalidade da ciência na própria diversidade da ciência moderna, enfocando principalmente o papel que a teoria, a prática, o experimento, a matematização e a técnica possuem na formação do espírito científico. É nesse sentido, que para ele a ciência moderna é uma produção da fenomenotécnica. Assim, esta pesquisa estuda o desenvolvimento da Astronomia para confirmar que hoje ela se constitui como uma produção da fenomenotécnica e que tal produção não foi incorporada às proposições educacionais.

Para tanto, analisará o desenvolvimento da Astronomia, explicitando os momentos de 'ruptura' como negações das bases metafísicas que até então sustentaram o idealismo e o realismo como o caminho para produzir ciências e/ou para ensiná-la.

Na superação da descrição do fato, ou seja, para a transformação do objeto real em objeto científico, tomamos o ensinamento de Bachelard (1990a, p. 129) que "[...] a objetividade científica só é possível se tivermos primeiro rompido

com o objeto imediato, se tivermos recusado a sedução da primeira escolha, se tivermos estancado e contraditado pensamentos que nasçam da primeira observação.” Ponto esse, referendado por Tavares (TAVARES, 1991, p. 58), pois o objeto científico “[...] é o resultado de um processo de trabalho, protagonizado por um sujeito coletivo de conhecimento, que envolve elementos teóricos e práticos, processo pelo qual o objeto científico, confrontado com os objetos reais, deverá ser conquistado, construído e constatado.”

Mantendo-se fiel a Bachelard, conseqüentemente ao método, tomarei sempre exemplos significativos, evitando especulações extremas sobre a história do conceito, procurando provar que as teses são perguntas que já se encontram direcionadas por possíveis respostas, pois o mais importante na objetividade científica é a pergunta, a qual deve ser dada sempre na forma de projeto. Assim, a produção do conhecimento científico se dá a partir de uma dialética entre o método e o objeto científico, entre a teoria e a prática, é uma ação do método sobre o objeto, de forma que eles se encontram imbricados. Em síntese, por ser a objetividade científica uma interdependência da teoria e da prática, uma ação do método sobre o objeto, eles se modificam mutuamente, fazendo com que as perguntas primeiras sejam sempre modificadas.

Para que fosse possível a reformulação das perguntas da pesquisa, efetuou-se um estudo de caráter bibliográfico, com o uso de fontes e referências diferentes, buscou-se nessas fontes os diferentes estudos sobre a epistemologia bachelardiana, não se preocupando em esgotá-las, mas em encontrar pontos que ainda não tivessem sido explicitados. Assim, tomando a própria negação que Bachelard faz sobre a possibilidade de que a Astronomia seja uma criação de seu pensamento – **No es nunca mi pensamiento** – é que se chegou a partir de sua

epistemologia a elaboração de um objeto que pudesse ser explicitado sob dois aspectos: o teórico e o filosófico. Dessa maneira, é que tomamos o conceito bachelardiano de fenomenotécnica e a partir dele analisamos o desenvolvimento da Astronomia, abrangendo, principalmente, os períodos de mudança do objeto, como exemplo o sistema de interações de campo de Einstein, a Gravitação Universal de Newton, o sistema Heliocêntrico de Copérnico e o sistema Geocêntrico de Ptolomeu.

Com esse sistema de cotejamento, buscou-se firmar o papel da teoria, do instrumento, da experiência e da matemática, como elementos essenciais na produção do objeto científico, colocando a produção do objeto científico da Astronomia no seu devido lugar, o das ciências contemporâneas, como elemento de produção e recriação da fenomenotécnica. É possível, dessa maneira, firmar a fenomenotécnica como o lugar da unidade da teoria e da prática, operacionalizada a partir das idéias bachelardianas de racionalismo aplicado e materialismo racional.

Esta parte do trabalho, mesmo consistindo numa pesquisa bibliográfica, é uma das partes empírica da pesquisa, é a nossa atividade prática, a qual foi apropriada em todas as suas contradições, antecipada teoricamente na epistemologia bachelardiana. Outra parte, empírica da pesquisa é a análise efetuada sobre as proposições de Ensino de Ciências oferecida nos parâmetros.

Para tanto, tomamos em Bachelard suas idéias de formação do novo espírito científico, aceitando sua proposição de que a própria ciência contemporânea constitui-se em um ato pedagógico, por possuir uma atitude objetiva de reconhecimento das falhas intelectuais, ela já se constitui enquanto uma pedagogia para a ciência.

Nesse sentido, Gil-Pérez, Cachapuz e Praia (2002a e 2002b) discutem a possível reorientação epistemológica da educação em ciência tendo

como base o 'problema, a teoria, a observação, a hipótese e a experiência científica'. Ao reconhecer a existência de relação entre epistemologia e o ensino-aprendizagem de ciências, os autores afirmam a necessidade de

[...] explorar aspectos da epistemologia que possam ser relevantes para certos aspectos da educação científica. A epistemologia está necessariamente implícita em qualquer currículo de ciências. É dela em boa parte a concepção de ciências que é ensinada. É nossa convicção, pois, que o conhecimento de epistemologia torna os professores capazes de melhor compreender a ciências que estão a ensinar [...]. Tal conhecimento ajuda, e também obriga os professores explicitarem os seus pontos de vista, designadamente sobre quais as teses epistemológicas subjacentes à construção do conhecimento científico, sobre o papel da teoria, da sua relação com a observação, da hipótese, da experimentação, sobre o método [...] (Gil-Pérez, Cachapuz e Praia, 2002a, p. 128).

São esses os elementos que devem fazer parte de uma pedagogia para a formação do novo espírito científico? Caso sim, eles não devem ser tomados *a priori*, como elementos de uma única filosofia, mas sim fazer parte de um sistema de pensamento, estar diretamente relacionados com o objeto de estudo. Conseqüentemente, os princípios gerais de uma pedagogia da ciência, devem ser estabelecidos a partir da historicidade da ciência, logo, essa pedagogia se demonstrará contrária a imagens e modelos representativos *a priori*, contrapondo as representações que tomam como alicerce o realismo imediato e o idealismo ingênuo.

Valdemarin (2004, p. 24) destaca a confluência de objetivos apresentada pela teoria do conhecimento (epistemologia) e pelos estudos pedagógicos. O primeiro, enquanto temática filosófica, investiga “[...] as condições nas quais o conhecimento pode ser tido como verdadeiro ou [...] elabora proposições sobre sua origem, sobre o processo por meio do qual os dados cognitivos são transformados em valores ou afirmações [...]”. Enquanto o segundo, voltado “[...] para a atividade de ensino propõem métodos que viabilizem a aprendizagem de

conteúdos e valores, enveredando também pela temática da possibilidade do conhecimento, embora por outro caminho.”

Não deveria a teoria do conhecimento e o ensino aprendizagem de ciências ter, além dos objetivos comuns, os mesmos pontos de partida da produção do conhecimento? Ou seja, os dois deveriam privilegiar o estudo da produção da ciência, vivenciando a partir da epistemologia bachelardiana, a união da teoria e dos instrumentos técnicos em sua produção.

Para Gil-Pérez, Cachapuz e Praia (2002^a, p.25), as teses dos epistemólogos contemporâneos (Popper, Bachelard, Toulmin, Kuhn, Bunge, Lakatos, Laudan, Chalmers, entre outros) quase sempre são ignoradas nas pesquisas em educação em ciências e conseqüentemente no Ensino de Ciências:

[...] O que transparece muitas vezes nos currículos de ciências são incorporações incoerentes e desajustadas, nomeadamente, de natureza empirista e indutivista que se afastam claramente das que a literatura contemporânea considera fundamentais ao propósito da produção científica e do que significa hoje a idéia de ensinar.

Contrário a essa forma inequívoca que toma a ciência, conseqüentemente seu ensino, como pressupostos metodológicos apriorísticos, como se fosse possível elaborar um método que seja universalizado para o Ensino de Ciências, é que buscamos na epistemologia bachelardiana sua proposição de renovação do conhecimento, como uma razão aberta em que o conhecimento científico se dê por processos de retificação. Ao viver essa retificação da ciência, o aluno viveria a pedagogia da formação do novo espírito científico, uma pedagogia do não, uma pedagogia de retificações progressivas que negasse toda forma de representação elaborada a partir do idealismo e do realismo.

2 A OBJETIVIDADE CIENTÍFICA NA EPISTEMOLOGIA BACHELARDIANA – uma produção do racionalismo aplicado e do materialismo racional

Qualquer tentativa apressada de classificação da produção de Gaston Bachelard não seria fidedigna a sua erudição, pois ao transitar entre duas vertentes, a epistemológica e a do devaneio poético, ele nos alerta em seu livro *O Materialismo Racional* que “os problemas do materialismo colocar-se-ão tão claramente quanto mais francamente efetuarmos uma separação completa entre a vida racional e a vida onírica, aceitando uma vida dupla, a do homem noturno e do homem diurno.” (BACHELARD, 1990b, p. 29).

Para Lacroix (1973), Dagognet (1986) e Japiassu (1976), os dois caminhos abertos por Bachelard, o da epistemologia e o do devaneio poético, servem para que façamos do mundo a nossa provocação. Independente de ser este o ponto de ligação entre a via epistemológica e a via poética, manteremos em nosso trabalho a mesma separação proposta por Bachelard e buscaremos compreender na sua epistemologia elementos que possam contribuir para a formação do espírito científico como uma razão aberta em que o conhecimento científico seja, sempre a reforma de uma ilusão, sempre um processo de retificação de erros.

Assim, nesta seção retomamos a epistemologia de Bachelard, para explicitar como a ruptura e a negação são elementos constitutivos do desenvolvimento do pensamento científico e como, a partir do advento da Física contemporânea, foi possível o surgimento da fenomenotécnica, fazendo com que o objeto e a técnica, a teoria e a prática, estejam unidos na produção e na análise dos

fenômenos das ciências. Analisamos ainda a relação entre o obstáculo epistemológico e o perfil epistemológico como uma relação que traz a marca da cultura, demonstrando que ao analisar um determinado conceito, desvelamos um estágio particular dessa mesma.

2.1 A descontinuidade da ciência em Gaston Bachelard: ruptura e negação com o conhecimento comum

No artigo 'De Bachelard ao materialismo histórico', Lecourt (1980, p. 19) afirma que Bachelard não era marxista e nem mesmo um materialista e lembra que por mais discursiva que fosse sua obra, “[...] a epistemologia bachelardiana pretendia-se idealista; far-se-á, notar, finalmente, que o ponto mais evidente da conciliação desta obra aparentemente contraditória – epistemológica e ‘poética’ – é precisamente uma concepção dinamista do pensamento, no fundo muito ‘psicologista’.” É exatamente essa discursividade que Bachelard vai tomar de seu orientador, Léon Brunschvicg, tanto que para Dagognet (1986) e Cesar (1989), a obra epistemológica de Bachelard reflete o projeto idealista do seu orientador. Para nós, Bachelard indica uma direção diferente, pois

[...] a partir do momento em que se medita na ação científica, apercebemo-nos de que o realismo e o racionalismo trocam entre si infundavelmente seus conselhos. [...] as relações entre a teoria e a experiência são tão estreitas que nenhum método, quer experimental, quer racional, tem a garantia de conservar seu valor (BACHELARD, 1986, p. 14).

Nesse sentido o autor afirma que a atividade científica é um ato que deve ser colocado entre dois vetores epistemológicos: o da racionalização e o da

experimentação. O objeto científico para ele não é fruto de uma representação, pois não se chega a sua verdade pela atividade puramente contemplativa, ou seja, é necessário construir um objeto que esteja para além do objeto imediato. Dessa forma, o objeto científico “[...] é o percurso que vai da realidade explicada ao pensamento explicado.” (BACHELARD, 1986, p.14).

Esse percurso bachelardiano traz uma concepção de método que difere da concepção clássica. A definição clássica de método científico, conforme encontrada em Fourez, parte de uma concepção espontânea de observação que tem como função descrever a realidade como se as leis estivessem inseridas nela: “As ciências partem da observação fiel da realidade. Na seqüência da observação, tiram-se leis. Estas são então submetidas a verificações experimentais e, desse modo, postas à prova. Estas leis testadas são enfim inseridas em teorias que descrevem a realidade.” (FOUREZ, 1995, p. 38).

Ao contrário deste critério clássico de definição de método científico, Bachelard afirma que a ciência vive o método do seu tempo. Para explicitar essa vinculação, o autor divide o desenvolvimento científico em três grandes períodos: o estado pré-científico – da Antiguidade Clássica ao final do século XVIII –; o estado científico – do final do século XVIII ao início do século XX –; e o estado do novo espírito científico – a partir de 1906 com o advento da física einsteniana. Ao analisar este período, Bachelard (1973, p. 154) afirma que nem todas as ciências chegaram ao mesmo grau de maturação da Física e da Química, mas que o conhecimento do presente serve para avaliar as verdadeiras dimensões e significados do conhecimento do passado e, “[...] em certas circunstâncias, poder-se-ia dizer que o presente ilumina o passado.”

Bachelard rompe com a definição clássica, pois considera que para além do objeto imediato existe uma objetividade científica, sempre dada em forma de projeto; ela é fruto da dialética que se firma tanto na experiência como no raciocínio, no contato com a realidade e na referência à razão: “[...] não há, portanto, método de observação sem ação dos processos do método sobre o objeto observado. Há, portanto, uma interferência essencial do método e do objeto.” (id, 1986, p. 87).

Partindo da convicção de que o real oculto é uma construção humana e mais rico que o dado imediato, Bachelard (1987) propõe a negação do objeto imediato, afirmando que a ciência moderna não é uma continuidade da ciência clássica e que o conhecimento científico não se dá em continuidade ao conhecimento comum.

Através de retificações contínuas, de críticas e polêmicas que se constituem em sínteses progressivas, Bachelard afirma que não existem verdades primeiras, mas erros primeiros, que são retificados. Com isso o autor inaugura, em 1934, uma categoria filosófica inédita, “a do ‘Não’ [...] constituída pela extensão regular da negação.” (LECOURT, 1972, p. 21).

Com a sua proposição de negação, Bachelard afirma que para conhecer a evolução do espírito científico, deve-se visualizar o conhecimento como um tecido de erros positivos, o que implica a correção de erros subjetivos, de forma que o espírito científico somente pode ser construído destruindo o espírito não científico. É negando as experiências anteriores que uma experiência vai se firmar como nova, demonstrando que o espírito científico deve dialetizar todas as formas de conhecimento, sem dar privilégio às explicações generalizantes. Trata-se de uma proposição de ruptura entre o conhecimento sensível e conhecimento científico, o

que não seria exagero definir que a ciência instrumental é uma transcendência da ciência de observação natural. Essa forma de pensar cientificamente coloca-nos sempre em um campo epistemológico intermediário entre a teoria e a prática, de forma que o fenômeno ordenado sempre se apresentará mais rico que o fenômeno natural.

Nesse ponto, pode-se afirmar que o estudo de um objeto que se encontra determinado instrumentalmente conduz a retificação da razão, a experiência se converte em uma atividade dialogada, uma atividade que se firma na teoria e na prática, cuja consequência é a retificação dos erros primeiros. Assim, a ciência instrumentada cria objetos que não se encontram na natureza.

A proposição de “filosofia do não” em Bachelard (1991, p.14-16), somente pode ser compreendida se ela for caracterizada a partir de um pluralismo filosófico que informa os elementos diversos da experiência e da teoria. Assim, o aprofundamento do método de análise do pensamento científico, dentro de proposições filosóficas agrupadas, se dá no nível de cada noção em que se colocam as tarefas da filosofia das ciências: “As condições de dialéticas⁴ de uma definição científica diferente da definição usual surgiriam então mais claramente e compreender-se-ia, no pormenor das noções, aquilo que chamaremos a filosofia do não.”

Assim, Bachelard afirma que não se vai de um sistema para o outro, como se houvesse continuidade entre os conhecimentos, pois o surgimento de uma nova teoria estabelece os limites da primeira. Um caso exemplar desse funcionamento pode ser analisado se tomarmos a mecânica einsteniana em relação

⁴ Ao discutir a dialética de Bachelard, Cardoso (1995, p. 111) afirma “[...] o processo dialético ao qual o saber científico submete-se, não conduz a síntese hegeliana, mas a uma somatória, a um posicionamento mais determinado de conhecimentos, cada um com consciência de seu domínio. a tese e a antítese complementam-se, permitindo a emergência de, digamos, um pan-conhecimento.”

à mecânica newtoniana. Por exemplo, a velocidade que um corpo pode adquirir na mecânica newtoniana é teoricamente infinita, este fato nunca foi comprovado e na realidade a mecânica einsteniana estabelece como valor máximo da velocidade a ser atingido por um corpo é a da velocidade da luz, o que foi possível comprovar com os aceleradores de partícula. Todas as bases da mecânica newtoniana são questionadas, principalmente a concepção de tempo e espaço absolutos.

Bachelard demonstra ainda o valor da “filosofia do não” quando analisa o conceito de átomo da Física moderna. Ele afirma que esse conceito traz implícito o entendimento da palavra **salto quântico**, pois define ao mesmo tempo o que vem a ser instantaneidade e descontinuidade.

De alguma maneira encontra-se no conceito retificado de átomo a eliminação de suas imagens primeiras, pois este novo conceito é resultado de uma objetivação crítica, que retém do objeto somente o que foi criticado, descobrindo as leis orgânicas do pensamento científico, o que Bachelard denominou de ultra-racionalismo⁵.

Outro exemplo do valor da “filosofia do não” são os teoremas elaborados por Destouches e Poincaré. Para o primeiro, ao se construir “[...] duas teorias físicas, é possível construir uma teoria que as englobe ou unifique”, para o segundo “se um fenômeno comporta uma explicação completa, ele comportará uma

⁵ Conforme Canguilhem (*apud* BACHELARD, 1973. p. 9-10), o racionalismo complexo e o racionalismo dialético foram designados por Bachelard de **ultra-racionalismo**. Esse termo foi cunhado para romper com as formas de racionalismos que se constituem enquanto uma superstição científica, pois antes de Bachelard os racionalistas estavam preocupados “casi siempre se trataba de un compromiso de la razón contra la religión, o contra el orden establecido de un poder tradicionalista, más bien que un compromiso de la racionalidad de la razón contra su propia tradición. Esa especie de compromiso acompañaba a una razón impávida, segura de reencontrarse y de reconocerse en la continuidad progresiva de la ciencia que la había instruido. [O ultra-racionalismo es] un compromiso con la razón, [...] que evoca la agresividad de la razón, sistemáticamente dividida contra sí misma. [...] El compromiso racionalista es una revolución permeante.”

infinidade de outras que darão igualmente conta de todas as particularidades reveladas pela experiência.” (ibid., p. 132).

A diferença essencial entre os dois teoremas é que para Poincaré as teorias científicas são sobrepostas, o que implica dizer de outra maneira a mesma coisa. Para Destouches as teorias científicas são contíguas, o que permite dizer outra coisa da mesma maneira. Em síntese, em Poincaré sobressai o uso da explicação que lhe convier e em Destouches no encontro da teoria que melhor explique o fenômeno, construindo uma nova teoria e/ou unificando as teorias concorrentes. É nesse sentido que o valor epistemológico do teorema de Poincaré é uma filosofia do **como** e o de Destouches é uma proposição da **filosofia do não**, pois ao se inserir na polêmica de teorias contraditórias, decide qual é a falsa, negando-a ou unificando-a pela modificação de suas regras elementares de raciocínio.

Através dessas noções, Bachelard estabelece que a concepção de ciência não se dá numa direção evolucionista, mas através de rupturas. Ou seja, a ciência não se produz pela continuidade do conhecimento comum, mas por sua negação. Assim, o que se conhece é um contra-conhecimento que não se explica pelo somatório dos conhecimentos anteriores. Essa descontinuidade compõe o conceito de ruptura. Para o autor, toda a forma de conhecimento que impede a ruptura transforma-se em um obstáculo epistemológico, assim a ruptura bachelardiana é, então, uma proposição de rupturas de obstáculos e de suas retificações.

Os obstáculos, ao impedirem a formulação de um problema, fazem com que as perguntas não sejam reformuladas, impedindo a ocorrência de mudanças no objeto de estudo, que implicam a manutenção dos erros e,

conseqüentemente, entram o desenvolvimento do espírito científico pois este somente é alcançado quando os obstáculos epistemológicos são superados.

Para melhor compreensão dos obstáculos epistemológicos, faz-se necessário retomarmos os três grandes períodos do desenvolvimento científico propostos por Bachelard, analisando como a formação individual do espírito científico, passa necessariamente pela “Lei dos Três Estados”: concreto, concreto-abstrato e abstrato. Esses três estados podem ser detectados no desenvolvimento científico, conseqüentemente eles se encontram reproduzidos no espírito científico, ou seja, nos sujeitos.

No estado concreto, o espírito científico se contenta com as imagens primeiras de um fenômeno, como se o acesso ao real estivesse inscrito nos fatos, apóia-se “[...] **numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade.**” (BACHELARD, 1996, p. 11, grifo nosso).

No estado concreto-abstrato,

[...] o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apóia numa filosofia da simplicidade. O espírito ainda está numa situação paradoxal: sente-se tanto mais seguro de sua abstração, quanto mais claramente essa abstração for representada por uma intuição sensível (BACHELARD, 1996, p. 11).

Neste estado, o espírito científico encontra-se diante de um dilema, e usa esquemas geométricos que acabam por ficar na aparência do objeto, tomando-o como um objeto real, pois a representação geométrica encontra-se “[...] fundada num *realismo ingênuo das propriedades espaciais* [...]” É desta maneira, que a abstração encontra-se representada por uma intuição sensível, fundada na experiência primeira. (BACHELARD, 1996, p. 7, grifo do autor).

No estado abstrato, “[...] o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da

experiência imediata e até em polêmica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe.” (BACHELARD, 1996, p.11-12).

Neste sentido, no estado abstrato o espírito científico não se contentará mais com a representação geométrica do espaço, com a quantidade representada, mas buscará superar a descrição do *como* fenomenológico pelo *porquê* matemático. Aqui encontramos explícito o verdadeiro sentido do vetor epistemológico na formação do espírito científico, “[...] é preciso passar primeiro da imagem para a forma geométrica e, depois, da forma geométrica para a forma abstrata, ou seja, seguir a via psicológica normal do pensamento científico.” (ibid., 1996, p.11).

Assim, a formação do espírito científico vive na prática estes três estados, que não devem ser confundidos com periodização histórica do desenvolvimento da ciência, sendo possível encontrar em cada momento histórico a valoração de um ou outro estado na produção do conhecimento científico. Por analogia, podemos tomar os estados como momentos em que há uma maior manifestação da experiência e/ou da razão na produção do conhecimento. Partindo do princípio que estado concreto é o ‘espaço de experimentação’, que estado concreto-abstrato é o ‘espaço da verificação’ e que o espaço abstrato é o momento de união e de retroação destes espaços, pode-se afirmar que os três períodos históricos, propostos por Bachelard, encontram-se determinados por estes espaços e implicam em formas de produção do conhecimento.

Desta maneira, ao estudar um determinado fenômeno sempre estaríamos analisando-o sob os aspectos da experiência e/ou da razão. Com isto, poder-se-ia afirmar que no período pré-científico há maior valorização do ‘espaço da experimentação’ do conhecimento, o qual encontra-se esvaziado da prática de

ordenação do fenômeno pela teoria, por outro lado, no período científico há maior valorização do 'espaço de verificação' do conhecimento, o qual encontra-se esvaziado da prática de ordenação do fenômeno pelo empirismo.

Através dos conceitos de ruptura e de obstáculo epistemológico, Bachelard afirma, a 'filosofia do não' enquanto alternância do pensamento científico que claudica entre um *a priori* e um *a posteriori*, caracterizando um duplo movimento filosófico entre o que é dado e o que é construído, ou seja, entre o empirismo e o racionalismo, de forma que haja uma imbricação, uma interdependência entre a teoria e a prática. Esta imbricação e interdependência entre a teoria e a prática, constitui-se em Bachelard um dos elementos marcantes do período inicial da formação do 'o novo espírito científico', o qual somente foi possível com o advento da Física einsteniana. É neste período que encontraremos o 'espaço de experimentação' e o 'espaço de verificação' reunidos por um

[...] empirismo [que] precisa ser compreendido; [...] [um] racionalismo [que] precisa ser aplicado. Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente. O valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência (BACHELARD, 1991, 9-10).

Essa forma bachelardiana de pensar cientificamente convoca uma região epistemológica intermediária entre a teoria e a prática, de forma que o fenômeno ordenado apresenta-se mais rico que o fenômeno natural. É a forma mais pura do racionalismo, que se faz na experiência e na razão, pois os objetos são frutos dos diferentes métodos que usamos para capturá-los. Nesse sentido, o objeto não é uma impressão que nos é oferecida pela experiência imediata, ele é apropriado de modo indireto a partir do método, antecipado na matemática e na

experimentação, sendo que a renovação do método é a própria renovação do objeto de estudo.

A partir dessa posição, Bachelard (1991) critica os filósofos e os cientistas. Os primeiros, por efetuarem uma análise metafísica dos problemas da ciência, transplantando uma filosofia finalista e fechada para um pensamento científico aberto. Para ele, os filósofos usam a unidade de pensamento filosófico que advogam sem se preocuparem com o pluralismo e a variedade dos fatos. Critica os cientistas, por abrirem mão de qualquer sistema filosófico, declarando que a metafísica é desnecessária às suas interpretações, pois acreditam que a filosofia das ciências ainda está no reino dos fatos e que ela é um resumo dos resultados gerais do pensamento científico.

Com isto, a filosofia da ciência acaba por valorizar dois obstáculos epistemológicos: o geral e o imediato, pois ora valoriza o *a priori*, ora o *a posteriori*, esquecendo-se que o pensamento científico contemporâneo encontra-se entre estes dois extremos, entre os valores experimentais e os valores racionais, entre a teoria e a prática, entre a matemática e a experiência, entre o fenômeno e o número.

Somente com o advento da Física contemporânea é que foi possível o diálogo filosófico pela busca da precisão, firmado na junção do experimentador e do matemático, através de uma mentalidade abstrata. Assim, “[...] quando é a experimentação que contribui com a primeira mensagem de um fenômeno novo, o teórico não pode eximir-se de modificar a teoria em vigor para que ela assimile o fato novo.” (BACHELARD, 1977, p. 8).

Ou seja, de posse de um fenômeno novo, o pensamento científico procura determinar suas variações fenomenológicas designando suas variáveis matemáticas. Tal direção do pensamento científico “[...] baseia-se numa

compreensão matemática do conceito fenomenal e se esforça para equiparar, nesse ponto, razão e experiência” (BACHELARD, 1996, p. 82, grifo do autor).

Por outro lado, quando a possibilidade de um novo fenômeno é anunciada pelo teórico, o experimentador debruça-se sobre essa perspectiva, criando instrumentos que funcionam como mediadores necessários para estudar tal fenômeno. Nessa perspectiva, o objeto é designado como objeto de uma fenomenotécnica, pois a experiência e o instrumento se encontram antecipados teoricamente. (BACHELARD, 1977, p. 8).

A partir dessas direções do pensamento científico, Bachelard elabora o conceito de Fenomenotécnica, argumentando que os instrumentos nada mais são do que teorias materializadas que se transformam em elementos essenciais na produção dos fenômenos. Segundo Lecourt (1980, p. 28-29), esta idéia bachelardiana tem como efeito a retificação da categoria filosófica da experiência, buscando a função dos instrumentos na produção dos conceitos científicos:

[...] não só produção ‘teórica’ de conceitos, mas, indissociavelmente, produção material do objeto teórico [...] consiste precisamente em constituir pares entre o abstrato e o concreto, por meio do afinamento de instrumentos teoricamente definidos e da montagem de aparelhos segundo um programa de realização racional.

Dessa imbricação entre a teoria e a prática e a dupla implicação que uma produz sobre a outra, Bachelard define duas direções para o pensamento científico: a do Materialismo Racional e a do Racionalismo Aplicado. Assim, tanto o materialismo racional quanto o racionalismo aplicado somente foram possíveis com o advento da ciência contemporânea, ou seja com Física Relativística e com Física Quântica, pois para Bachelard é nesse momento que ocorre a união de razões teóricas e experiências técnicas para produzir ciência.

Então a fenomenotécnica é resultado de uma razão que se aplica, em que a construção do objeto se dá pela mediação técnica, é um projeto de verificação executado por um sujeito que necessita de duas certezas: uma de que o real está em conexão direta com a racionalidade, por isso chamado de **real científico**; e outra de que os argumentos racionais sobre a experiência já constituem momentos dessa experiência, pois “[...] é nesta posição que a dialética da razão e da técnica adquire sua eficácia. [...] posição central onde se manifesta tanto *um racionalismo aplicado quanto um materialismo instruído*” (BACHELARD, 1977, p, 10, grifo do autor).

Para Bachelard essas diferentes filosofias estão organizadas a partir do racionalismo aplicado e do materialismo técnico. Assim, ele elabora um espectro de organização das filosofias do conhecimento científico, uma topologia filosófica a partir da qual é efetuada a maior parte das discussões filosóficas a respeito das ciências:

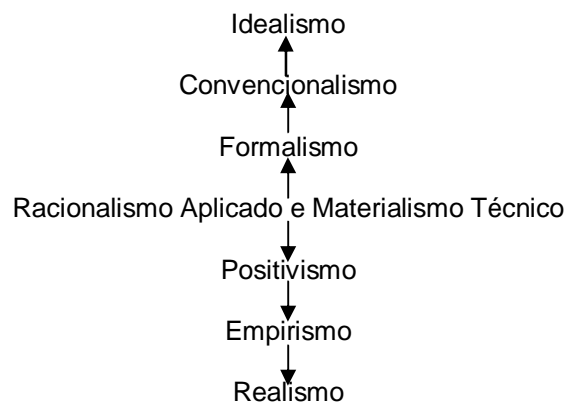


Figura 1 – Espectro filosófico do conhecimento científico (BACHELARD, 1977, p. 11).

Ao trabalhar sempre os pares opostos (p. ex. idealismo x realismo; empirismo x convencionalismo), Bachelard afirma que qualquer que seja a filosofia do conhecimento científico ela deve se organizar a partir do racionalismo aplicado e do materialismo técnico, ou seja, os campos epistemológicos se intercambiam com os

valores do racionalismo e do experimentalismo, abrangendo as mais diversas filosofias.

Por exemplo, ao analisar o espectro vamos constatar que na química e na Física contemporâneas o formalismo desempenha o papel de constituição de certas fórmulas que enfraquecem o papel da experiência por não fazerem nenhuma referência ao racionalismo aplicado. O formalismo é uma arbitrariedade do sujeito pensante que se contenta com as primeiras imagens da natureza, que não ultrapassa ao que ela tem de imediato, sendo portanto fruto de um idealismo ingênuo.

Ao adotarmos o positivismo como filosofia de formação do espírito científico veremos que a dedução perde seu valor no desenvolvimento das teorias modernas, pois adota a observação e a experimentação para estabelecer leis gerais que regem os fenômenos, negando ao espírito a possibilidade de buscar as causas das coisas. Se colocarmos o positivismo como guardião da hierarquia das leis, em contraposição ao empirismo puro, veremos que ele não possui a força organizacional compreendida pelo racionalismo da experiência. Assim, o positivismo, através do seu jogo de utilidade, desemboca num pragmatismo, numa gama de fórmulas empíricas que são responsáveis pelo acúmulo de fatos e coisas que atravancam o realismo.

Para os filósofos idealistas, o caminho que leva da materialidade técnica ao realismo ingênuo é um caminho que tem a realidade como sinônimo de irracionalidade, mas já não o é, pois para o espírito científico “[...] o materialismo ativo tem precisamente por função submeter tudo que possa ser qualificado de irracional em suas matérias, em seus objetos. [...] em seus *a priori* racionais [...] [ele]

depura todas as matérias da irracionalidade das origens” (BACHELARD, 1997, p. 13-14).

Entre o formalismo e o positivismo observa-se que o formalismo em sua autonomia lógica é responsável pela clareza dos pontos matemáticos e informa as leis positivas da experiência científica. No diálogo entre o empirismo e o convencionalismo, a correspondência se daria por seu duplo caráter de ceticismo, com um olhar mais distanciado do progresso científico. Quanto ao idealismo e ao realismo, não existe nada do pensamento científico moderno, pois o primeiro é prematuro ao idealizar os fenômenos da ciência como sua representação e o segundo é definitivo por tomar os fenômenos como uma representação do real.

O que se constata no espectro filosófico proposto por Bachelard é que o racionalismo não pode ser construído numa consciência isolada, fruto somente da razão, mas uma construção racional que traz a marca do materialismo técnico. Por outro lado, o materialismo técnico não é absolutamente realismo filosófico, mas sim uma realidade transformada, retificada, uma realidade que recebeu a marca do racionalismo. Em outras palavras, a ciência trabalha no centro filosófico que fundamenta a experiência e a invenção racional. Ou seja, a realização não é a primeira experiência, mas uma retificação que se faz a partir de uma segunda aproximação, portanto “[...] é pondo sistematicamente em dialética de cooperação a razão e o objeto científico que melhor nos certificamos dos caracteres racionais do materialismo técnico e, vice-versa, dos caracteres reais do racionalismo aplicado.” (BACHELARD, 1977, p. 16-17).

O vetor epistemológico em Bachelard possui dois valores: “[...] valor de crítica sobre as experiências antigas e um valor de ação sobre as experiências novas.” (BACHELARD, 1990a, p. 33). Com estes elementos, podemos afirmar que a

proposição de historicidade na epistemologia bachelardiana configura-se nos conceitos de ruptura, de obstáculos epistemológicos e na idéia de recorrência histórica. Assim, a história deve ser olhada a partir dos conceitos atuais para que se possa enxergar os diferentes erros que foram retificados e quais os obstáculos que se interpuseram na produção do conhecimento. Dessa forma:

A história bem feita é essencialmente *recorrente*, é dizer que o presente não se limita a receber seu sentido do passado como se poderia crer. Por sua vez o presente dá sentido ao passado [...] Determinar as recorrências inscritas na história ou captar a dialética de seus princípios é a mesma coisa (MARTIN, 1973, 66, grifo do autor, tradução nossa).

Nas ciências Físicas e Químicas contemporâneas, o conhecimento científico se faz em ruptura com o conhecimento vulgar, ou seja, é um conhecimento contra o senso comum. Essa descontinuidade pode ser caracterizada pelo aspecto filosófico das novas técnicas experimentais, as quais não são mais medidas diretas de um fenômeno, pois,

[...] aquilo que o homem faz numa técnica científica não existe na natureza, e nem é uma seqüência natural dos fenômenos naturais. [...] Atualmente, as Ciências Físicas nos conduzem a domínios novos com métodos novos, equivalendo a dizer que o objeto e o sujeito *estão um para o outro* em estado de novação (BACHELARD, 1977, p. 123-124, grifo do autor).

O melhor exemplo para demonstrar a descontinuidade no pensamento científico é a evolução da técnica moderna. Um caso exemplar é o da lâmpada elétrica, pois seus estudos demonstram que na de fio incandescente ocorre uma ruptura com todas as técnicas de iluminação descritas até o século XIX. Se antes era preciso queimar a lâmpada para que ocorresse a iluminação, na lâmpada de Edison a técnica é impedir que ela queime. A técnica antiga é de combustão e a nova é de não-combustão. É, então, pela crítica e pela negação da prática anterior que se funda o novo conhecimento. No entanto, o vínculo que permanece entre essas técnicas, é o de promover a iluminação, ou seja, ambas têm o objetivo de

iluminar, o que se coloca como um fim prático e utilitário do instrumento, aumentando, dessa forma, as descrições fenomenológicas tradicionais do conhecimento.

A contraposição entre essas duas técnicas permite ainda afirmar que a técnica de iluminação do século XVIII estava associada a uma concepção substancialista de eletricidade: ela é fogo-luz, que precisava ser alimentada para continuar gerando eletricidade. Essa forma de pensamento encontrava-se enraizada nos valores elementares do conhecimento vulgar, portanto, não conseguia evoluir, pois não lhe era possível abandonar seu empirismo primeiro que se constituía por generalidades das intuições ingênuas. Porém, na lâmpada de Edison existe uma técnica racional, uma técnica inspirada por leis racionais, por leis algébricas, nas palavras de Bachelard, uma fenomenotécnica, onde se registra no contador o quanto consome uma lâmpada⁶, ou seja, estabelece-se um empirismo racionalmente enquadrado.

Assim, a lâmpada de Edson constitui-se como um objeto de pensamento científico, um objeto abstrato-concreto, pois:

[...] para compreender seu funcionamento é preciso fazer um contorno que nos leva ao estudo das relações dos fenômenos, isto é, à ciência racional, expressa algebricamente. [Ou] como um exemplo do empirismo composto ou um exemplo de racionalismo aplicado. [o que] suscita uma filosofia dialogada. [Aqui] o objeto percebido e o objeto pensado pertencem a duas instâncias filosóficas diferentes. Pode-se, então, descrever o objeto duas vezes: uma como o percebemos; e uma vez como o pensamos. O objeto é, no caso, fenômeno e nômene⁷ (BACHELARD, 1977, p.129-130).

Uma outra oposição entre o conhecimento vulgar e o científico, se encontra na experimentação, enquanto o primeiro se dissemina em falsas partidas,

⁶ A equação utilizada para tal registro é $W = R I^2 t$, onde W = energia, R = Resistência, I = intensidade de corrente e t = tempo, ou para melhor determinar os efeitos da resistência $R = r l/s$, onde r = capacidade de resistência do metal, l = comprimento do fio e s = seção do fio.

⁷ Segundo o Dicionário Aurélio Eletrônico, trata-se de 'objeto inteligível, em oposição a objeto que se conhece pela intuição sensível; nômene'.

com designações fundamentais que acabam por estabelecer um conhecimento utilitário o segundo, se firma na experiência comprometida com a objetividade que presentifica o fenômeno estudado se valendo da resposta negativa, que, por sua vez, permite que uma experiência seja remetida a sua reconstituição positiva, ou seja, possibilita retificações contínuas da experiência. Assim, para afirmar o pensamento racionalista, é necessário retificar o conhecimento experimental que se encontra ligado com o conhecimento vulgar imediato, é preciso caracterizar como o pensamento científico se produz contra os primeiros obstáculos, como ele se retifica, se regulariza e se normaliza.

Outra leitura da continuidade entre o conhecimento vulgar e o conhecimento científico é dada pela interpretação que os filósofos empiristas fazem sobre o conhecimento, acreditando que ele é sempre sensível, que em última análise ele é redutível às sensações, apesar do próprio conhecimento científico não poder explicar as sensações. Para os filósofos que fazem esta leitura, o irracional está na própria raiz do conhecimento sensível. No entanto, para Bachelard (1977), o que existe é um problema mal formulado, que, mesmo com a multiplicação de novos conhecimentos efetivos, não possibilitou que os filósofos mudassem sua base de instrução, ou seja, eles continuaram a se instruir imaginando situações elementares.

Nas discussões sobre as cores, Bachelard chama a atenção para a diferenciação dos objetos da Física contemporânea com os da Biologia e da Psicologia. Ele demonstra que a linearização do espectro eletromagnético deu condições para que a Física fizesse uma individualização das cores, enquanto que na Biologia e na Psicologia o seu estudo se dá por fusões contínuas, atribuindo-lhes um realismo dominante. Se a Física ficasse presa às fusões contínuas não teria

chegado à descoberta do ultravioleta, do infravermelho, dos raios-X e dos raios gama.

Essas descobertas permitem afirmar que “a realização dessa experiência, experimenta-se, em seu ato, o racionalismo aplicado. No caso, a hipótese científica, no próprio pormenor dos pensamentos e das técnicas, é confirmada, é *concretizada*. A hipótese [...] é um plano de racionalização racional.” (BACHELARD, 1977, p. 139, grifos do autor).

Todos esses exemplos ilustram como a epistemologia bachelardiana se constitui através da negação do que se configura como sendo a objetividade dos conceitos científicos. Sua proposição se formula pela crítica e pela negação do que classicamente se instituiu como noções de objeto científico, objeto imediato e de fato científico. Assim, é pela ‘filosofia do não’ que se inaugura o conceito de retificação dos erros, promovendo a ruptura e a descontinuidade necessárias à formação do novo espírito científico.

Por meio dessas noções, Bachelard promove um deslocamento da noção de verdade instituída pela ciência clássica, a qual era possível alcançar tendo como referência apenas uma filosofia, a do empirismo ou a do racionalismo. A verdade na epistemologia bachelardiana sempre pode ser retificada e é fruto da fusão da teoria e da prática, de métodos racionais que formam ao mesmo tempo, a razão e a experiência, renovando a experiência e o pensamento.

Com isso, a caracterização que efetuamos dos três períodos históricos do desenvolvimento do espírito científico, enquanto ‘espaço de experimentação’ e ‘espaço de verificação’, podem também ser caracterizados, a partir da epistemologia bachelardiana, como momentos em que este desenvolvimento encontra-se delineado por um determinado espectro filosófico.

Assim, no estado pré-científico, o acesso ao conhecimento é feito de forma direta e imediata, influenciado por idéias e representações firmados nas analogias, imagens e metáforas, o sentido vetor epistemológico encontra-se enclausurado pelo realismo e/ou pelo idealismo, ficando sempre retido pelas imagens por não possuir um valor de crítica e de ação.

No estado científico, de acordo com Bachelard (1977) o espírito encontra-se marcado por uma postura racionalista e consegue fazer distinção entre o real percebido, portanto ingênuo, e o real científico, marcado pela experimentação e pela razão. Neste estado, a formação do espírito científico encontra-se marcada pela ruptura com o idealismo e com o realismo ingênuo, mas o papel da matemática ainda consiste em descrever os fenômenos, não passou do **como** para o **porquê** há, claramente, a geometrização do espaço como elemento fundamental para a interpretação dos fenômenos. Se olharmos para a Física desse período e tomarmos a dinâmica newtoniana como exemplo, veremos que a noção de força, de espaço e de tempo são relações geométricas euclidianas de forma que, passado, presente e futuro se encontram previamente determinados. O sentido do vetor epistemológico na Física clássica é extremamente direcionado para a abstração, mas perdeu seu valor de ação sobre as experiências novas, pois ao não aceitar elementos contrários ao espaço euclidiano, acabou por não renovar o seu objeto e conseqüentemente, não possibilitou a renovação do espírito científico.

É somente no estado do novo espírito científico, com o advento da Física contemporânea, que o sentido do vetor epistemológico e seu valor vão encontrar-se em um eterno estado de renovação, não perdendo o sentido do seu direcionamento e seu valor de crítica e de ação. Tanto que qualquer fenômeno é objeto de uma fenomenotécnica, na qual a experiência e o instrumento encontram-

se antecipados teoricamente, numa constante fusão da teoria e da prática, sendo que a teoria age sobre o instrumento e o instrumento age sobre a teoria, encontrando-se indissociáveis. Se se remontar à história da ciência moderna, até os dias atuais, veremos que a partir de 1906, com o advento da Mecânica Einsteiniana, esse entrelaçamento de teoria e instrumento revolucionou a produção do conhecimento.

Essa ruptura se fez sentir primeiramente na matemática e na física, a primeira por questionar o axioma do paralelismo de Euclides, criando uma emergência e uma 'Pangeometria', a segunda por romper com os valores absolutos de Newton sobre o espaço, o tempo e a massa e por associar a velocidade como um momento cinético, criando-se uma 'Panfísica'. Depois deste primeiro impacto na formação do novo espírito científico, houve ampliação e modificação das concepções sobre a matéria e a radiação que passam a ser definidas como estado de movimento, em que a matéria é energia e vice-versa, até ocorrerem mudanças produzidas pela mecânica ondulatória, quando a onda e corpúsculo passam a ser compreendidos como um comportamento dual.

O que ocorre no estado do novo espírito científico é a interferência destas quatro mudanças teóricas em todas as formas de conhecimento científico, tanto que não se pode mais falar que somente a Física e a Química contemporânea atingiram estes resultados. Assim, a fenomenotécnica passou a ser constitutiva do conhecimento, vê-se a técnica ser empregada nos estudo dos mais diferentes fenômenos, quer na Biologia com o estudo do DNA, na Farmacologia com o estudo de princípios ativos, na Medicina com o estudo e diagnóstico por imagens, na comunicação com a criação de chips de memória, na Astronomia com o estudo da origem do universo a partir dos raios cósmicos, entre outros.

2.2 A psicanálise do conhecimento objetivo: a relação entre o obstáculo epistemológico e o perfil epistemológico

Um dos objetivos da proposição de objetividade científica em Bachelard é romper com toda forma de conhecimento que impede a ruptura na ciência, conseqüentemente a formação do novo espírito científico. Esses impedimentos, que foram denominados por Bachelard de ‘obstáculos epistemológicos’, são inerentes à ciência e ao espírito científico, portanto

[...] não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos e do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (BACHELARD, 1996, p. 17).

A inércia que os obstáculos geram na produção da ciência deve se ao fato de possuírem a idade dos nossos preconceitos e, ao não serem questionados acabam incrustados no conhecimento, impedindo a formulação de um problema. Nesse sentido, Bachelard propõe que a superação dos obstáculos se dá pelo caminho da psicanálise dos erros iniciais, tanto que a “[...] cultura científica em estado de mobilização permanente, [deve] substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir. [...] detectar os obstáculos epistemológicos é um passo para fundamentar os rudimentos da psicanálise da razão.” (BACHELARD, 1991, p. 24).

A superação dos obstáculos não é uma filosofia do conhecimento científico, mas a instauração bachelardiana de uma psicologia objetiva que marca a

história dos erros pessoais, assim psicanalisada “[...] o objeto não somente na sua imagem e no seu uso, mas em sua própria materialidade, [...] a psicanálise é propedêutica do novo espírito científico em sua função autenticamente freudiana: a função catártica (purificadora ou depuradora).” (QUILET, 1977, 20-21). Portanto, psicanalisar os obstáculos é retirar do “[...] conhecimento objetivo [...] todo seu caráter subjetivo, ‘[...] descortinar a influência dos valores inconscientes na própria base do conhecimento empírico e científico’.” (LOPES, 1999, p. 134).

Para Lecourt (1980, P. 25-26), ao propor o conceito de obstáculo epistemológico, Bachelard acaba se interessando apenas pelos seus efeitos e não pelos mecanismos que atuam na prática do cientista, o que faz com que seu funcionamento seja em um sentido único: “ao invés do ‘Não’, preenche a ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico e restabelece a continuidade ameaçada pelo progresso do conhecimento científico.”

Assim, a presença de obstáculos epistemológicos na formação do novo espírito científico faz com que as interpretações de um determinado conceito sejam permeadas de explicações metafísicas, revelando um espectro filosófico que orienta as nossas noções conceituais, o que Bachelard (1991, p. 40) vai denominar de **perfil epistemológico**.

Para entender o progresso dos conceitos científicos é necessário analisar a sua evolução filosófica, ou seja, é seguir uma ordem que vai do animismo ao ultra-racionalismo, o que possibilita concluir que o conhecimento científico ordena a própria filosofia, oportunizando o estudo da progressão da razão. Dessa forma, não existe um filósofo que conseguiu maior avanço que o outro, pois cada percurso diz da filosofia vigente em cada momento. Na realidade, o espectro nocional nos informa que uma única filosofia não pode explicar tudo. Em outras palavras, cada

filosofia fornece um aspecto do espectro nocional, que ao serem agrupadas fornecem o espectro nocional completo de um conhecimento particular, isto é, o perfil epistemológico do conceito.

Bachelard analisa o desenvolvimento do conceito de massa, demonstrando que sua formação contempla os três estados do desenvolvimento científico, conseqüentemente todas as filosofias que compõem o espectro nocional.

A primeira noção de massa – a do animismo – se faz por meio de uma apreciação quantitativa grosseira, adquirida na contradição entre o grande e o pesado. Essa noção se dá pela expressão da quantidade, principalmente daquilo que é suficientemente grande, pois o senso comum despreza a massa das coisas miúdas, das coisas insignificantes, tornando esse conceito um “conceito-obstáculo” de massa, que acaba por bloquear o conhecimento.

No segundo nível – do realismo – o conceito de massa se beneficia da objetividade instrumental, usa-se do instrumento (balança) para uma determinação objetiva precisa e, neste caso o instrumento precede a teoria: conhece-se a balança antes de conhecer a teoria da alavanca. Esse conceito de massa corresponde a um pensamento realista, uma forma de pensamento empírico associado a uma experiência decisiva.

Essa conduta realista marca o trabalho teórico racionalista, porque ele “[...] tem necessidade de ser compreendido por simples experimentadores, porque ele quer falar mais depressa regressando conseqüentemente às origens animistas da linguagem, porque ele não teme o perigo de pensar simplificando, porque na vida comum ele é efetivamente realista.” (BACHELARD, 1991, p. 26).

O conceito de massa em Newton, no fim do século XVII, é definido como um corpo de noções e não mais como um elemento primitivo de uma

experiência imediata e direta, que pode ser expresso pela equação $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$ ⁸. Essa relação é fruto de sua mecânica racional e pode ser perfeitamente analisada pelas leis racionais da aritmética. É a negação da massa, enquanto uma grandeza realista e estática, retificada por uma grandeza dinâmica.

Se no realismo a noção de massa estava diretamente relacionada com o seu *ser* (quantidade de matéria), em Newton trata-se do devir dos fenômenos, “[...] é a necessidade de compreender o devir que racionaliza o realismo do ser, [...] é no sentido da complicação filosófica que se desenvolvem verdadeiramente os valores racionalistas, [...] o racionalismo [já] deixa antever o ultra-racionalismo.” (BACHELARD, 1991, p. 27-28).

Nesse momento, para que o realismo não seja apagado, ele deve passar do realismo das coisas para o realismo da lei, o que implicaria admitir duas ordens de realidade e, também a realização de leis cada vez mais variadas. Desta maneira a mecânica racional de Newton é uma negação das condutas realistas e pode ser explicada como uma informação racionalista, pois já é uma doutrina científica dotada do caráter filosófico kantiano, pois ela conquista rapidamente todas as suas funções *a priori*, satisfazendo o espírito científico.

O racionalismo newtoniano é responsável por todo o desenvolvimento da Física matemática até o século XIX e seus elementos fundamentais serviram para medir tudo, bem como, para a implantação do mecanicismo como uma filosofia através da qual era possível estudar qualquer objeto.

Com a relatividade de Einstein os elementos fundamentais da mecânica newtoniana sofreram um deslocamento: o tempo, o espaço e a massa que

⁸ Os símbolos em negrito representam grandezas vetoriais. \mathbf{F} corresponde a força, m a massa e \mathbf{a} aceleração.

eram tomados como grandezas absolutas, passam a ser interpretados como grandezas relativísticas. Por outro lado, a velocidade que era relativística, passa a ser interpretada como absoluta. Dessa forma, por não existir repouso absoluto na Mecânica Relativística, o conceito de massa passa a depender da velocidade do objeto, o que implica na perda do significado do conceito absoluto de massa. Em suma, um conceito que parecia simples e métrico dá lugar a uma noção complexa. Em termos teóricos, Bachelard explica que ocorre uma unificação dos termos da dialética, de forma que eles passam a representar uma síntese filosófica do racionalismo matemático e do empirismo técnico.

Os pontos de manutenção do racionalismo newtoniano encontram-se no nível das aplicações e no nível das construções racionais *a priori*. Fora deste âmbito, a noção elementar de massa se multiplica, conseqüentemente, multiplica-se o racionalismo, que se segmenta e se pluraliza: “Ao multiplicar-se, o racionalismo torna-se condicional. É tocado pela relatividade: uma organização racional é racional relativamente a um corpo de noções. Não existe razão absoluta. O racionalismo é funcional. É diverso e vivo.” (BACHELARD, 1991, p. 30-31). Essa marca bachelardiana de formação do perfil epistemológico, traz a marca da descontinuidade na ciência, de forma que um conceito apresenta a pluralidade do espectro filosófico, enquanto que para aqueles que entendem o desenvolvimento científico como linear, ou seja, que a ciência se dá em continuidade, a formação de um determinado conceito é explicada a partir de uma única filosofia, a qual, geralmente é anterior ao objeto, logo não é uma filosofia de produção da ciência.

O realista, ao tentar analisar a noção de massa relativística, mesmo que o faça pelo realismo das realidades das leis, falha, porque, ao tentar hierarquizar a realidade das leis, hierarquiza seu próprio fracasso, pois para o ultra-

racionalismo não existe hierarquização de dados e nem qualquer tipo de privilégio de uma grandeza sobre outra. Nesse sentido, Bachelard (1991, p. 31-32) afirma que o realismo é uma filosofia que “[...] assimila tudo, ou que, pelo menos, absorve tudo. Só se constitui porque se pensa sempre constituído, [...] que nunca se compromete, ao passo que o racionalismo se compromete sempre e arrisca totalmente em cada experiência.”

Para a análise da noção de massa na Mecânica Quântica tomaremos a noção de dualidade da matéria do francês Louis de Broglie⁹. Em 1924, demonstra que o elétron se comporta às vezes como uma onda e, às vezes, como uma partícula, chegando à conclusão que o dualismo onda-partícula é uma massa que oscila pelo espaço.

De alguma maneira, quando a massa quântica se comporta como partícula, contempla as quatro filosofias precedentes: o realismo, o empirismo, o racionalismo newtoniano e o racionalismo einsteniano, mas quando ela se comporta como uma onda, o que ocorre é uma dialetização da matéria.

O conceito onda-partícula, comprovado experimentalmente, acaba por afirmar uma matemática do apenas provável que ultrapassa os limites newtonianos e einstenianos. Esse tratamento foi dado por Schrödinger, em 1926, que, partindo das idéias de De Broglie, formula a idéia de que a matéria nunca está num lugar definido. Assim, o que se pode afirmar dela é tão-somente a probabilidade de encontrá-la num determinado lugar.

Os estudos do conceito quântico de massa levaram os físicos a duas explicações teóricas para os fenômenos naturais do mundo quântico: uma é o princípio da incerteza de Heisenberg (que afirma ser impossível conhecer, ao

⁹ Embora Bachelard (1991) tenha analisado a idéia de massa negativa a partir de Dirac, essa é uma teoria até hoje não comprovada. Por isso a opção em analisar a dualidade da matéria, a partir de Louis de Broglie.

mesmo tempo, a velocidade e a posição dos elétrons, pois o simples ato de observá-los provoca alterações) e a outra é o da complementaridade de Bohr (que considera a dualidade onda-partícula, como duas descrições complementares de uma mesma realidade).

A partir do princípio de complementaridade de Bohr, os conceitos da física newtoniana têm seu valor restringido, pois a realidade não pode mais ser descrita por um único ponto de vista. O princípio da incerteza de Heisenberg muda profundamente a visão de mundo, pois a previsão dos acontecimentos futuros se torna imprecisa, pelo fato de tal princípio tomar os eventos como algo provável, com vários resultados possíveis para uma observação, ou seja, pelo fato de cada um ter sua própria probabilidade, a explicação de um fenômeno decorre de uma gama de probabilidades relativas aos desdobramentos de cada experiência.

Temos neste exemplo a negação da matemática que afirma o 'isto é' e sua retificação pela matemática do 'porque não?', ou seja,

[o.] 'porque não?' que é característica do novo espírito científico. [É] nesta região do ultra-racionalismo dialético que *sonha* o espírito científico, [como] aquele que se aventura pensando, que pensa aventurando-se, que procura uma iluminação do pensamento através do pensamento, que encontra uma intuição súbita no além do pensamento instruído (BACHELARD, 1991, p. 34, grifo do autor).

De posse da análise das diferentes noções de massa ao longo do desenvolvimento do novo espírito científico, Bachelard (1991) elabora a sua concepção pessoal sobre a noção de massa, traçando seu perfil epistemológico, e ao mesmo tempo, demonstrando o seu valor como um conceito particular e como um estágio particular da sua cultura.

Basicamente, o espectro nocional para o conceito de massa para Bachelard encontra-se no esquema da figura 2:

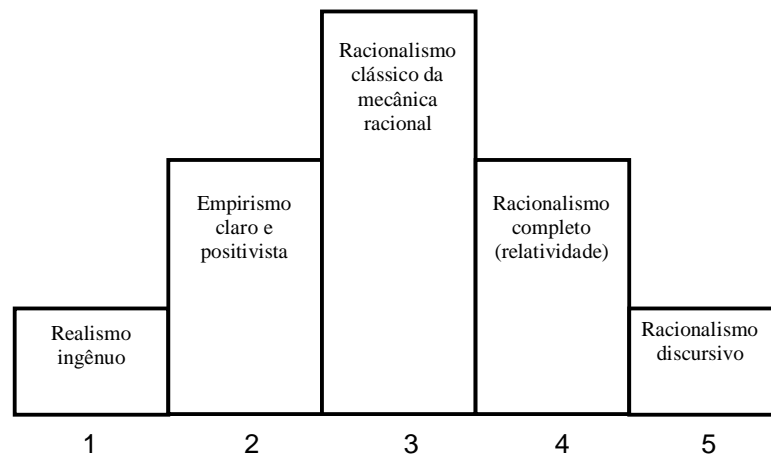


Figura 2 – Perfil epistemológico da noção pessoal de massa para Bachelard (BACHELARD, 1991, p. 41).

Para Bachelard (1991), seu conceito de massa é orientada por esse pluralismo filosófico, o que caracteriza o seu perfil epistemológico sobre um conceito particular, sendo “válido para um espírito particular que se examina num estágio particular da sua cultura. É esta dupla particularização que torna um perfil epistemológico interessante para uma psicologia do espírito científico” (BACHELARD, 1991, 40-41).

Bachelard (1991, p. 41-42) justifica a dimensão de cada um dos seus perfis, sob os seguintes aspectos:

Perfil 1: A zona de realismo manifesta-se devido à adesão às metáforas em que a quantidade mais vaga é apresentada como uma massa precisa. (Bachelard não conseguiu psicanalisar suas primeiras impressões).

Perfil 2: O seu empirismo é fruto da **conduta da balança de precisão**, tem na noção de massa um valor absoluto.

Perfil 3: O racionalismo clássico sobrepõe aos outros perfis devido à formação de Bachelard em matemática clássica e desenvolvida durante sua longa prática de ensino de Física elementar. Seu perfil é, sobretudo uma noção relacional, que transparece em suas análises.

Perfil 4 e 5: A não ascensão aos dois últimos perfis – racionalismo completo e racionalismo discursivo – se dá pela dificuldade de entendimento de seus fenômenos, quer nos aspectos da teoria, da matematização e/ou da experimentação, principalmente quando se trata da quântica. O acesso a esses dois perfis é bloqueado pelo racionalismo simples, podendo ele se constituir em um obstáculo ao progresso da cultura científica.

Bachelard elabora seu perfil epistemológico para o conceito de energia, demonstrando que esta é uma das funções da psicanálise, analisar a conduta do cientista frente ao conhecimento, pois deste

[...] modo pensamos que só depois de se ter recolhido o álbum dos perfis epistemológicos de todas as noções de base, é que se pode estudar verdadeiramente a eficácia relativa das diversas filosofias. Tais álbuns, necessariamente individuais, serviriam de testes para a psicologia do espírito científico. [Uma] análise filosófica espectral [...] determinaria com precisão a forma como as diversas filosofias reagem ao nível de um conhecimento objetivo particular. [A] filosofia de base de análise dos perfis epistemológicos é um eixo verdadeiramente real, um eixo contínuo [eixo das abscissas], que não tem nada de arbitrário e que corresponde a um desenvolvimento regular dos conhecimentos (BACHELARD, 1991, p. 45).

Ao analisar os perfis epistemológicos constata-se que o conhecimento objetivo de noções particulares encontra-se nesta ordem: realismo, empirismo e racionalismo. Não existindo para um conhecimento objetivo particular uma única filosofia, seu desenvolvimento se dá numa pluralidade filosófica que, ao mesmo tempo, expõe a sua filosofia particular. Tanto no caso da noção de massa quanto no da noção de energia, a filosofia particular de Bachelard é o racionalismo clássico da mecânica racional. Ao revelar seu perfil epistemológico, Bachelard revela, ao mesmo tempo seus obstáculos epistemológicos, principalmente o matematismo, pois ele não conseguiu sair da matemática do **como** para o **porquê**?

Ao colocar o conhecimento científico em termos de obstáculos, Bachelard (1996, p. 17) afirma que o

[...] conhecimento do real é luz que sempre projeta sombras. O nunca é 'o que se poderia achar' mas sempre é o que se deveria ter pensado. [...] No fundo, o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização.

Dessa maneira, há uma relação intrínseca entre obstáculo e perfil epistemológico, se por um lado os obstáculos têm a idade de nossos preconceitos, do outro lado, os perfis epistemológicos guardam a marca dos obstáculos que a cultura teve que superar, revelando que “[...] Os primeiros obstáculos, aqueles que encontramos nos primeiros estádios da cultura, dão lugar a nítidos esforços pedagógicos.” (BACHELARD, 1996, p.21).

Assim, o novo espírito científico deve se opor a toda forma de conhecimento que reúna opinião, analogias, imagens, metáforas, estudando a noção de obstáculo epistemológico no desenvolvimento do pensamento científico e na prática da educação, tomando os fatos como idéias, inserindo-as num sistema de pensamento em busca da racionalidade que, ao captar os conceitos científicos em sínteses psicológicas progressivas, estabelece uma escala de conceitos que demonstrará que o pensamento científico é uma superação de obstáculos.

O espírito científico em sua luta para se reformar, deve vencer os diversos obstáculos epistemológicos e se constituir na retificação dos erros, alterando, conseqüentemente o espectro de seu perfil epistemológico. Enquanto o espírito pré-científico busca a síntese em generalidades, o espírito científico, especializa-se, buscando a síntese a partir da sua especialidade. Desta maneira, não se trata de uma filosofia do conhecimento científico, mas sim de uma psicologia, pois não há verdade sem retificação de erros: “a psicologia da atitude objetiva é a história de nossos erros pessoais.” (BACHELARD, 1996, p. 293).

O espírito pré-científico ao tomar o estímulo como ponto de partida para a primeira objetividade, não ascende à psicologia do controle objetivo, o objeto

científico não pode ser uma primeira aproximação. O que torna impossível a objetividade científica neste espírito é o ponto de partida, o conhecimento sensível é sempre um compromisso falho.

Para que a psicologia bachelardiana seja a do espírito científico ela deverá ser normativa e estar sempre em ruptura com o conhecimento usual e para captar sua essência é preciso refletir como

[...] as *leis* descobertas na experiência são pensadas sob formas de *regras* aptas a descobrir fatos novos. [...] À medida que os conhecimentos se acumulam, *elas* ocupam mesmo espaços, porque se trata verdadeiramente de conhecimento científico e não de erudição empírica, é sempre como método confirmado que a experiência é pensada. [...] um fracasso experimental significa mais tarde ou mais cedo uma mudança de lógica, uma mudança profunda do conhecimento. [Há] uma endosse da psicologia matemática e da psicologia experimental (BACHELARD, 1986, p. 98, grifo do autor).

Bachelard (1996, p. 295) afirma que é preciso chegar ao controle social da objetividade enquanto uma reforma do pensamento, para assegurar que o estímulo não seja mais a base da objetividade. De forma que “[...] a objetividade seja fundada no comportamento do outro, ou ainda, para logo revelar o aspecto paradoxal de nosso pensamento, pretendemos escolher o olho do outro – sempre o olho do outro – para ver a forma – a forma felizmente abstrata – do fenômeno objetivo [...]”.

De alguma maneira esse controle já existe; pois trabalhamos em uma ciência socializada, na qual as mensurações são preparadas com aparelhos que não são somente uma extensão de nossos sentidos, mas que se constituem enquanto teorias materializadas, numa relação recíproca entre o espaço de verificação e o de experimentação, entre o aparelho e a teoria.

Assim, a característica do verdadeiro espírito científico é a de formulação de problemas, cujo conhecimento será a resposta, não cessando o

crescimento espiritual, pois “[...] o homem movido pelo espírito científico deseja saber, mas para imediatamente, melhor questionar.” (BACHELARD, 1991, p. 21, grifo do autor).

Ao deixar de olhar para os fenômenos essenciais, o pensamento pré-científico acaba por elaborar imagens, analogias e metáforas que se constituirão em obstáculos para o espírito científico, os quais devem ser psicanalisados para que a racionalização da experiência seja inserida num jogo de razões múltiplas, o que tem contra si a experiência primeira e nossas certezas imediatas. Essa proposição bachelardiana tem implicações pedagógicas para a formação do espírito científico, para que o cientista renuncie a sua própria intelectualidade, pois sem

essa renúncia explícita, sem esse despojamento da intuição, sem esse abandono das imagens preferidas, a pesquisa objetiva não tarda a perder não só a sua fecundidade mas o próprio vetor da descoberta, o ímpeto indutivo. Uma descoberta objetiva é logo uma retificação subjetiva. Se o objeto me instrui, ele me modifica. [...] Quando é bem realizada a psicanálise do pragmatismo, quero saber para poder saber, nunca para *utilizar* (BACHELARD, 1991, p. 305, grifo do autor).

Assim, Bachelard (1991, p. 295) afirma que é preciso chegar a um controle social da objetividade enquanto uma reforma do pensamento, para que possamos ter certeza que o estímulo não é mais a base da objetividade, propondo “[...] que a objetividade seja fundada no comportamento do outro, ou ainda, para logo revelar o aspecto paradoxal de nosso pensamento, pretendemos escolher o olho do outro – sempre o olho do outro – para ver a forma – a forma felizmente abstrata – do fenômeno objetivo [...]”.

Toda psicanálise do espírito científico consiste precisamente em liberar a razão dos impulsos vitais e o objeto material dos compromissos da vida. A materialidade é a realidade da racionalidade. Essa forma de espírito pré-científico acabou negando a generalidade da lei da gravidade em função dos corpos

imponderáveis, pois opera sobre as coisas e não sobre axiomas e se institui como fruto de uma dialética prematura e mal instruída. Essa constatação possibilitou a extração de “[...] um argumento para situar a filosofia dialética para além do racionalismo. A utilização de uma dialética ao nível do realismo é sempre incerta e provisória.” (BACHELARD, 1991, p. 24).

Um espírito que aceita esta digressão metafísica – a massa como uma referência ao grande e ao pesado – não pode aceder à cultura científica, pois a compreensão de um conceito animista não ultrapassa uma simples descrição. Para que o espírito possa aceder à cultura científica deve-se efetuar uma psicanálise objetiva das generalidades e das noções particulares.

3 A FUNÇÃO DA FENOMENOTÉCNICA NA PRODUÇÃO CIENTÍFICA: os espaços de experimentação e verificação do conhecimento na Astronomia

Nesta seção busca-se analisar a produção da fenomenotécnica tomando como material de análise o desenvolvimento da Astronomia nos sistemas ptolomaico, copernicano, newtoniana e einsteniano. Para tanto, serão considerados os momentos históricos de rupturas, analisando o que tem sido considerado a ‘evolução’ das idéias científicas.

Esse estudo não visa estabelecer uma ordem cronológica de fatos, mas procurando seguir as indicações de Bachelard, toma-os enquanto elementos necessários para caracterizar os momentos de rupturas, delimitando o papel do racionalismo aplicado e do materialismo racional no estabelecimento de cada teoria. Em última instância, o que se pretende é elaborar uma cronologia que reflita o papel da técnica no desenvolvimento da Astronomia, o que implica determinar o momento histórico em que o objeto de estudo da Astronomia é uma produção da fenomenotécnica segundo as indicações bachelardianas.

Por volta de 360 a 370 a.C., Eudóxio de Cnido (409-356 a.C.), influenciado pelas idéias de Platão (~ 428-348 a.C.), explicava o movimento “aparente do Sol, da Lua e dos planetas, imaginando que giravam sobre grandes esferas de cristal concêntricas com a Terra, idéia que serviu depois para elaborar a teoria Geocêntrica.” (DAMPIER, 1945, p. 94, tradução nossa).

Para explicar como o universo se encontrava organizado, Aristóteles (384-322 a.C.) empregava o mesmo sistema de Eudóxio, mas criava uma Física do

‘lugar natural’. Pode-se pensar que a física do ‘lugar natural’ fosse um prolongamento do senso comum, mas essa idéia seria enganosa, pois a física aristotélica é uma teoria que parte

[...] dos dados do senso comum, os submete a uma elaboração sistemática extremamente coerente e severa. [...] Um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar. O regresso à ordem é o que chamamos de movimento natural. O lugar natural implica finitude de movimento, portanto finitude do universo, ou a concepção de um universo limitado (KOYRÉ, 1986, p. 21-23).

Através da teoria do ‘lugar natural’ não é necessário buscar as causas primeiras do movimento, pois, os corpos mais pesados tendem a ir para o centro e, os mais leves para cima. Há na Física aristotélica um todo hierarquizado, de forma que o movimento está determinado pela natureza qualitativa das coisas. Para Crombie (2000, p. 78) Aristóteles estabelece que todas as coisas que se movem devem ser movidas por algo, pela ação motriz do meio e no caso do cosmos pelo *primum movens*. Para Koyré (1986, p. 28), Aristóteles vai mais longe ainda e nega o espaço vazio de Euclides, elaborando uma Física em que não havia espaço para a matematização dos fenômenos supralunares, pois “[...] um corpo, no vazio, não saberia para onde ir [o que] não é compatível com a idéia de ordem cósmica, [logo é] preciso não confundir geometria com física: o físico raciocina sobre o real (qualitativo), o geômetra apenas se ocupa de abstrações.”

Sob a égide da epistemologia bachelardiana, pode-se afirmar que a Física aristotélica fica na aparência dos fenômenos, pois sua teoria é elaborada a partir de experiências¹⁰ comuns e não existe a experimentação no seu aspecto objetivo, isto é, repetir as situações para confirmar um fato e, por último, não faz uso da matemática mas da razão para explicar os movimentos supralunares, já que eles foram gerados a partir de um motor primeiro – Deus.

¹⁰ Em Aristóteles a experiência consiste em conhecer o fato que ocorre repetidamente, não as causas, conhece-se o particular e não o universal. (ABBAGNANO, 2000, p.406).

Nota-se que na proposição da física aristotélica, todos os elementos vão ocupar o seu lugar dentro de uma determinada esfera, caso não sejam impedidos de seu movimento. Desta forma, os quatro elementos (terra, água, ar e fogo) ocupam seus lugares em função de seu peso, formando as quatro esferas do mundo sublunar.

Ao separar os movimentos dos corpos sublunares dos corpos supralunares, Aristóteles adota, de Platão (428-348 a.C.) e de Eudóxio (~406-~380 a.C.), a idéia do movimento circular como o mais perfeito de todos, logo o movimento dos corpos celestes que orbitava a Terra em esferas concêntricas. Uma das diferenças entre o modelo platônico e o aristotélico é que enquanto para o primeiro as esferas são entes matemáticos, para o segundo elas são interpretadas como objetos materiais (esferas cristalinas). Por isso, o sistema aristotélico tinha o cosmos composto por 55 esferas, sendo a última – Motor Primário – responsável pelo movimento das outras.

Essa descrição do mundo, independente da existência de modelos concorrentes, vai se transformando em um sistema de explicação de funcionamento do universo, com uma representação geométrica que explica os movimentos das esferas das estrelas fixas e dos planetas, com a Terra no centro. Com Bachelard, pode-se afirmar que a geometria era tomada *a priori*, seus entes geométricos eram usados para explicar qualquer fenômeno, não explicando as reais causas do movimento.

Aristarco de Samos (310-230 a.C.) elabora uma teoria, uma das primeiras de proposição heliocêntrica, contrária ao sistema de Aristóteles:

[...] as estrelas fixas e o Sol permanecem imóveis, e a Terra gira ao redor do Sol segundo uma circunferência, lá no centro da órbita se acha o Sol. [...] Para explicar a imobilidade aparente das estrelas fixas frente ao movimento da Terra Aristarco deduzia com grande

lógica que suas distâncias eram enormes em comparação com o diâmetro da órbita terrestre (DAMPIER, 1945, p.94, tradução nossa).

Outro astrônomo da era pré-cristã foi Hiparco de Nicéia (160-125 a.C.), responsável por compilar um catálogo com a posição e a magnitude de 850 estrelas no céu. Ele foi o primeiro a elaborar um método que especificava a magnitude de uma estrela a partir de seu brilho. Foi também responsável por determinar corretamente a direção dos pólos celestes, bem como a sua precessão¹¹. O trabalho de Hiparco, principalmente a determinação da magnitude de uma estrela em função de seu brilho, se constitui em uma idealização, em que ele empregava a analogia para chegar a uma tabela de referência de magnitude. Quanto à determinação do movimento de precessão ele o faz com base na geometria.

É a partir de Hiparco¹² que os astrônomos passam a fazer uso de instrumentos graduados e até Tycho Brahe (1546-1601) “o material de observação será extremamente reduzido e permanecerá praticamente o mesmo, [que] são em número de três: o quadrante estático, o *triquetum* e a esfera armilar.” (VERDET, 1991, p.46).

Segundo Dampier (1945, p. 95-96), Hiparco indicava que os movimentos

aparentes do Sol, da Lua e dos Planetas podiam ser explicados supondo que cada corpo discorria sobre uma órbita os epiciclos, giratórios como um todo ao redor da Terra, segundo uma órbita circular ou período imensamente maior. As posições e dimensões destes ciclos e epiciclos podiam ser determinadas pelas observações diretas. (tradução nossa).

¹¹ Segundo o Dicionário Aurélio Eletrônico a precessão é o ‘Movimento cíclico dos equinócios ao longo da eclíptica, na direção oeste, causado pela ação perturbadora do Sol e da Lua sobre a dilatação equatorial da Terra, e que tem um período de cerca de 26.000 anos.

¹² Hiparco desenvolveu uma série de medidas importantes para a compreensão da Astronomia: determinou o valor correto de 8/3 para a razão entre o tamanho da sombra da Terra e o tamanho da Lua, que a Lua encontrava-se a uma distância de 59 vezes o raio da Terra e a duração do ano. Suas medidas foram tão precisas que, atualmente, a distância entre a Terra e a Lua é de 60 vezes e a margem de erro de duração do ano é de 6 minutos.

Os dados astronômicos disponíveis até o século II de nossa era foram coligidos por Ptolomeu (~100-200 d.C.) nos aspectos matemáticos e geométricos¹³. A Astronomia ptolomaica foi influenciada, basicamente, pelos trabalhos de Hiparco, Platão e Aristóteles. Para Évora (1993a, p. 61) os conceitos físicos do sistema ptolomaico foram calcados na Física aristotélica, enquanto que os aspectos matemáticos foram calcados nos princípios platônicos, portanto as demonstrações dos fenômenos celestes provavam que tudo era produto de movimentos regulares e circulares.

Do trabalho de Hiparco, Ptolomeu adota a teoria de excêntricos e epiciclos, os quais tinham o papel de 'salvar as aparências', tanto que para ele, o astrônomo "precisa se esforçar ao máximo no sentido de estabelecer concordância entre as hipóteses mais simples e os movimentos celestes; mas se isto não é alcançado, deve escolher aquelas hipóteses que podem convir" (PTOLOMEU, apud MICHEL et *all.* 1959, p. 153).

O sistema ptolomaico e a física aristotélica transformaram-se em modelo de pensamento e influenciaram o desenvolvimento da Astronomia até o final do século XVII. Nesses sistemas, o papel da matemática e da teoria eram tomados *a priori*. Assim, o que se constata é a valorização do 'espaço de verificação' em detrimento do 'espaço de experimentação'. A matemática, quando preciso, tinha sempre o papel de salvar as aparências dos movimentos, fato este assumido por Ptolomeu. Tudo estava dado, de maneira que não havia a experimentação, mas sim a confecção de instrumentos técnicos que representavam o modelo concebido aprioristicamente. Mesmo que aparecesse discordância entre a teoria e as

¹³ Essa catalogação de Ptolomeu resultou no livro *Almagesto*, famoso tratado que explicava a importância da Astronomia como ciência que não é puramente abstrata "[...] pelo contrário, [ela] exerce uma notável influência na existência da humanidade, [também] descreve o 'astrolábio', instrumento composto por uma combinação de círculos graduados [...] usado para determinar as coordenadas celestes" (ABETTI, 1992, p. 60-62).

experiências comuns (dados oriundos da observação de fenômenos), a teoria jamais seria descartada, para tanto deveriam ser retomadas as hipóteses.

Ora, se as teorias eram tomadas *a priori* e se a matemática, a experimentação e o instrumento estavam a serviço da corroboração da teoria, servindo, portanto, para 'salvar as aparências', é notório que não haveria processos de retificação na teoria. Nos sistemas de Ptolomeu e Aristóteles, ocorria o abandono imediato da matemática, da experimentação e do instrumento quando esses espaços de experimentação contradiziam a teoria. Ambos os sistemas adotavam o ideal platônico das formas perfeitas e essa concepção, na visão de Bachelard, vai configurar-se em um obstáculo epistemológico em momento de retificação da teoria. Como a matematização dos fenômenos provava que a teoria era um todo coerente, tanto pela teoria quanto pela prática, mantinha-se o modelo, pois a adoção das formas perfeitas de Platão por Aristóteles levava-o a tomar os movimentos dos corpos na superfície terrestre como não sendo unificados aos movimentos celestes, ou seja, o que ocorria era uma separação entre o mundo sublunar e o supralunar, idéia que perdurou até o século XVII.

Da mesma forma, os instrumentos técnicos, que não se destinavam a desenvolver a experimentação e nem se produziam a partir dela, por exemplo, as 'esferas armilares'; serviam para repetir os movimentos dos astros e o astrolábio para determinar a altitude de um astro. Assim, a geometria não era usada para entender o espaço, mas sim para reproduzir o mundo natural, a explicação matemática estava dada aprioristicamente nas formas perfeitas de Platão.

Esta atitude impedia a experimentação e caso ela existisse não podia ser a negação do que é observado, pois a teoria estava fundada no real aparente observado, tanto que Ptolomeu ao inserir o *equante* abandona o princípio

do movimento circular uniforme provocando a ruptura entre a Astronomia Matemática e a Astronomia Física, ou seja, abandona-se a explicação física dos fenômenos. Para os filósofos e cosmólogos o movimento uniforme das órbitas celestes era responsável pelo movimento uniforme dos corpos celestes. Do ponto de vista físico, os astrônomos matemáticos respondiam que “[...] não lhes dizia respeito e que o objetivo deles era determinar as posições dos planetas, sem se ocuparem do mecanismo que os conduzia ao lugar determinado pelo cálculo.” (KOYRÉ, 1991: 85-86).

Copérnico (1473-1543) rompe com o sistema ptolomaico ao lançar o sistema heliocêntrico, partindo da suposição de que a Terra gira sobre seu próprio eixo (movimento de rotação) e, ao mesmo tempo, gira ao redor do Sol (movimento de translação). O sistema copernicano simplificava o de Ptolomeu, mas mantinha o ideal platônico das esferas concêntricas e a existência da esfera das estrelas fixas¹⁴.

O modelo de Copérnico apresenta-se mais simplificado do que o de Ptolomeu, pois se liberta dos equantes, oferecendo uma única imagem do universo. Os movimentos de paradas, retroações, etc, são projeções do movimento da Terra no céu, tornando possível determinar mais facilmente o que são movimentos aparentes e reais.

Para Copérnico o universo é

[...] esférico, ou porque esta é a forma mais perfeita de todas – um todo inteiro sem qualquer junção de partes – ou porque esta figura, entre todas, é a que tem o maior volume e assim é a mais conveniente para encerrar e conservar todas as coisas; ou até porque as partes mais perfeitas do universo, isto é, O Sol, a Lua e as estrelas, se apresentam com essa forma e porque todo o Universo

¹⁴ Na configuração de Copérnico, o Sol era o astro central e, a partir dele, Mercúrio, Vênus, Terra (Lua girando ao redor da Terra), Marte, Júpiter, Saturno e, por último, a esfera das estrelas fixas. Esse sistema explica mais eficientemente a aparente rotação diurna do céu em torno dos pólos, o aparente movimento do Sol entre as estrelas, o aparente retrocesso dos planetas, a determinação das estações do ano como dependentes da inclinação do eixo terrestre, e para deduzir, pela primeira vez, a escala relativa das distâncias dentro do sistema solar.

tende a ser por ela delimitado (COPÉRNICO apud ÉVORA, 1993b, p. 126).

Copérnico, mesmo mantendo as metafísicas do sistema ptolomaico, consegue olhar fatos velhos de um novo modo, do modo platônico-pitagórico, criando com o seu sistema heliocêntrico uma 'geometria celeste', a qual será incrementada pelos trabalhos de Tycho Brahe e Kepler, iniciando a inserção da observação sistemática e a matematização dos fenômenos celestes.

Até Copérnico, todos os astrônomos retomaram Platão tomando as esferas perfeitas como 'entes materiais'. Copérnico toma-as como 'entes matemáticos', isto é, como idealização. Daí afirmar que Copérnico inicia o processo de matematização na Astronomia, pois a inversão feita por ele, dá início a uma nova concepção do Universo. Contudo, seu modelo mantém a teoria de base – a perfeição do sistema esférico e do movimento circular para os fenômenos celestes. Ao manter a teoria de base, Copérnico não consegue unificar a física celeste com a física terrestre e o movimento nesses dois mundos fica separado, quer enquanto explicação teórica quer como interpretação matemática dos movimentos.

Mesmo com o trabalho de Copérnico, a física aristotélica continua sendo referência de explicação dos movimentos dos corpos. Galileu (1564-1642), contudo, pronuncia-se abertamente contra o aristotelismo ao elaborar a física da 'força imprimida'. Dessa forma ele nega dois fenômenos aristotélicos: que o movimento é eterno e a distinção entre a velocidade e o movimento de um corpo. Para Galileu, o "[...] movimento eterno é impossível e absurdo, precisamente porque ele é o produto da força motriz que se esgota ao produzi-lo. [...] [e] A velocidade não é uma função da resistência do meio: é algo que é inerente e intrínseco ao próprio movimento" (KOYRÉ, 1986, p. 80-82).

A física da 'força imprimida' afirma que o movimento de um móvel é efeito de uma força que o coloca em movimento e que não é necessário nenhum motor para mantê-lo. Negando Aristóteles, estabelece que a lei que explica o movimento de um móvel é a mesma que explica seu repouso. Em Aristóteles o repouso não precisa ser explicado, pois não existe movimento.

Contudo, Galileu mantém-se preso à mesma metafísica ao conservar a ordem concêntrica dos elementos. No entanto, ao explicar esta ordem ele geometriza o espaço e ao estudar o movimento, ele utiliza uma física matemática dedutiva e abstrata, uma física da hipótese matemática.

Assim, para Koyré (1986, p. 99-100) as experiências de que Galileu se valeu,

[...] não são, e nunca serão, mais do que *experiências de pensamento*. As únicas, alias, que eram possíveis fazer com os objetos de sua física. [...] Os objetos da física galilaica [...] não são corpos 'reais. Não se pode colocar corpos reais [no sentido do senso comum] no irreal do espaço geométrico, [...] mas pode supor corpos abstratos tal como Platão o fez, tal como fará o platônico Arquimedes [que não os dotou de movimento], isto foi obra do arquimediano Galileu.

O real esforço de Galileu¹⁵ foi o de matematizar a Física e a Astronomia, o que o levou ao fracasso parcial pela não unificação do movimento dos corpos terrestres com o dos corpos celestes. O que ele ofereceu à Física e à Astronomia foi a possibilidade de substituir a

[...] realidade empírica por um mundo matemático, que ao invés de tentar salvar o fenômeno faria aparecer entre a realidade empírica e a realidade ideal o abismo mortal do fato não explicado. [Ele] fracassou [...] porque não soube, ou não pode, nem libertar-se do facto, nem aceitar a conseqüência inevitável da matematização do real: a geometrização completa do espaço, o que significa a infinidade do universo e a destruição do cosmos (KOYRÉ, 1986, p. 256-262).

¹⁵ Ao contrário do que se afirma nos livros didáticos e nos PCNs, Galileu não conseguiu elaborar a lei da inércia.

O livro de Galileu, 'O diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano' é classificado por Koyré (1986, p. 263) como não científico, como uma obra pedagógica. Coronado (1987, p. 191), no entanto, destaca sua importância pelo fato de Galileu assumir "que o sujeito cognoscente tem a possibilidade e o direito de potencializar, mediante instrumentos, os sentidos que foram dados pela natureza do criador." (tradução nossa).

Independente deste embate, vemos em Galileu o nascimento da experimentação para a explicação dos fenômenos físicos. Caso os experimentos sejam idealizações, é porque eles se encontram antecipados teoricamente. Mais do que isto, pode-se afirmar a partir de Bachelard que a natureza em Galileu é de ordem objetiva, pois ela deve ser matematizável e capturada via experimentação. Mas de que ordem é a Matemática e a experimentação usada por Galileu? É a da descrição da natureza enquanto lócus de acontecimento dos fenômenos físicos, as leis encontram-se na natureza, tanto que no livro 'O Ensaaiador', Galilei (1973, p. 237-238) afirma que "[...] poderia dar muitos exemplos da variedade da natureza em produzir seus efeitos de maneira inimaginável para nós, se os sentidos e a experiência não nos explicitassem sem, muitas vezes, suprir nossa incapacidade."

Em 1609, Galileu tem acesso a um texto que descrevia um instrumento que fora construído na Holanda (luneta holandesa). Tal instrumento permitia enxergar coisas que não estivessem próximas e podia ser usado na navegação e/ou nas guerras. A partir dessa descrição, Galileu fabrica um aparelho semelhante¹⁶, o telescópio. Nos meses seguintes o aperfeiçoa e, ao apontá-lo para o céu, observa que a Lua era imperfeita como a Terra e que havia uma vastidão de estrelas que não podiam ser vistas a olho nu, o que "[...] colocou em evidência os

¹⁶ O instrumento fabricado por Galileu – o telescópio refrator – era capaz de aumentar em até nove vezes o tamanho aparente dos objetos. Ele usou uma lente plano-convexa e outra plano-côncava, sendo a primeira ocular e a segunda objetiva.

limites do conhecimento dos astrônomos gregos [e] foi o primeiro indício que o Universo é muito mais vasto e mais complexo do que nenhum homem da antiguidade sonhou, ou podia ter sonhado.” (ASIMOV, 1975, 36-37).

A inserção do telescópio na Astronomia tornou possível a observação sistemática do céu que ultrapassava o dado imediato. Estas descobertas vão permitir a construção de argumentos contra o geocentrismo.

Mas o que era o telescópio para Galileu? Era um instrumento que ampliava os sentidos e servia para contrapor a afirmação aristotélica da imutabilidade do Céu, pois “[...] nós, graças ao telescópio, aproximamo-lo [o Sol] trinta ou quarenta vezes mais que o era para Aristóteles, tal que podemos discernir nele cem coisas que ele não podia ver [...] podemos tratar do céu e do Sol com maior segurança [...]”. (Galilei, 2001, p. 136).

Galileu enfrentou, contudo, diversas controvérsias, pois seus opositores usavam argumentos aristotélicos para desabonar a validade do instrumento: “[...] as impressões dos sentidos estão notoriamente sujeitas a ilusões e a única via segura são as faculdades de pensamento da mente reflexiva, que argumenta a partir de axiomas evidentes.” (ASIMOV, 1975, 34, tradução nossa).

O fato de Galileu não conseguir explicar o porque das estrelas observadas não aumentarem de tamanho como os planetas e satélites, aumentava as especulações contrárias ao telescópio. Para Évora (2004, p. 81) a invenção de Galileu se deu por tentativa e erro, pois, ele desconhecia a obra de Kepler¹⁷ (1571-1630) sobre óptica e “[...] seria necessário inteligência sobre-humana para inventar o telescópio com base na Física e na geometria então conhecidas.” Em 1800 Huygens

¹⁷ Kepler estudou o telescópio construído por Galileu. Ele sugeriu o aumento de seu diâmetro para que os raios que passam pela objetiva pudessem chegar ao foco e que a lente ocular fosse convexa ao invés de côncava. Este novo telescópio substituiu o galileano apresentando diversas vantagens práticas, entre elas o aumento do campo visual e o seu uso para medir a posição de uma estrela.

(apud Évora, 2004, p. 80) afirmava que ainda não se possuía, até aquele momento, conhecimento suficiente para explicar o funcionamento do telescópio.

O coroamento da revolução galileiana se dá em dois sentidos: primeiramente ela rompe com os instrumentos técnicos usados na observação astronômica desde Hiparco até Tycho Brahe, oferecendo elementos para questionar as concepções teóricas do geocentrismo e, em segundo lugar, junto com Kepler, afirma que a natureza está escrita em caracteres matemáticos. Os instrumentos tentavam reproduzir o real e faziam triunfar a descrição, tanto que as esferas armilares construídas para representar os sistemas “[...] de Ptolomeu, de Copérnico ou de Tycho Brahe, *reproduziam* – ou acreditavam reproduzir – situações reais. Pouco importa as *dimensões reais*. O realismo [...] abandona, sem nisso se dar conta, a realidade da grandeza.” (BACHELARD, 1996, p. 75, grifo do autor).

A experiência em Galileu é somente a da intuição sensível¹⁸, que com a Matemática, tinha o papel de revelar ao homem toda a natureza. Assim a matemática é constitutiva da experiência sensível, o que para Bachelard (1996, p. 259-261) constitui-se em um obstáculo, uma vez que a precisão da medida é a do realista (empirista) que mede a natureza. Por outro lado, Galileu inaugura a aplicação sistemática do método experimental – observar um fenômeno para a partir de sua regularidade retirar regras gerais.

A partir da concepção de Galileu que corpos de peso diferentes, em queda livre, caem com a mesma aceleração e a partir do princípio de inércia de Descartes (1596-1650), Newton (1642-1727), ao estudar o movimento, realiza o projeto galileano de matematização da natureza e elabora leis que servem para explicar o movimento dos corpos na superfície terrestre, bem como no universo.

¹⁸ Ao longo da história da filosofia a intuição foi e é considerada uma relação direta com o objeto, caracterizada pela imediação e pela presença do objeto, sendo que a sensível, em Kant, é a intuição de todo ser pensante finito, ao qual o objeto é dado. (ABBAGNANO, 2000, p.581-583).

As três leis da dinâmica elaboradas por Newton, rompem com a idéia de que o conhecimento matemático dos fenômenos é puramente geométrico. Os conceitos básicos da mecânica newtoniana são o espaço, o tempo e a massa, os quais são absolutos e mensuráveis, podendo ser tratados matematicamente (não mais geometricamente) como cálculo infinitesimal. As três leis de Newton oferecem uma definição precisa de força: qualitativa (como causa do movimento e princípio de interação dos corpos) e quantitativa (como uma relação entre a força, a massa e a aceleração, chamado de princípio fundamental da dinâmica¹⁹).

Tendo como base o princípio fundamental da mecânica, Newton elabora, em 1687, a mecânica celeste denominada Teoria da Gravitação Universal (TGU). Isso exigiu que ele explicasse duas questões da mecânica: a transformação de movimentos lineares em movimentos circulares e/ou elípticos e a variação da força gravitacional enquanto uma função da distância entre os corpos. Newton, tomando as premissas do movimento terrestre e as leis de Kepler, demonstra matematicamente que a força com que um corpo atrai o outro varia em proporção inversa ao quadrado da distância e é dependente da massa dos corpos²⁰. Dessa forma, ele conclui que a força que faz com que as coisas caiam no solo da Terra deve ser a mesma que rege os movimentos dos planetas. Com isto, unifica os movimentos terrestres e celestes.

Este campo de trabalho aberto pela TGU provou a validade da teoria para explicar diferentes fatos observados até aquele momento. Ademais, rompeu com o sistema copernicano, negando um mundo finito que girava ao redor do Sol e

¹⁹ $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$

²⁰ $\mathbf{F} = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$, onde F é a força; G o valor da constante gravitacional, m_1 massa de qualquer corpo, por exemplo da Terra; m_2 massa de um segundo corpo, por exemplo do Sol e d a distância entre esses corpos.

criou, ao mesmo tempo, a concepção de um mundo infinito com diversos sistemas solares, no qual o próprio Sol encontra-se em movimento com a Via Láctea.

Da mecânica newtoniana pode-se retirar duas máximas:

[...] a validade da mecânica terrestre para os espaços siderais e a supressão do dogma filosófico da ciência natural. Newton admite a distinção entre qualidades primeiras (como a extensão e a inércia, que podem ser testadas matematicamente) e qualidades secundárias (como o calor, sabor e som, que não são meras sensações cerebrais induzidas pelas qualidades primeiras) (DAMPIER, 1945, p. 255, 260, tradução nossa).

Isto levou Newton a assumir que o mundo se compõe de matéria em movimento e a descartar qualquer possibilidade de hipóteses que não possam ser comprovadas pela observação e/ou pelos experimentos. Pode-se inferir que Newton entendia as leis e os conceitos fundamentais como resultados deduzidos logicamente das experiências. Para Bachelard (1996), as experiências newtonianas são antecipações da matemática, permitindo supor diferentes casos geométricos e deixando uma certa margem para a realização empírica. Então a epígrafe de Newton, 'A Filosofia natural deve sobretudo procurar raciocinar sobre os fenômenos, sem recorrer às hipóteses' é uma designação de observações experimentais sobrepondo às intuições meramente hipotéticas, é a proposição de que um fenômeno se revela por completo a partir de seu estudo matemático, se esforçando para equiparar a razão e a experiência.

Para Omnès (1996, p. 56), a proposição de método em Newton é a de

[...] reencontrar resultados, já conhecidos enquanto regras empíricas, como conseqüências lógicas ou matemáticas dos princípios [fundamentais da dinâmica]. No fundo, [a gravitação universal] tem a mesma natureza [...], pois se trata, neste caso, de reencontrar as regras empíricas de Kepler como conseqüências dos princípios.

Por parecer que as máximas newtonianas retiram da ciência qualquer possibilidade metafísica, Newton é questionado por Huygens e Leibnz, pois

ambos acreditavam que a idéia de ação à distância fazia reviver as qualidades ocultas e as forças espirituais para explicar o movimento. No entanto, ele assevera que só se pode indicar como age a gravidade, mas não se pode especular sobre a causa da gravidade.

Com isto, Newton afirma que Deus é o criador do espaço e do tempo e, que a Divindade e o éter cósmico são os únicos seres fixos e imóveis a impregnar o espaço. Assim, para medir o tempo, o espaço e o movimento são necessários “[...] um conjunto de sistema e observadores do Universo, que [possam] medir, em princípio, velocidades absolutas, isto é, as que estavam em repouso no éter cósmico.” (MASON, 1962, p. 163, 164).

A teoria newtoniana implanta a racionalização da Física com a Matemática, oferece um plano de leitura que ultrapassa o imediato e o realismo ingênuo, firmando um “[...] pluralismo coerente de quantidade, que permite conceber órbitas não só elípticas, mas também parabólicas e hiperbólicas.” (BACHELARD, 1996, p.286). Ao adotar o modelo matemático euclidiano para a TGU, Newton concebe a interação de forças entre dois corpos como linhas retas, o que interfere no movimento retilíneo dos corpos, fazendo com que eles tenham movimentos circulares, dada pela sua equação da gravitação ($F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$).

A lei da gravitação de Newton explica as observações de Kepler, afirmando que é pelo fato de ser “[...] a gravitação [...] uma força em razão inversa do quadrado das distâncias que se estabelece uma revolução elíptica que segue a lei das áreas observadas por Kepler. O pensamento matemático que subentende a observação e a experimentação científica é argumentado neste *é porquê.*” (BACHELARD, 1977, p. 207, grifo do autor).

No final do século XVII, Newton e Leibniz , elaboram, quase ao mesmo tempo, o cálculo integral. Mas este avanço matemático não é aplicado onde deveria acontecer, permanecendo, assim o século XVIII marcado por uma matemática a serviço da geometria e da dinâmica, fazendo com que as análises não ultrapassem as combinações diversas dos polinômios, da trigonometria, de exponenciais e outras.

Em 1668, Newton a partir dos conhecimentos que possuía sobre a luz, constrói o telescópio refletor. Atualmente os observatórios profissionais usam esse telescópio para observar o universo, pois ele apresenta a vantagem de não produzir aberração cromática. O telescópio refrator, além de produzir tal aberração, não deixa passar todo comprimento de onda através de suas lentes e as que passam mudam o seu comprimento. Essa diferença entre os dois tipos de telescópios encontra-se no aperfeiçoamento que Newton dá ao instrumento, enquanto Galileu constrói o instrumento por tentativa e erro, Newton, parte da teoria sobre a cor (luz), antecipando teoricamente o instrumento.

Mesmo com este avanço, as descobertas astronômicas continuavam dentro do limite do sistema solar e não conseguiam superar os mapas estelares de Tycho e Hevelius. Esse fato, deve-se a uma concepção geométrica do universo representada nos mapas astronômicos. Para Bachelard (1973, p.114), essa experiência sobre o universo não prepara nenhuma multiplicação de pensamento, apenas explora o universo a partir de uma visão de descrição da posição dos objetos astronômicos, faz previsões de acontecimentos futuros a partir de observações diretas, não permitindo a construção teórica do objeto da Astronomia.

O instrumento, neste caso o telescópio, assume em 1676 o papel de não ser mais somente ampliador do campo da visão humana quando o astrônomo

Edmund *Halley* (1656-1742) o acopla a um micrômetro de filamento e elabora um mapa estelar. Esse mapa permite a *Halley* realizar um estudo comparativo dos mapas estelares de Flamsteed (1646-1719) com os de Tycho Brahe, dando fim à esfera das estrelas fixas, pois constata que elas não eram fixas de fato, havendo uma diferença substancial de localização entre elas.

Com a construção do espectroscópio por Fraunhofer (1787-1826) e com o advento da fotografia, inaugura-se uma nova era na Astronomia, que até este momento “[...] permanecia como uma ciência puramente observacional e matemática, até que, [...] descobriu-se o método de análise do espectro. [...] Surgiu [a] astrofísica, que permitiu melhor conhecer a física e a química das estrelas e das galáxias mais distantes.” (MOURÃO, 2002, p. 121). Assim, através das fotografias foi possível determinar a constituição e a temperatura de estrelas, de planetas, de galáxias, bem como a existência de estrelas invisíveis a olho nu, além de ser possível efetuar registros que não podiam ser percebidos pelo observador. Com isso, os instrumentos serviam para diferenciar e explicar diferentes fenômenos astronômicos, tanto que a idéia de Universo “[...] se limita a generalizar experiências, a estender ao longínquo o que o físico descobre na experiência local.” (BACHELARD, 1973, p. 116, tradução nossa).

No início do século XX, vivencia-se na Física uma nova ruptura, quando Albert Einstein (1879-1955) em 1905 elabora a teoria da relatividade especial (TRE) e em 1916 a teoria da relatividade geral (TRG).

Antes de entrar no estudo da relatividade propriamente dita, tomaremos o paradoxo elaborado por Olbers (em 1823): por que a noite é escura se ela se encontra repleta de milhões de sois e, em qualquer direção que apontarmos o dedo, existirá uma estrela?

Para S. O. Kepler Filho e Saraiva (2003, p. 588-589) o problema pode ser elaborado da seguinte maneira:

[...] suponha que as estrelas estejam distribuídas de maneira uniforme em um espaço infinito. Para um observador em qualquer lugar, o volume de uma esfera com centro nele aumentará com o quadrado do raio dessa esfera ($dV = 4\frac{1}{2}R^2dr$). Portanto, à medida que ele olha mais longe, vê um número de estrelas que cresce com o quadrado da distância. Como resultado, sua linha de visada sempre interceptará uma estrela, seja lá qual for a direção em que ele olhe. Uma analogia simples de fazer é com uma floresta de árvores. Se estamos no meio da floresta, ao nosso redor vemos as árvores bem espaçadas entre si, mas quanto mais longe olhamos, mais diminui o espaçamento entre as árvores de forma que no limite da nossa linha de visada as árvores estão todas juntas e nada podemos ver além delas. Como o brilho das estrelas cai com o quadrado da distância, enquanto o número de estrelas aumenta com o quadrado da distância, o céu em média deveria ser tão brilhante quanto a superfície de uma estrela média, pois estaria completamente coberto delas. Mas, obviamente, não é isso que vemos e, portanto, o raciocínio está errado. Por quê?

Segundo Harrison (1995, p. 234), a solução deste enigma não é simples. No entanto, na tentativa de resolvê-lo, os cientistas trabalharam com hipóteses, considerando o Universo como um espaço finito, infinito, estacionário, finito sem limites, curvo, com ausência do éter, entre outras, e ofereciam como interpretação que o céu era recoberto de estrelas, não recoberto de estrelas e que existe um “sol da meia-noite.”

As soluções mais recentes a respeito dessa problemática colocam-nos em contato direto com as idéias da Teoria da Relatividade Geral de Einstein, levando-nos a buscar, nos trabalhos de Macmillan, em 1925, de Bondi, em 1952, e de Harrison, em 1981, as soluções para o Paradoxo de Olbers.

Para Macmillan, o Universo encontra-se em um estado estacionário e nunca muda a sua aparência. A escuridão é explicada pela geração de novos átomos nas profundezas do Universo, por meio da transformação da energia radiante em átomos de matéria e vice-versa. Desta forma, a energia é conservada e o céu permanece escuro para sempre. A solução encontrada por Macmillan não

gerou polêmica junto à comunidade científica, devido à teoria do Big Bang, que afirma a existência de energia radiante de fundo recobrimdo todo o espaço. Ele também não fez uso de nenhum aparato experimental que o levasse a detectar a existência da energia radiante de fundo.

Buscando a solução para o Paradoxo de Olbers, Bondi mediu a amplitude do desvio para o vermelho cósmico, oriundo das galáxias distantes, chegando à conclusão de que o Universo é estacionário e de criação contínua e, mesmo sendo recoberto de estrela, apresenta-se escuro.

Para Harrison (1995, p. 220), a solução de Bondi é uma explicação convincente, pois considera a radiação de fundo, desde que a distância onde se encontra o fundo das “paredes douradas de Poe²¹” seja superior a 15 bilhões de anos-luz²². Por outro lado, ao admitir-se que o Universo é estacionário, Bondi desconsiderou a teoria do *big bang*, que implica a evolução do Universo. Logo, “o céu é escuro por falta de estrelas, não por falta de luz estelar.”

A solução proposta por Harrison (1995, p.233) considera o desvio para o vermelho e a teoria do Big Bang, tem como ponto de partida a evolução do Universo. Para Harrison, ao olharmos por entre as estrelas, olhamos para imensas distâncias do espaço e para um tempo remoto e a nossa ‘visão’ vai até o horizonte do universo visível. Na fronteira do *big bang*, enxergamos a luz que outrora iluminava todo o Universo, transformada em uma escuridão de infravermelho invisível preenchendo o espaço e o tempo com seu brilho remanescente. Em síntese, o universo não existiu por todo o sempre e a escuridão da noite é uma

²¹ Edgard Alan Poe (1809-1849) poeta, ensaísta e cientista amador, em 1845 escreveu um ensaio sobre ‘O poder das palavras’: “Baixa os olhos para as distâncias abismais! – tenta lançar os olhos sobre as profundas perspectivas das estrelas, quando deslizamos lentamente por entre elas assim – e assim – e assim! A visão espiritual não é ela mesma detida pelas paredes douradas do universo? – as paredes das miríades dos corpos brilhantes que o mero número parece fundir numa unidade?” (POE, 1845, apud HARRISON, 1995, p. 170).

²² Ano-luz: distância percorrida pela luz, no vácuo, durante um ano, sendo velocidade de aproximadamente 300.000 km/s.

prova de que ele teve um início. Como o universo tem uma idade finita e a luz tem uma velocidade finita, a luz das estrelas mais distantes ainda não teve tempo de chegar até a Terra. Portanto, o universo visível é limitado no espaço, por ser finito no tempo.

Toda essa discussão preliminar sobre a escuridão da noite remete a TRE e a TRG de Einstein, sendo que as soluções apresentadas são fruto de uma teoria que considera o espaço, o tempo, a massa e a energia como grandezas não absolutas e, que o campo gravitacional é curvado pelo tempo-espaço. As teorias de Einstein constituem-se na 'negação' dos conceitos da mecânica newtoniana.

A TRE é especial porque está restrita aos casos em que os campos gravitacionais são pequenos ou desprezíveis. Basicamente, ela afirma que: a velocidade da luz no vácuo é constante, independente da velocidade da fonte, que a massa depende da velocidade, que há dilatação do tempo durante movimento em alta velocidade, que massa e energia são equivalentes e que nada pode mover-se mais rápido do que a luz.

A validade da TRG está ligada a grandes dimensões e grandes massas, é uma teoria que descreve a gravitação como ação das massas nas propriedades do espaço e do tempo, ou seja, o espaço-tempo é curvo.

Na elaboração da TRE, Einstein (1999, p. 17) questiona os conceitos absolutos de espaço e tempo da mecânica clássica, pelo fato desta estabelecer que a trajetória de um objeto depende do sistema de coordenadas adotado. Outro questionamento feito por ele, relaciona-se com a lei da inércia, pois, só se pode falar em sua validade dentro de um sistema de coordenadas no qual um corpo suficientemente afastado de outros corpos permaneça em estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, o que é impossível, pois mesmo tomando como

referência as estrelas fixas, estas descrevem durante um dia um círculo de raio imenso.

As medidas que foram efetuadas para a velocidade da luz (c) determinam que ela é finita e constante, o que contradiz o teorema da adição de velocidades da mecânica clássica, na qual qualquer corpo poderá atingir uma velocidade infinita. Isso levou Einstein a indagar “quais seriam as conseqüências de ver-se capacitado a deslocar com a velocidade da luz. [...] Poderíamos, em tal caso, acompanhar uma crista ou uma depressão e as oscilações simplesmente desapareceriam a nossos olhos de observadores.” (BERNSTEIN, 1975, p. 40, 41).

De acordo com esta conjectura, a luz perderia seu caráter ondulatório, o que não é admitido pelas equações de Maxwell, então, Einstein mudou este princípio, afirmando: os fenômenos da natureza que se desenvolvem em um sistema de coordenadas sem rotação e que efetuam movimento uniforme em relação a outro sistema, obedecem às mesmas leis (EINSTEIN, 1999, p. 19).

Michelson e Morley, em 1887, realizam um experimento com um interferômetro²³ buscando provar a existência do éter. A hipótese era a de que a Terra se movimentava através do éter estacionário. Contudo, o não aparecimento de franjas de interferência da luz, levou-os a deduzir que não havia movimento relativo entre a Terra e o éter.

Einstein afirma ter sido influenciado pela proposição de contração de Lorentz e Fitz-Gerald, que para explicar o resultado negativo do experimento de Michelson e Morley, afirmaram que a matéria é unida por forças elétricas e quando se move através de um éter eletromagnético deve contrair-se na direção do movimento. Dessa forma, Einstein nega a existência do éter, derrubando os

²³ Segundo Ferreira (1986, p. 958), instrumento em que ocorre interferência de luz ou de ondas eletromagnéticas, utilizado em medições de alta precisão.

conceitos metafísicos da mecânica newtoniana. Tal postulado levou Dampier (1945, p. 547), afirmar que “[...] as idéias de espaço e tempo absolutos eram ficções da imaginação, conceitos metafísicos não derivados diretamente das observações e experimentos físicos.” (tradução nossa).

Essa influência levou Einstein a elaborar as equações do tempo, do espaço, da massa e da energia, as quais expressam que um corpo ao adquirir a velocidade próxima à da luz, tem o seu comprimento contraído na direção do movimento, a massa aumentada e o tempo transcorrendo mais devagar. Caso uma pessoa estivesse viajando com este corpo, não seria consciente destas variações, mas como o movimento depende da referência, ele estaria em repouso em relação ao corpo e encontraria os mesmos valores de uma pessoa que se encontra na Terra.

Uma importante relação efetuada por Einstein na TRE, foi a de estabelecer a equivalência entre a massa e a energia, representada pela equação $E=m.c^{2*}$ Nesta equação, encontra-se expressa a transformação da massa em energia e vice-versa e para a constatação deste fato basta que um corpo adquira velocidade próxima à velocidade da luz, então, a teoria informa o tipo de experimento a ser realizado.

Einstein destaca que a mecânica clássica conseguiu unir a dinâmica dos fenômenos terrestre e celeste, mas não conseguiu enxergar a igualdade entre a massa inercial e massa gravitacional de um corpo. Ela possibilitaria afirmar que a aceleração de um corpo caindo livremente no espaço é igual à intensidade do campo gravitacional: “[...] corpos que se movimentam sob ação exclusiva do campo

* $E=m.c^2$, E é energia, m a massa de um corpo em movimento e c a velocidade da luz.

gravitacional experimentam uma aceleração que *não depende em absoluto nem do material nem do estado físico do corpo.*” (EINSTEIN, 1999, p. 57, grifo do autor).

A outra ruptura promovida por Einstein (1999, p. 64, 81) diz respeito à substituição do sistema de coordenadas do tempo-espaço euclidiano, por um sistema de coordenadas gaussianas. Afirmando que o caminho natural a ser seguido por qualquer corpo que se encontra sob ação de um campo gravitacional sofre um desvio em sua trajetória, uma vez que o tempo-espaço é curvado pela matéria, Einstein sugere que a verificação desse desvio seja efetuada pelos astrônomos durante um eclipse total do Sol. Essa constatação foi realizada em 1919 por Eddington, em Príncipe, e Cromelin, no Brasil.

O autor destaca que a TRG não somente elimina a falha da mecânica newtoniana, como também é capaz de explicar dois resultados da observação astronômica que até o momento não tinham soluções: o desvio do periélio do planeta mercúrio²⁴ e a previsão do deslocamento das linhas espectrais²⁵ sobre a influência de um campo gravitacional.

O primeiro problema, resolvido matematicamente pela teoria da relatividade, demonstrou que a cada cem anos o planeta mercúrio se desvia de sua órbita em 42 segundos de arco, fato observado por Leverrier, em 1859, e por Newcomb, em 1895.

O segundo problema foi comprovado, em 1959, por Pound, Rebka e Snider. Considerando que um átomo absorve ou emite uma frequência de acordo com o campo gravitacional, a sua frequência é um pouco menor que a de um átomo do mesmo elemento químico que se encontra no espaço livre.

²⁴ Ponto de menor afastamento do planeta em relação ao Sol durante o movimento de translação.

²⁵ Caracterização da distribuição de energia numa onda, com comprimento bem determinado. Por exemplo, o espectro da luz visível.

De acordo com a definição bachelardiana de ruptura, pode-se considerar que a TRE e a TRG, enquanto teorias que se firmaram na negação dos conceitos da mecânica clássica, expressam a fenomenotécnica em sua totalidade: de um lado a teoria determinando o experimento a ser realizado e do outro o experimento abrindo novos objetos de estudos que não foram elaborados a partir da teoria. Ou seja, a operacionalização do racionalismo técnico e do materialismo racional na produção do objeto científico.

Bachelard considera que a teoria de Einstein se configura como uma ruptura para com a teoria de Newton. Isso possibilita reconhecer

[...] a massa clássica como um caso particular das massas relativistas. Bastará para isso eliminar as matemáticas internas, suprimir todas as subtilezas teóricas que resultam num racionalismo complexo. Encontrar-se-á de novo a realidade simplificada e o racionalismo simplista. Deduzir-se-á, pois, por apagamento, a mecânica newtoniana da mecânica einsteiniana, sem que alguma vez se possa, tanto no pormenor como no conjunto, estabelecer a dedução inversa (BACHELARD, 1986, p.39).

Outra ruptura importante entre a Física newtoniana e a einsteiniana é o papel da matemática na compreensão dos fenômenos físicos. Einstein, ao negar a possibilidade de movimento retilíneo, nega, ao mesmo tempo o espaço euclidiano da mecânica clássica, substituindo-o por uma matemática que explique os espaços curvos. Com base na geometria de Gauss, Reimann e Lobatchewsky, Einstein aplica a matemática para interpretar o movimento de um objeto, a partir da interferência do espaço-tempo. Assim, ele une ao seu objeto de estudo a matemática, a teoria e o fenômeno, afirmando que qualquer movimento de um corpo sob a ação de um campo gravitacional, será, necessariamente, curvado no tempo-espaço, sendo este o caminho a ser seguido, por exemplo, pelos planetas.

Para melhor entender como a teoria einsteiniana é uma ruptura com a teoria newtoniana, faz-se necessário retomar com Bachelard as implicações filosóficas da teoria da relatividade, pois ela representa uma síntese filosófica do

racionalismo matemático e do empirismo técnico. A partir de uma experiência científica moderna²⁶, Einstein derruba a noção de espaço absoluto, mais do que isto, derruba o realismo absoluto da realidade empírica e o intucionismo simplista que toma o espaço como uma intuição *a priori*.

Ao questionar a simultaneidade de eventos, Einstein questiona o tempo como uma grandeza absoluta, pois para ele é impossível existir uma experiência positiva que a verifique, logo é impossível no espaço dois experimentadores medirem tempos iguais para um mesmo evento, assim o idealista deveria assumir uma posição de busca de um racionalismo aplicado à natureza, afirmando que o mundo é sua verificação. Assim, encontra-se resolvido o problema newtoniano da ação à distância como algo instantâneo; a solução einsteniana é de que a ação do campo gravitacional vai se propagando aos poucos na velocidade da luz.

Por último, a relação einsteniana massa-energia é a descoberta da homogeneidade da energia e da massa, o que fez com que a realidade última da matéria (núcleo) pudesse ser manipulada por experiências fundadas matematicamente.

Ao se constituir enquanto ruptura com a física newtoniana, a física einsteniana produz valores epistemológicos que ao negar os conceitos de newtonianos, os conserva enquanto valores científicos, pois a dialética que existe no desenvolvimento da ciência é uma dialética do envolvimento, permitindo viver, de modo recorrente, toda a história do racionalismo mecânico.

²⁶ Bachelard (1973, p. 132) toma como referência as experiências de Michelson-Morley, afirmando que uma experiência tão 'vigiada' necessitava de uma nova interpretação teórica, o que foi efetuado por Einstein.

Assim, esse todo coerente da teoria einsteniana trabalha sobre dois pólos, a do racionalista e do realista, sendo essa a direção do vetor epistemológico, tanto que:

São as condições de invariância [estilo racionalista], na expressão matemática das leis, as que permitem definir o sentido e a validade dos verdadeiros *princípios de conservação* [estilo realista]. [...] Por conseguinte, [...] a Relatividade modifica filosoficamente de um modo tão completo os princípios do *causalismo* como os do *realismo*. A filosofia abstrata-concreta deverá formular-se mediante um novo guia metafísico e pensar os fenômenos científicos como *funções-causas*. Há uma endosse das conseqüências matemáticas e das causas físicas (BACHELARD, 1973, p. 144, 147, grifo do autor. tradução nossa).

Para Margenau, coexistem aspectos racionalistas e empiristas em Einstein. Essa afirmação aceita pelo próprio Einstein, contribui para a proposição de Bachelard de que a atividade científica coloca-se entre dois vetores epistemológicos, o do racional e o do material, de que o objeto construído está além da realidade imediata. Assim sendo, o cientista deve colocar

[...] 'seus conceitos em relação com o mundo da experiência do modo mais direto e necessário possível.' Mas a teoria não pode ser deduzida logicamente da experiência: ela é livremente inventada. Neste sentido, o cientista é também um racionalista: deve dar provas da imaginação especulativa, forjar princípios e conceitos que se antecipem à experiência (MARGENAU, apud, HARRISON, 1995, p. 234-235).

A partir das equações da Relatividade Geral de Einstein, ele passa a afirmar que o Universo é estático e finito. Ele chega a esse resultado através da introdução de uma 'constante cosmológica' que modifica suas equações e apresenta o Universo como homogêneo – tem a mesma forma em qualquer ponto do espaço – e como isotrópico – o modelo é o mesmo em qualquer direção.

Einstein cometeu um erro, pois as observações revelam que quanto maior distância das galáxias, mais rapidamente elas se afastam de nós, aumentando continuamente com o tempo. Isso havia sido previsto anteriormente por Hubble (1889-1953) e Hamilton (1891-1957), "que verificaram que diferentes tipos de

galáxias se afastam uma das outras com velocidades proporcionais às suas distâncias. Tal constatação baseou-se no desvio para o vermelho das raias espectrais dos espectros das galáxias (efeito Doppler)” (MOURÃO, 2002, p. 386).

Se as galáxias se afastam uma da outra, é porque em um determinado momento elas estiveram reunidas, de forma que toda a massa do universo estivera reunida e possuía uma enorme densidade e temperatura. Neste momento singular teria ocorrido uma imensa e rapidíssima expansão do universo, o *Big Bang*. A comprovação observacional dessa teoria foi efetuada pelos radioastrônomos Penzias e Wilson, dos laboratórios BELL, a partir da segunda metade do século XX. Eles descobriram um ruído de fundo que comprovou ser uma radiação remanescente do Big Bang, uma radiação de microondas que se espalha por todo o universo.

A partir desses estudos e devido ao desenvolvimento tecnológico, a Astronomia firma-se como uma ciência experimental. Se retomado historicamente o desenvolvimento da Astronomia, a partir das etapas de formação do espírito científico proposto por Bachelard, constata-se que o estado pré-científico na Astronomia compreende o período que vai de Eudóxio de Cnido a Tycho Brahe – neste período a Astronomia é uma ciência de estudo das posições dos corpos, uma ciência de “régua e Compasso” (NEVES E ARGÜELLO, 1986) dado por um objeto real que se firma na intuição, sendo que os instrumentos são representações do funcionamento do Universo. O estado científico inicia-se com a proposição de Copérnico de matematização do mundo e com a ampliação do sistema de observação com a inserção do telescópio por Galileu. Nesse período ocorre a racionalização matemática dos fenômenos físicos e as leis do movimento passam ser universais, sendo válidas para o movimento dos corpos na superfície terrestre e

para o movimento dos corpos celestes. Assim, os movimentos dos corpos celestes são previstos matematicamente, mas a matemática não consegue ainda antecipar a experiência, renovando-a e renovando o objeto de estudo da Astronomia. Por último, chegamos à etapa da formação do novo espírito científico, o qual se inicia com o surgimento da radioastronomia, da fotografia astronômica e da espectroscopia e pela inserção dos telescópios espaciais. Na realidade, os telescópios modernos, terrestres ou espaciais, apresentam uma gama de leitores de fenômenos astronômicos.

O surgimento de telescópios espaciais é para resolver alguns problemas relacionados à técnica de observação a partir da Terra. A solução encontrada foi a de colocar um telescópio em órbita com a Terra, o que se efetivou através do projeto de Spitzer (1914-1997), que “[...] imaginou que a colocação em órbita, ao redor da Terra, de um grande telescópio permitiria observações livres de distorções e interferências produzidas pela agitação atmosférica. [Surge] o Hubble Space Telescope, ou HST” (MOURÃO, 1999, p. 186-187).

Ao que parece, o telescópio pensado por Galileu serviu ao seu propósito: o de ser um instrumento que ampliava os sentidos. Como tal, ele serviu de base para ampliar o olhar humano para além da luz visível, oferecendo condições para se estudar fenômenos que não se capturam pela observação direta, pela intuição.

A produção do real a partir de uma técnica de realização, somente foi possível quando o instrumento técnico, nesse caso o telescópio, ampliou o campo de visão dos astrônomos para além daquilo que a vista alcança, possibilitando captar não somente a luz visível, mas as outras faixas do espectro eletromagnético difundidas pelos astros no espaço, ou seja passou a capturar ondas

longas como as de rádio, microondas, raios infravermelhos, ultravioletas, raios X e os raios gama. Com a nova aplicação, a produção de telescópios deixa de ter como preocupação, somente, o aumento do campo ótico de ação e passa a incorporar leitores eletrônicos como elementos essenciais para o estudo do Universo, mais do que isto incorpora em sua concepção elementos de leitura que tenha como pressuposto a produção da ciência contemporânea, como exemplo, a teoria da radiação dos corpos.

Dessa maneira, pode-se afirmar que a inserção da radioastronomia, da fotografia astronômica e da espectroscopia na observação astronômica, encontra-se em ruptura com a prática de observação ótica e se constitui como uma técnica de realização, cuja objetividade científica encontra-se antecipada no materialismo racional e no racionalismo técnico. No mundo atual, o telescópio Hubble é uma das expressões máxima dessa conquista, incorpora enquanto instrumento de observação, a radioastronomia, a fotografia astronômica e a espectroscopia, que acoplado a um sistema de fornecimento de imagens digital, faz leitura de eventos que se encontram a bilhões de anos-luz de distância da Terra.

A comparação entre os telescópios de Galileu, de Newton e o Hubble, demonstra que em todos se manteve o objetivo inicial: fornecer imagens que ultrapassam os limites do poder de discernimento da visão, dos órgãos dos sentidos. O que os diferenciam são suas concepções básicas: o telescópio de Galileu foi concebido por tentativa e erro (Évora, 2004, 81) e o de Newton envolve todo o conhecimento de óptica do período para sua confecção, mas atua na mesma faixa do de Galileu, no espectro da luz visível. O telescópio Hubble atua ao longo da faixa do espectro, sendo que a sua função não é a de aumentar o tamanho dos

objetos, mas a de captar e separar os mais diferentes tipos de ondas eletromagnéticas.

Dessa forma, os telescópios atuais “são transformados em objeto de comportamento da vida comum. Mas essa unidade de objetivo só é unidade de pensamento para quem não pense noutra coisa além do objetivo. É esse objetivo que aumenta as descrições fenomenológicas tradicionais do conhecimento.” (BACHELARD, 1997, p. 125).

De acordo com a proposição bachelardiana de fenomenotécnica, o telescópio Hubble é um objeto do pensamento científico, tal qual a lâmpada de Edison, é um objeto abstrato-concreto, um instrumento mediador necessário para estudar um fenômeno verdadeiramente instrumentado. Por esses motivos, além de manter o objetivo para o qual foi criado, ele se presta ainda a ser um instrumento que é, ao mesmo tempo, espaço de experimentação e de verificação do conhecimento, realizando dessa forma a verdadeira fenomenotécnica:

[...] para compreender seu funcionamento é preciso fazer um contorno que nos leva ao estudo das relações dos fenômenos, isto é, à ciência racional, expressa algebricamente. [Ou] como um exemplo do empirismo composto ou um exemplo de racionalismo aplicado. [o que] suscita uma filosofia dialogada. [Aqui] o objeto percebido e o objeto pensado pertencem a duas instâncias filosóficas diferentes. Pode-se, então, descrever o objeto duas vezes: uma como o percebemos; e uma vez como o pensamos. O objeto é, no caso, fenômeno e nômene²⁷ (BACHELARD, 1977, p.129-130).

Ao remontarmos ao desenvolvimento da Astronomia sob os auspícios da experimentação e do instrumento técnico, produziu-se uma cronologia que permitiu explicitar o papel da matemática e da razão na produção do real. Oportunizou a elaboração de uma cronologia do desenvolvimento do pensamento científico, que focalizando a instrumentação possibilitou a produção de uma

²⁷ Segundo o Dicionário Aurélio Eletrônico, trata-se de ‘objeto inteligível, em oposição a objeto que se conhece pela intuição sensível; nômene’.

cronotécnica. Essa cronotécnica reflete a própria história da Astronomia e se for tomado em seu desenvolvimento atual, permite reconstruir a formação do novo espírito científico.

É possível afirmar que a Astronomia contemporânea é produzida a partir da fenomenotécnica na definição bachelardiana: as teorias antecipam os instrumentos a serem produzidos para a comprovar determinado evento e, por outro lado, o instrumento cria novos objetos de estudo que não se encontravam definidos pela teoria. Com isso, há uma retroação entre a teoria e os instrumentos.

Ao afirmar que o movimento da Física contemporânea consiste no fato de não referir-se às nossas coisas, Bachelard capta com agudez a ruptura epistemológica provocada pela Teoria da Relatividade: a mudança na imagem que temos do mundo (depende dos sentidos) e o abandono de noções úteis para à vida comum, entre elas a que o tempo e o espaço, tomados separadamente, podem ser considerados estritamente objetivos.

O desenvolvimento da Astronomia, analisado no presente capítulo possibilitou a ilustração para um setor específico do conhecimento, do processo de retificação de erros, do estabelecimento de um esboço de desenvolvimento da ciência entendido como ruptura entre teorias e não como o avanço linear e ascendente. Essa compreensão é passo imprescindível para a formação do espírito científico concomitante à sua reforma.

Essa reforma, no entanto, deve encontrar possibilidades de fazer-se pedagogia, isto é, de construir-se em momento de educação do indivíduo, de modo alterar seu perfil epistemológico pela superação de obstáculos interpostos. Estas questões serão tratadas na próxima seção.

4 UMA PROPOSTA PEDAGÓGICA ABERTA PARA A FORMAÇÃO DO ESPÍRITO CIENTÍFICO: contribuições para o Ensino de Ciências

Nesta seção discutiremos os caminhos percorridos pela pesquisa em ensino de ciências no Brasil, o que servirá para ilustrar a complexidade da transformação do conhecimento científico em conhecimento a ser transmitido pela instituição escolar. Também, procuramos explicitar a partir dos documentos oficiais quais são as propostas de ensino de ciências e se elas incorporam os resultados dessas pesquisas. Por último, tomaremos de Bachelard sua proposição de formação da razão para discutir suas possíveis contribuições para o ensino de ciências.

4.1 As Tendências atuais na Pesquisa em Educação Para a Ciência

Ao recuperar os caminhos traçados pela pesquisa em Ensino de Física e conseqüentemente pelo Ensino de Ciências no Brasil, Nardi destaca que

[...] a área atingiu um expressivo nível de consolidação, mas, a exemplo de outras áreas que são integradas às Ciências Humanas, abriga uma pluralidade de concepções e metodologias, relacionada à diversidade da formação dos pesquisadores [...].Essa dispersão de pontos de vista se explica também pelo fato de que as questões que interessam à área são multifacetadas, parecendo altamente improvável que a pesquisa acadêmica possa sustentar-se a partir de uma abordagem única, excludente das demais (NARDI, 2005, p. 36).

Para Nardi (2005, p. 30-32) alguns fatores foram determinantes para a constituição do Ensino de Ciências no Brasil, como: (i) nas décadas de 1960 e 1970 implantação, tradução e aplicação dos projetos estrangeiros como o PSSC, BSCS, CBA²⁸ e outros e, o surgimento na seqüência de versões nacionais como PEF, PBEF e FAI²⁹; (ii) as políticas públicas nacionais de fomento à pós-graduação, à pesquisa e a projetos de Ensino de Ciências e Matemática; (iii) o Projeto CAPES/PADCT/SPEC para a melhoria do Ensino de Ciências; (iv) a criação de programas de pós-graduação em Ensino de Ciências no Brasil, inicialmente em nível de mestrado, e na área de Ensino de Física, junto aos institutos de Física da USP e da UFRGS; (v) o papel das faculdades de Educação na formação de doutores na área; (vi) os movimentos para a melhoria do ensino, que culminaram com a introdução, no curso de Física, da disciplina “Instrumentação para o Ensino de Física”, sendo adotada nos demais cursos do país; (vii) o papel das sociedades científicas instaladas a partir de 1964; (viii) os eventos iniciados pelas sociedades científicas na década de 1970; (ix) o surgimento de publicações periódicas da área.

Hoje essa área de pesquisa encontra-se consolidada no Brasil e os resultados de suas pesquisas interferem no Ensino de Ciências. Essa interferência determinou e determina os caminhos do Ensino de Ciências, quer mundialmente ou no Brasil. Nesse sentido Krasilchik (1996) e Nardi (2005) efetuam uma leitura histórica do desenvolvimento da área, enfocando, de um lado o momento histórico da situação mundial e brasileira e de outro lado quais as implicações que este momento trouxe para a composição da educação e do Ensino de Ciências. Por questão de apresentação, tomaremos a periodização de Krasilchik (1996), com o

²⁸ PSSC: Physical Science Study Committee; BSCS: Biological Sciences Curriculum Study; CBA: Chem Study e Chemical Bond Approach.

²⁹ PEF: Projeto de Ensino de Física; PBEF: Projeto Brasileiro de Ensino de Física; FAI: Física Auto-instrutiva.

foco voltado principalmente para a visão de ciências, o objetivo de seu ensino e qual era a metodologia empregada.

Quadro I: Evolução da Pesquisa em Educação para a Ciências no Brasil

Fator: 1990	1950	1960	1970	1980	
Situação Mundial	Guerra fria	crise energética	problemas ambientais	Competição tecnológica	Globalização
Situação Brasileira	industrialização/ democratização	ditadura		Transição política	Democracia
Objetivos da Educação	Formar elite	Formar cidadão	preparar o trabalhador	formar cidadão trabalhador	formar cidadão
Influências Preponderantes do Ensino	Escola nova	Comportamento-lismo	Comportamento-lismo mais cognitivismo	Cognitivismo	Construtivismo pós-piagetiano e sociocultural
Objetivos do Ensino de Ciências	Transmitir informações atualizadas	vivenciar o método científico	pensar lógica e criticamente	Desenvolvimento científico e tecnológico	ciência, tecnologia e sociedade
Visão da Ciência no Currículo	Neutra, enfatizando o produto	histórica, enfatizando o processo	resultante do contexto político, social e econômico, intrínsecos – enfatizando sua função como instituição		
Metodologia	Laboratório	laboratório mais discussões	jogos e simulações. Resolução de problemas	informática no ensino	
Formação de Docentes	Improviso e capacitação	formação em universidade	proliferação de escolas	Programas de atualização	formação a distância
Instituições que Influem na Mudança	Associações científicas e instituições governamentais	projetos e organizações internacionais	centros de ciências/ universidades	Associações científicas e de professores/ universidades	Organizações internacionais e universidades

Fonte: Krasilchik, 1996, p.136.

Com o lançamento do Sputnik em 1957, na virada da década de 50 para a década de 60 do século XX, pela extinta União Soviética, instaura-se a chamada ‘corrida para a era espacial’. O Estados Unidos da América efetuam uma das maiores reformas de seu sistema de ensino, que é caracterizada pela criação de

mega projetos de pesquisa e ensino, como por exemplo, PSSC, CBA e o BSCS e outros. O que caracteriza basicamente este período é a transmissão de um conhecimento que fosse mais próximo possível do científico, tanto que as orientações de como proceder para o ensino de um determinado conteúdo seguiam basicamente a idéia da realização de experimentos **controlados** que, a partir de perguntas sobre o que era observado poderia gerar um conhecimento tido como neutro. Assim, a metodologia, centrada em práticas de laboratório, apoiava-se nos sentidos para observação e manuseio dos fenômenos.

No Brasil, esse momento é caracterizado pela tradução do material instrutivo dos mega projetos, tanto que [Carvalho (1975) e Krasilchik (1972) apud Nardi (2005)] destacam que

[...] embora muito se tenha feito em termos de tradução e divulgação dos novos materiais, bem como de treinamento de professores para a sua utilização, no que se refere especificamente à melhoria da aprendizagem, os resultados demonstram que, em geral, os mesmos ficaram aquém do esperado [...] a falta de recursos das escolas, aliada ao despreparo dos professores, dificultou a utilização, em larga escala, dos novos materiais didáticos. [Mas, por outro lado], a introdução dos materiais curriculares americanos no meio educacional brasileiro, [evidenciou] [...] a importância do ensino experimental em ciências e, ainda mais, o papel que bons materiais curriculares podem desempenhar, permitindo aos alunos a vivência do processo de investigação científica. Mostraram, também, os bons resultados que podem ser alcançados quando cientistas, professores e técnicos participam juntos da elaboração de materiais científicos destinados ao Ensino de Ciências.

Na década de 70, vamos constatar uma mudança na trajetória do Ensino de Ciências, pois se na década anterior a ciência é considerada neutra e sua história é a do produto, ver-se-á neste momento uma proposição de ciência histórica, enfatizando o processo de sua elaboração. Para tanto, o Ensino de Ciências deveria propiciar a vivência do método científico, o laboratório não é somente o local da experimentação, mas também da discussão dos resultados.

Nesse período, surgem no Brasil, os primeiros grupos de ensino de Física, um no Instituto de Física da universidade Federal do Rio Grande do Sul e outro no Instituto de Física da Universidade de São Paulo, destacando-se o desenvolvimento dos projetos: Projeto de Ensino de Física (PEF), o Física Auto-Instrutiva (FAI) e o Projeto Brasileiro de Ensino de Física (PBEF). Segundo Nardi (2005):

É nesse período, também, mais precisamente em 1970, que, através da Sociedade Brasileira de Física, iniciam-se os simpósios nacionais de ensino de Física (SNEF). Na retrospectiva consta que a intensificação da atuação junto a professores de ciências e de física no ensino fundamental e médio deu-se conjuntamente com a consolidação da pesquisa e pós-graduação em Ensino de Ciências.

A década de 1970, também pode ser considerada período em que o ensino e a pesquisa não se preocupam somente com os aspectos cognitivos da aprendizagem, mas também com as idéias ou noções que os alunos possuem antes do ensino formal. Os trabalhos de Doran (1972), Viennot (1979), Driver (1981), Watts e Zylberstajn (1981), Nussbaum e Novick (1982), Driver e Erickson (1983) e Hewson e Hewson (1984), refletem essa preocupação e estabelecem uma linha de pesquisa que passou a chamar tais noções de conceitos espontâneos, intuitivos, formas espontâneas de raciocínio, *misconceptions*, conceitos prévios e outras denominações, considerada por muitos pesquisadores como um novo paradigma na pesquisa em Educação Para a Ciência. Na realidade, este “paradigma” passou a ser denominado de Movimento das Concepções Alternativas e resultou no aumento do conhecimento empírico sobre as concepções dos estudantes e, também, reflete o momento da inserção do cognitivismo como fundamento preponderante no ensino.

Ao final da década de 1980, o movimento das concepções alternativas começa a demonstrar esgotamento e o sinal mais evidente são os trabalhos de Solomon (1994) – que aponta a ascensão e queda do construtivismo,

atestando a falta de uma visão de futuro entre os próprios construtivistas – e de Osborne (1994) – que afirma uma falta de base filosófica coerente para o movimento. Para Mortimer (1994), caso tenham-se esgotado as pesquisas sobre concepções alternativas, serviram para firmar uma visão construtivista de ensino-aprendizagem e situar como esse processo se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento e como suas idéias prévias desempenham um papel importante na aprendizagem.

A década de 1980 caracteriza-se ainda como o período da “Mudança Conceitual”, em que Posner et al (1982) propõem a transformação dos conceitos espontâneos dos alunos em conceitos científicos. Para os autores, a Mudança Conceitual somente é possível quando professores e alunos estejam descontentes com o conhecimento que possuem, e, portanto, é necessária a existência de conflitos de natureza cognitiva. Nessa proposição, a base epistemológica da Mudança Conceitual é a idéia de desenvolvimento da ciência de Kuhn (1994), principalmente nos aspectos do desenvolvimento da ciência normal e a revolução científica.

A pesquisa sobre mudança conceitual pressupunha que os conceitos inadequados para compreender um determinado fenômeno precisavam ser reestruturados, substituídos, reorganizados, mas veio demonstrar que os conceitos espontâneos que os alunos possuíam sobre um determinado fenômeno não eram abandonados após o ensino formal pois, pensar na transposição do modelo de revolução científica para o ensino/aprendizagem é desconhecer as diferenças profundas entre o processo de uma cultura científica e o saber escolar (Mortimer 1994).

De alguma maneira, os trabalhos de Posner e colaboradores foram importantes no desencadeamento de uma outra linha de pesquisa: a construção de novos modelos para o ensino/aprendizagem de ciências tendo como referência o resgate da História e da Filosofia das Ciências, uma forma propositiva de concatenar o desenvolvimento das ciências com o desenvolvimento cognitivo das crianças. Estes trabalhos acabaram por assentar nos pressupostos filosóficos da epistemologia de Popper, Lakatos, Feyraband, Toulmin e outros. Para Carvalho (1994), essa linha de pesquisa propõe que o aprofundamento dos estudos, por parte dos professores, pode proporcionar uma melhor compreensão da natureza do conhecimento científico, melhor entendimento dos conceitos e teorias das ciências e a compreensão dos possíveis obstáculos que os alunos enfrentam na aquisição de um conceito.

A década de 1990, apesar de todas essas tendências de pesquisa e conseqüentemente de Ensino de Ciências, vai ser marcada pelos trabalhos de Gilbert e Boulter (1998) que apontam um novo olhar para o ensino, acreditando que a aprendizagem envolve a compreensão de modelos e modelagem, pois o conhecimento científico se efetiva a partir de atividades modeladoras, através de analogias, metáforas e matematização. Com essa tríade afirma ser possível oferecer ao educando elementos para classificar e generalizar novas leis, caminhos para interpretar novas fórmulas e para a construção de novas teorias. Assim, a aprendizagem é um processo que se firma pela tríade, que se configura como resultado da interação do sujeito com o mundo físico e social, numa construção

contínua de representações análogas estruturais do mundo, levando à transformação de seus modelos mentais³⁰.

Não se trata do aluno produzir uma nova teoria e/ou conceito, mas de construir um novo modelo mental que seja comum aos estudantes e professores, que seja um consenso, que necessariamente se constituirá como um modelo pedagógico/consensual. A reconstrução do modelo mental está diretamente ligada ao modelo pedagógico – aquele que serve para promover a educação ou auxiliar na compreensão de um modelo consensual³¹.

Para Carvalho (1994), de alguma maneira, todas as propostas curriculares e as práticas de sala de aula vinculadas ao ensino de Física, conseqüentemente ao Ensino de Ciências, nas últimas três décadas, têm como origem as contribuições cognitivistas, cujo foco central é o processo de aprendizagem pelo aluno, ora considerando o conhecimento que já possui, ora aquele que deve ser substituído pelo conhecimento científico.

Essa posição acaba por instaurar nos documentos oficiais uma concepção de ciência construtivista, que considera a influência do conhecimento prévio na construção de novos conhecimentos:

[...] Na construção de novos conhecimentos participam, além da razão, a imaginação, a intuição e a criação. [...] Ao considerar a Ciência uma construção de modelos explicativos para a realidade e não uma representação dela, o cientista construtivista não espera apresentar uma verdade absoluta e sim uma verdade aproximada que pode ser corrigida, modificada, abandonada por outra mais adequada aos fenômenos (CHAUI, 1997, apud CUNHA, 2001, p. 239).

³⁰ “Modelo Mental é uma representação interna de informações que corresponde, analogamente, ao estado de coisas que estiver representando, seja qual for ele. Modelos Mentais são análogos estruturais do mundo.” (Moreira 1997)

³¹ aquele que foi submetido a teste/compartilhado por um grupo social, com o propósito de compreender e explicar idéias, objetos, eventos, processos ou sistemas.

Chegamos dessa maneira ao início do século XXI, um momento marcado pela disseminação tecnológica da ciência, momento em que a tecnologia produzida a partir da Física e da Química contemporâneas passa a integrar os mais diferentes aparelhos de uso doméstico, em que as noções de tempo e do espaço encontram-se marcadas pelo ritmo da velocidade dos acontecimentos, de tal maneira que as certezas e os benefícios assumidos no projeto da modernidade transformaram-se em impossibilidade de realização.

Assim, não faz sentido falar de uma unicidade na pesquisa e no ensino de Ciências, mesmo porque essa área do conhecimento encontra-se marcada por uma diversidade de disciplinas, que

[...] abriga uma pluralidade de concepções e metodologias, relacionada à diversidade da formação dos pesquisadores (o lugar de onde falam – origem acadêmica, localização geográfica, ideologia, valores etc), [...]. Essa dispersão de pontos de vista se explica também pelo fato de que as questões que interessam à área são multifacetadas, parecendo altamente improvável que a pesquisa acadêmica possa sustentar-se a partir de uma abordagem única, excludente das demais (NARDI, 2005).

Essa posição, pode ser encontrada nos rumos das pesquisas em educação para a ciência, dado que, no primeiro momento de sua instauração, os pressupostos epistemológicos e metodológicos eram buscados na própria área de conhecimento, como grandes projetos metanarrativos, atualmente, principalmente a partir dos meados da década de 1990, virada para o século XXI, vemos uma convergência de pressupostos epistemológicos e metodológicos das mais diferentes áreas do conhecimento para a pesquisa na área, por exemplo, a Psicanálise (ver Barolli e Vilani), a análise do discurso (Nardi, 2005), linguagem (Mortimer 2000, Mortimer e Scott 2002 e 2003), entre outros. Nesse sentido Goergen (2005, p. 29) afirma que a “[...] sociedade que se avizinha [...] revela menos de uma antropologia newtoniana [...] e mais de uma pragmática das partículas da linguagem. Há muitos

jogos de linguagem diferentes: é a heterogeneidade dos elementos. Eles permitem a instituição por setores: é o determinismo local.”

Deve ser ressaltado ainda que as proposições bachelardianas não influenciaram propostas para o ensino de ciências, sendo usada somente nas pesquisas. A concepção do conhecimento como uma progressão do conhecimento comum está subjacente em diferentes empreendimentos sem que seja mencionada a concepção científica decorrente de ruptura com o próprio conhecimento científico ou com o conhecimento comum, ponto caracterizador da epistemologia bachelardiana. Os projetos de ensino aqui descritos estão baseados numa história do desenvolvimento científico e não na análise epistemológica do conhecimento produzido.

As diferentes iniciativas para o ensino de ciências ilustram outro aspecto elucidados da complexidade inerente ao processo de transformação do conhecimento científico em conhecimento a ser transmitido pela instituição escolar: o conteúdo a ser ensinado deve ser balizado pela didática e seus processos de ensino, pela psicologia e sua contribuição sobre os processos de aprendizagem, pela formação de processos e seus processos de introdução de inovações pedagógicas.

A epistemologia mostra-se um dos comportamentos menos presentes na conformação do conteúdo a ser ensinado e, em alguns projetos, não prevalece sequer a área de constituição do conteúdo a ser ensinado. Pode-se mesmo afirmar que os processos de aprendizagem são de tal modo preponderantes que o conteúdo específico ilustra uma das possibilidades de concretização de teorias sobre a aprendizagem.

4.2 A proposta oficial de Ensino de Ciências para Educação Básica: o Ensino Fundamental e Ensino Médio

No ano de 1996, em concordância com o artigo 201 da Constituição Brasileira de 1988, que determina a fixação dos “[...] conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais”, o Ministério da Educação traz à público uma proposta de unificação curricular que deveria ir além de orientações e normas, trata-se dos Parâmetros Curriculares Nacionais. Essa proposta, elaborada para a Educação Fundamental e destinada aos professores, visa, entre outros aspectos, amenizar a dicotomia existente entre as diretrizes educacionais e o trabalho efetivado pelos professores.

De acordo com Amaral (1998, p. 266, uma das grandes falhas apresentadas nos PCNs é a

[...] forma como foi elaborado e como se pretende que seja implementado. Contraria o que vem sendo produzido e difundido, nacional e internacionalmente, acerca da necessidade de participação afetiva do professor no processo de reorientação curricular [...] e ignora a influência das pré-concepções dos professores acerca do ensino e da educação, assim como não levam em consideração as limitações impostas pelas condições de trabalho e de formação profissional. [...] Coloca-se sob sério risco os longamente acalentados princípios de autonomia do professor e da construção permanente e contínua do seu conhecimento pedagógico.

Em concordância com Amaral, Fracalanza (1992, p. 116-118) situa o Ensino de Ciências em dois níveis: **o de propósito** – praticado por diferentes atores sociais, vinculados principalmente às instituições de ensino e pesquisa de 3.º grau e equipes técnicas dos órgãos governamentais junto às Secretarias Estaduais de Educação – e **o de fato** – caracterizado pelas práticas desenvolvidas no âmbito das

escolas e salas de aula, cujo atores sociais são os professores e seus alunos, que vivem uma realidade educacional que, geralmente se distancia das mudanças previstas pelo nível de propósito.

Os órgãos oficiais defendem que a metodologia adotada possibilitou ouvir os diferentes autores. No entanto, desde o início, os PCNs foram objeto de críticas, tanto que Bonamino e Martinez (2002, p. 375), apontam que as críticas mais freqüentes são: *i)* os PCNs não contemplam as reflexões do nível de propósito e do nível de fato, não refletindo as diferentes tendências da pesquisa em educação para ciências, bem como a prática docente; *ii)* falta de uma discussão aprofundada sobre a concepção geral dos PCNs e sobre os conteúdos das diferentes áreas de conhecimento; *iii)* o processo de elaboração e divulgação dos PCNs não foi democrático; *iv)* não considera em sua elaboração as reais condições de trabalho, quer enquanto característica das escolas e/ou enquanto condições sócio-econômicas da população.

O que não se deve perder de vista ao analisar os PCNs é que eles foram elaborados para orientar o trabalho do professor, sujeito responsável por reter e aplicar junto aos estudantes as proposições de ensino-aprendizagem dos PCNs, tanto que o documento é aberto com uma carta destinada a ele, destacando sua importância no desenvolvimento das pessoas e das sociedades, bem como as exigências para formar as pessoas para o ingresso no mundo do trabalho, em função das necessidades dos progressos científicos e dos avanços tecnológicos.

A consequência desse fato, é que o professor deve possuir um conhecimento prévio para o entendimento das mais variadas concepções embutidas nos PCNs sobre a ciência, a aprendizagem e sobre o sujeito, ou seja, o professor precisa transitar sob os aspectos epistemológicos, pedagógicos e antropológicos a

fim de atingir os objetivos propostos: “[...] um ensino de qualidade, ministrado por professores capazes de incorporar ao seu trabalho os avanços das pesquisas nas diferentes áreas de conhecimento e de estar atentos às dinâmicas sociais e suas implicações no âmbito escolar” (BRASIL, 1998a, p. 9). Assim, ao tomar os PCNs do Ensino Fundamental – III e IV Ciclos – procura-se explicitar quais são essas concepções e como elas vão se constituindo em uma proposta de ensino-aprendizagem.

A proposição de ensino-aprendizagem nos PCNs visa a aquisição, por parte dos estudantes, de três conteúdos de natureza diferentes – **conceitual, procedimental e atitudinal** – que devem servir como instrumento de compreensão e problematização da natureza. Esta é a grande meta a ser alcançada pelos PCNs, tanto que, a organização do “[...] trabalho didático por projetos visa o desenvolvimento de atividades de ensino-aprendizagem que favoreçam a compreensão da realidade.” (BRASIL, 1998c, p.35, 38, 41).

Essa orientação geral faz parte do documento introdutório e é transferida para o aprendizado de Ciências Naturais. Seus conteúdos de natureza conceitual, “[...] os que envolvem a abordagem de conceitos, fatos e princípios, referem-se à construção ativa das capacidades intelectuais para operar com símbolos, signos, idéias, imagens que permitem representar a realidade.” (BRASIL, 1998a, p. 75). Com o estudo de diferentes fenômenos naturais, as disciplinas que compõem as Ciências Naturais geram representações do mundo que organizam e sintetizam o “[...] conhecimento em teorias [que] sinalizam aos cientistas quais fenômenos e problemas a investigar, quais métodos empregar. Teorias apresentam-se como conjunto de afirmações, hipóteses e metodologias fortemente articuladas.” (BRASIL, 1998b, p. 23-24). Essas disciplinas não usam um único tipo de método,

mas acabam por elaborar metodologias que se confundem com a própria pesquisa científica, a fim de transformar os procedimentos de observação, de experimentação, de hipotetização, de quantificação, de comparação e a busca de rigor nos resultados como constantes da prática científica.

Em Ciências Naturais o ensino dos conceitos deve ser o da aprendizagem significativa³², que deve ter como ponto de partida o “[...] interesse e a curiosidade dos estudantes pela natureza, pela Ciência, pela Tecnologia e pela realidade local e universal [pois] favorecem o envolvimento e o clima de interação que precisa haver para o sucesso das atividades, pois neles [se] encontram mais facilmente significado” ((BRASIL, 1998b, p. 28).

Dessa maneira, nos PCNs os conteúdos de natureza ‘conceitual, procedimental e atitudinal’ são tomados como instrumentos de compreensão e problematização da natureza, o desenvolvimento de atividades deve favorecer a compreensão da realidade. Assim, a natureza é tomada como elemento primeiro, como real dado, é a partir dela que se criam as teorias, as quais servem para explicá-la, ela é o ponto de partida e o ponto de chegada.

Pode-se afirmar, que essa proposição acaba por fortalecer as experiências que os educandos trazem do seu cotidiano, uma experiência subjetiva formada a partir de fatos gerais, que tem como base os dados provenientes dos sentidos. Nesse ponto, a realidade coincidiria com os símbolos, signos, idéias e imagens que foram a partir dela formados, uma vez que seu objeto de estudo encontra-se pronto e acabado. Ao firmar as experiências que os educandos trazem

³² É o processo de interação que ocorre entre a nova informação a ser adquirida pelo aluno e o conhecimento prévio que ele já possui em sua estrutura cognitiva. Esse conhecimento prévio é chamado de *subsunoços* por que servirão de ancoradouro para a nova informação. Esses subsunoços são conceitos, idéias e proposições que formam a hierarquia conceitual presente no aluno, ou seja, quando ocorre *ancoragem* da nova informação na estrutura conceitual presente na mente do aprendiz, dizemos que houve aprendizagem significativa. (MOREIRA, 1982, p. 7).

do seu cotidiano, os PCN's acabam por firmar uma ciência do cotidiano, o que traz, necessariamente a marca de seus elaboradores, como se fosse possível produzir uma ciência de explicação do fato comum, o que empobrece o plano da representação intelectualizada, pois, essa forma de entendimento produz uma coincidência entre o objeto de estudo e o cotidiano, e é como se os espaços de verificação e de experimentação fossem os mesmos.

Quanto à segunda categoria de conceitos que devem ser apreendidos pelos educandos, os PCNs destacam que os conteúdos de natureza procedimental, “[...] expressam um saber fazer, que envolve tomar decisões e realizar uma série de ações, de forma ordenada e não aleatória, para atingir uma meta. [...] A realização de um procedimento adequado passa [...] a ser interpretada como o aprendizado de um conceito” (BRASIL, 1998a, p. 76). Ao apresentar o conteúdo de natureza procedimental para as Ciências Naturais, os PCNs afirmam que é possível ensiná-los somente “[...] pelo trabalho com diferentes temas de Ciências Naturais, que serão investigados de formas distintas, com atenção para aqueles que permitem ampliar a compreensão da realidade local” (BRASIL, 1998b, p. 29).

O que se percebe é uma proposição de separação entre o espaço de experimentação e o espaço de verificação, separa-se os conteúdos de natureza procedimental do objeto de estudo, ele é um método tomado *a priori*, que serve para estudar os mais diferentes fatos. Esses conteúdos são tomados como dados naturais. A consequência dessa posição é que ela acaba reafirmando que o ensino de natureza conceitual é o estudo da própria natureza dada como um objeto natural. Contudo, como defende Fourez (2004, p.11), o espaço de experimentação é antecipado pelo espaço de verificação:

[...] a maior parte dos testes [procedimentos] que um cientista realiza na sua prática não é experimental, mas teórica: é primeiro confrontando seu modelo com outros, bem estabelecidos, que o pesquisador o testa. Em outras palavras, antes de testar experimentalmente um modelo, examina-se se ele é teoricamente plausível.

Esse mesmo caráter de aprendizagem de um conceito, enquanto atitudes procedimentais são levadas adiante nos PCNs e com a mesma conotação são transferidas para o Ensino de Ciências Naturais. Tanto que, os conteúdos procedimentais são transformados em propósito fundamental da educação.

É preciso analisar os conteúdos referentes a procedimentos não do ponto de vista de uma aprendizagem mecânica, mas a partir do propósito fundamental da educação, que é fazer com os alunos construam instrumentos para analisar e criticar, por si mesmos, os resultados que obtêm e os processos que colocam em ação para atingir as metas que se propõem. [...] Ao ensinar procedimentos também se ensina um certo modo de agir, de pensar e produzir conhecimento (BRASIL, 1998a, p. 76, 77).

Qual é o propósito? Essa resposta é clara nos PCNs: formar uma determinada autonomia no aluno perante o conhecimento e desenvolvimento da sua capacidade criadora e transformadora. O desenvolvimento desta capacidade é questionado, pois ao separar os procedimentos do objeto de estudo, transforma-o em uma metodologia tomada *a priori*, como se a partir dela fosse possível criar os mais variados objetos.

Quanto ao ensino dos conteúdos de natureza atitudinal³³, aqui entendidos como normas, valores e atitudes que permeiam todo o conhecimento escolar deve refletir-se “[...] sobre situações concretas, para que valores e posturas sejam promovidas tendo em vista o cidadão que se tem intenção de formar.” (BRASIL, 1998b, p. 30).

³³ Para Santos (2004, p. 12) ao propor os conteúdos de natureza atitudinal, os PCNs questionam a neutralidade da ciência, para tanto usam como argumento a necessidade de “[...] formar um jovem de tal maneira que ele saiba questionar o próprio saber científico, seu uso social, político e econômico, os modos como o homem vem intervindo na natureza e utilizando os recursos naturais, as questões sociais entre conhecimento e poder, as relações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia, etc.”

É de responsabilidade da escola dar intencionalidade a esse conteúdo, evitando que passe despercebido nas atividades pedagógicas. Devido a sua importância ele tem o papel de “[...] intervir de forma permanente e sistemática no desenvolvimento das atitudes. [...] é necessário acompanhar de forma cuidadosa o processo dos alunos para compreender seus comportamentos no contexto amplo do desenvolvimento moral e social” (BRASIL, 1998a, p. 79).

Desta maneira, as normas, os valores e as atitudes que foram formadas na vida cotidiana, passam a ser um conteúdo de formação do cidadão e de crítica da produção da ciência e de suas tecnologias. O que se observa é um grupo de um determinado contexto cultural formando opinião sobre o mundo que o cerca e, a partir dela, efetuando análises e críticas sobre os conteúdos de natureza conceitual e procedimental. Novamente o que se observa é uma tomada de ‘conceitos’ que foram formados em contato direto com a realidade para explicitar o funcionamento das ciências e formar uma posição crítica sobre sua produção e o uso que fazem do conhecimento produzido.

Tomando as três naturezas de conhecimento proposto nos PCNs, constata-se que eles se encontram separados, mas unidos por um idealismo ingênuo de produção do real – tomar a realidade como ponto de partida para o conhecimento. Com isto, os PCNs podem levar o professor a valorizar as imagens, metáforas, opiniões e analogias para o ensino-aprendizagem.

Das propostas de Ensino de Ciências nos PCNs pode-se retirar que:

- i)* o conhecimento científico se dá em continuidade ao conhecimento comum;
- ii)* a realidade é o ponto de partida e de chegada do conhecimento;
- iii)* os conceitos a serem formados pelos alunos devem capacitá-los para operar com símbolos, signos, idéias, imagens que representam a realidade;
- iv)* o conhecimento será significativo

se tiver como ponto de partida os interesses dos estudantes; v) o desenvolvimento da autonomia, da capacidade criadora e transformadora do aluno perante ao conhecimento é uma questão de procedimentos.

À medida que se aprofunda na análise dos PCNs verifica-se que neles se encontram uma proposta de ciência que se faz por processos de rupturas, em que a produção do conhecimento se faz por descontinuidade. Mas a interpretação que se faz sobre o conceito de ruptura é a mesma que a palavra assume no uso cotidiano, tanto que:

Quando novas teorias são aceitas, convicções antigas são **abandonadas**, os mesmos fatos são descritos em novos termos criando-se novos conceitos, um mesmo aspecto da natureza passa a ser explicado segundo uma nova compreensão geral, uma nova linguagem é proposta. Debates e controvérsias acompanham as verdadeiras **revoluções** do conhecimento [...] (BRASIL, 1998b, p. 24-26, grifos nosso).

Os termos em destaques servem para exemplificar que o conceito de ruptura nos PCNs, não leva a entender a ciência como um processo descontínuo, em que o surgimento de nova teoria se faz contra uma anterior, retificando erros. A interpretação que os PCNs oferecem sobre o modelo heliocêntrico iniciado por Copérnico, Kepler e Galileu se deu pelo aperfeiçoamento de instrumentos e como consequência Newton formula sua mecânica com base nos trabalhos de Galileu e Kepler. Nesse sentido, pode se afirmar que a ruptura nos PCNs tem o mesmo significado de revolução³⁴, no sentido kuhniano do termo, logo o uso correto do termo, 'convicções antigas são abandonadas', nunca explicita quais são os seus limites de ação e quais os erros que foram retificados para que o sistema

³⁴ Kuhn (1994, p.125, 136), considera como revolução científica os momentos de desenvolvimento não-cumulativo da ciência, com a substituição de um paradigma mais antigo, total ou parcial, por um outro. Por outro lado, ele entende a "[...] revolução científica como sendo um deslocamento da rede conceitual através da qual os cientistas vêem o mundo. [que] Ao aprender um paradigma, [...] adquire ao mesmo tempo uma teoria, métodos e padrões científicos, que usualmente compõem uma mistura inextricável. [...] ocorrem alterações significativas nos critérios que determinam a legitimidade, tanto dos problemas, como das soluções."

Geocêntrico fosse substituído pelo heliocêntrico. Dessa maneira, pode-se afirmar que nos PCNs não há clareza sobre a concepção de ciência que norteia as proposições de ensino-aprendizagem; parecem assentar-se sobre a história da ciência e seu desenvolvimento ascendente.

Ao afirmar que o objeto do conhecimento científico é a explicação de aspectos da natureza, os PCNs transformam o conhecimento científico em explicação do fato natural. Ora, é exatamente pelo afastamento das explicações do senso comum que foi produzido o conhecimento científico contemporâneo negando sua continuidade com o conhecimento comum, e assim, o objeto produzido pelo homem pode nos informa mais da complexidade da natureza do que a própria natureza.

Por instaurar uma circularidade – tomar a natureza o ponto de partida e o ponto de chegada para o conhecimento – para o ensino aprendizagem de ciências, os PCNs abrem espaço para que se questione exatamente o ponto de partida, o conhecimento científico como continuidade do conhecimento comum (ponto *i*). A consequência desta adoção teórica é refletida na separação dos conhecimentos de natureza conceitual, procedimental e atitudinal, consequentemente extensivo a todos os outros pontos. Ao tomar o conhecimento científico como continuidade do conhecimento comum, necessariamente a realidade é o ponto de partida e de retorno à crítica. Essa crítica pode abranger os três aspectos da natureza do conhecimento: pelos **conceitos**, explica-se o fenômeno natural não mais pelo senso comum, mas como as leis encontram-se inscritas na natureza e, o objeto se confunde com a própria realidade; pelos **procedimentos**, inquire-se a natureza, buscando nela as regularidades para firmar as leis com base na observação direta sobre as aparências dos fatos e, por último, pelas **atitudes**,

critica-se o próprio conhecimento que foi elaborado, esquecendo-se que o poder da crítica encontra-se no próprio objeto de estudo, pois somente pode-se criticar o que foi contradito, o que foi negado.

Ao propor que o conhecimento científico se faz a partir da realidade e retorna sua crítica a ela, Oliveira (2000, p. 69) afirma que esse conhecimento se encontra determinado pela realidade natural, e que sua característica maior é converter o imediatamente observado em certeza absoluta.

As proposições de Bachelard podem ajudar a elucidar os problemas decorrentes da adoção dos princípios dos PCNs para o Ensino de Ciências, na medida que os professores são levados a imaginar que:

[...] o espírito começa com uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto por ponto. Não levam em conta que o adolescente entra na aula [...] com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana (Bachelard, 1996, p. 21-23).

Baseados nesses princípios, o MEC organiza o Ensino de Ciências Naturais em torno de eixos temáticos, entre os quais 'Terra e Universo', que deve ser trabalhado no decorrer do 3.º e 4.º Ciclo do Ensino Fundamental³⁵.

O eixo temático 'Terra e Universo' tem por objetivo

[...] ampliar a orientação espaço temporal do aluno, a conscientização dos ritmos de vida e propõe a elaboração de uma concepção do Universo, com especial enfoque no Sistema Terra-Sol-Lua [3.º Ciclo]. [...] Espera-se que o terceiro ciclo possibilite aos estudantes chegarem ao quarto ciclo concebendo o Universo sem fronteiras, onde está o sistema Terra-Sol-Lua. Entender a estrutura [...] do Universo e os modelos que o explicam é algo que depende de uma gradativa formação de visão de mundo, mais do que um conjunto de observações sistemáticas pelos estudantes [4.º Ciclo] (BRASIL, 1998b, 62, 91).

³⁵ O Ensino Fundamental compreende da 1ª a 8ª série, e foi dividido em ciclos: 1º Ciclo – 1ª e 2ª série; 2º Ciclo – 3ª e 4ª série; 3º Ciclo – 5ª e 6ª série e, 4º Ciclo – 7ª e 8ª série. (BRASIL, 1998a, 41, 54).

No 3º Ciclo, o estudo do eixo temático deve ser feito a partir de observações diretas dos fenômenos celestes, tendo como elemento central a Terra, pois ela, como uma “[...] grande ‘nave’, deve ter lugar especial nos estudos sobre o Universo.” (BRASIL, 1998b, 65). As sugestões de como trabalhar o tema neste ciclo se fazem a partir desta interpretação: a Terra é o centro e a partir dela é possível explicar os fenômenos dia/noite, estações do ano, movimento aparente do Sol, entre outros. Para o 4º Ciclo o ensino-aprendizagem da temática deve ser efetuado a partir do entendimento dos modelos sobre o mundo, sendo que, ao término da 8ª série, os alunos devem dominar os modelos geocêntrico e heliocêntrico.

Essa proposição é criticável pelo fato dela retomar o entendimento dos dois modelos como consequência da observação direta de fenômenos celestes. Os PCNs propõem que os alunos, ao se aprofundarem nesse conteúdo, possam elaborar modelos que melhor representem o Sistema Sol-Terra-Lua,

[...] contexto propício para apresentar as idéias de Newton sobre a gravidade, [...] sem necessidade de explicitar as formulações matemáticas, pode-se mostrar que a gravidade entre os corpos unifica as observações do céu e os experimentos podem ser vivenciados na Terra, pois o modelo de Newton tornou possível relacionar fenômenos como as marés, as órbitas dos planetas, dos satélites, dos cometas e o movimento de objetos caindo na Terra (BRASIL, 1998b, p. 94).

A proposição mais forte de trabalho sobre esta temática encontra-se referendada na noção de observação adotada nos PCNs: observar a realidade para compreender os fenômenos celestes. O que se propõe é tomar como ponto de partida os fenômenos que são observados cotidianamente pelos alunos: ‘o Sol nasce de um lado e se põe do outro’. No entanto, essa proposta leva ao questionamento de como podem os alunos chegar à compreensão da gravidade newtoniana se em momento algum as verdades que eles trazem sobre a temática forem desconstruídas. Amparado em observações, o conhecimento proposto ignora

a complexidade da concepção newtoniana, reduzindo-a a generalizações; vinculada ao conhecimento comum, descaracteriza-se seu componente abstrato e o objetivo procedimental simplifica a aquisição conceitual.

Independentemente do ciclo, o trabalho proposto pelos PCNs encontra-se preso a uma idéia de observação que acaba por referendar os conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, não há questionamentos acerca dos conhecimentos que eles já possuem. Na realidade, essa posição tem como pressuposto básico que o conhecimento serve para representar o mundo natural e para interpretar seus fenômenos, o que nos leva a afirmar que nos PCNs o sentido do vetor epistemológico é a circularidade, parte dos fenômenos naturais e retorna a eles. Ao retornar à realidade, existe um novo conhecimento que foi acumulado sobre ela: a observação sistemática da natureza faz com que se chegue às leis que se encontram nela inscritas.

A circularidade do sentido e do valor do vetor epistemológico nos PCNs encontra-se firmada nos conteúdos procedimentais, que são uma proposição idealizada do método, ignorando os termos e limites de sua formulação e de seu alcance.

Por ser o método uma idéia constitutiva do empirismo clássico, acaba por tomar como objeto de estudo o real dado, o que impede o aluno de adquirir os conhecimentos necessários para entender como o modelo heliocêntrico se constitui negando as bases epistemológicas do modelo geocêntrico. Portanto, nos PCNs não há proposição de Ensino de Ciências, mas de informação sobre fatos.

As pesquisas com crianças de várias nacionalidades³⁶, envolvendo o

³⁶ Essas pesquisas foram realizadas por Nussbaum e Novick (1976, 1979) com crianças norte americanas; por Nussbaum (1979/1989) com israelitas; por Mali e Howe (1979) com nepalesas; por

domínio de conceitos relacionados com o eixo Terra e Universo, corroboram essas afirmações. Essas pesquisas apontam que a condição plana da Terra é uma linha de pensamento que precisa ser rompida para que os conceitos científicos sejam incorporados pelas crianças.

Esse mesmo resultado foi observado em pesquisas realizadas com professores que deveriam ensinar esses conteúdos. Assim, os trabalhos de Barrabin (1995), com professores espanhóis, de Camino (1995), com professores argentinos, de Beraldo (1997), Bisch (1998) e Maluf (2000), com professores brasileiros, apontam que a incorporação de modelos explicativos da cientificidade desses fenômenos passa pela necessidade de um (re)formar-se por parte daqueles que ensinam, pois ao explicitarem seus conceitos sobre a temática, acabam por privilegiar o realismo ingênuo. Conseqüentemente, para que possam acessar o é necessário rever os seguintes pontos: (i) condição plana da Terra; (ii) a direção da queda dos corpos; (iii) de que as coisas soltas caem; (iv) a visão absoluta do espaço e, (v) o limite de atração da Terra.

Dessa maneira, as proposições dos PCNs deveriam adotar como ponto de partida a desconstrução dos conceitos que professores adotam como verdadeiros, não privilegiando a observação direta dos fenômenos, principalmente a idéia de que o conhecimento científico se dá por continuidade. Ao analisar a relação de conteúdos embutidos nas instruções procedimentais de como explorar cada conceito envolvendo a temática 'Terra e Universo', detectar-se-á que estes retomam a história das ciências como um *continuum*, que exige o domínio de cada passo vivido pela humanidade, ou seja, a apreensão de um novo conceito pelo aluno

Baxter (1989), com inglesas; por Nardi (1990), com brasileiras; por Vosniadou e Brewer (1994), com americanas; por Afonso Lopez *et al* (1995), com argentinas; por Barrabin (1995) com espanholas; por Beraldo (1997) e Bisch (1998), com brasileiras. A faixa etária das crianças dessas pesquisas variaram entre 06 a 18 anos, o que, no modelo de educação brasileiro, implicaria na presença de adolescentes que cursariam o 3º e 4º Ciclos do Ensino Fundamental.

implica a necessidade do conceito anterior tomado como pré-requisito: partindo do conhecimento espontâneo do aluno se alcança o modelo geocêntrico, a partir do qual é possível construir o modelo do Sistema Solar, que se aproxima da revolução científica provocada por Copérnico, que oferece bases para as descobertas de Galileu, que valida, através do instrumento, o modelo de Copérnico e dá suporte para as idéias de Newton, que elabora uma visão dinâmica da Terra no Universo, idéia que, finalmente, é revolucionada por Einstein com a noção de interação entre campos.

Os professores não podem compreender o significado dessas revoluções a partir do que é proposto nos PCNs, pois a proposta faz parecer que a interpretação teórica efetuada por Einstein, somente foi possível pela evolução natural dos sistemas, cada qual em seu tempo e em seu momento. Não existiriam modelos concorrentes, mas somente modelos que foram aprimorados num contínuum do conhecimento comum.

Por outro lado, o ensino-aprendizagem propalado nos PCNs para a temática Terra e Universo é feito por momentos de inserção das diferentes facetas que ajudam a produzir o conhecimento científico, nesses o uso de instrumentos como lunetas e telescópios, visitas a observatórios, museus e outros podem ser úteis para que os estudantes compreendam a atração gravitacional entre Sol-Terra-Lua. Além disso, os PCNs defendem que ainda não é momento para o uso da matemática no entendimento dos conceitos astronômicos.

Com essa proposição, os PCNs privilegiam o espaço de experimentação, mas de forma fragmentária, pois não favorecem um diálogo entre as técnicas experimentais, os instrumentos e a matematização dos fenômenos, o que acaba por manter o ensino no nível da descrição dos fenômenos astronômicos.

Para se compreender melhor como os PCNs interpretam a experiência, os instrumentos e a matemática no ensino-aprendizagem de ciências, tomemos uma grande citação de como trabalhar a temática 'Terra e Universo':

[...] Para os estudantes, é difícil a superação de **concepções intuitivas** acerca da [...] Terra, sua espessura, seu diâmetro, sua localização e descrição de seus movimentos. [...] Só recentemente o ser humano chegou até a Lua e os **equipamentos de observação** (lunetas, telescópios e sondas) estão conseguindo imagens e sons que ultrapassam o nosso Sistema Solar. Há modelos, no entanto, que dependem principalmente da **imaginação** [...].

Telescópios potentes permitiram **constatar** a existência de outras galáxias e **verificar** que todas elas se distanciam entre si. Essa **observação gerou a criação** de um modelo de Universo em expansão a partir de uma grande explosão, o Big-Bang.

[...] O conhecimento do modelo heliocêntrico de Sistema Solar [...] é também difícil, ao colocar-se para os estudantes o **conflito** entre aquilo que **observam**, ou seja, o Sol desenhando uma trajetória curva no céu, e aquilo que lhes *ensinam* sobre os movimentos da Terra.

[...] Uma forma efetiva de desenvolver as idéias dos estudantes é proporcionar **observações sistemáticas**, fomentando a explicitação das idéias intuitivas [...].

Os estudantes devem ser orientados para **articular informações** com **dados de observação direta** do céu [...].

[...] é fundamental privilegiar atividades de **observação** e dar tempo para os alunos elaborarem suas próprias explicações.

A construção de um relógio solar é importante atividade para os alunos realizarem [...] Também por **convenção**, o Norte é definido como o ponto à frente de quem, com os braços estendidos, aponta o Leste com a mão direita e o Oeste com a mão esquerda, ficando o Sul às suas costas.

Fotografias da Lua, dos planetas e de seus satélites [...] podem ser interessantes para **construir imagens** do Universo e de sua investigação. O desenvolvimento de lunetas, telescópios, foguetes satélites artificiais, naves , [...] podem se constituir em pesquisa bibliográfica de revistas e jornais para alunos [...], com roteiros elaborados sob a coordenação e orientação do professor.

Os estudantes podem trabalhar mais seu próprio modelo de Sistema Solar, prestar maior atenção às escalas, aprofundando sua compreensão. Binóculos, lunetas, telescópios, simulações de órbitas planetárias por computadores ou visitas a observatórios e planetários podem ser úteis neste nível.

[...] As **observações com instrumentos** e análise de fotos dos astros observados por Galileu são reveladoras e permitem, também, discutir sobre o papel da tecnologia no desenvolvimento de novos conhecimentos.

Esse contexto é propício para apresentar as idéias de Newton sobre a gravidade [...]. Sem necessidade de **explicitar as formulações matemáticas**, pode-se **mostrar** que a gravidade entre os corpos unifica as observações do céu e os experimentos que

podem ser vivenciados na Terra [...] (BRASIL, 1998b, p. 38-39, 62-64, 93-94, grifo nosso).

Nos PCNs a experiência, os instrumentos e a matemática são elementos que compõem seu conteúdo de natureza procedimental e, necessariamente, fazem parte do conceito de seu conceito de observação, tanto que se retomarmos os termos grifados na citação, constata-se que as atividades servem para que os alunos explicitem as suas concepções intuitivas. Mas como isso pode ser feito? Nos PCNs pode ser a partir da observação. Tanto isso é verdadeiro, que ao propor nos PCNs o uso de instrumentos, é como se fosse possível explicar algum conceito somente a partir de sua produção, é como se o instrumento, e somente por ele mesmo, fosse o suficiente para constatar, verificar, gerar, criar, um modelo de explicação do Universo. Ao propor a realização de experimentos pelos alunos, o faz desconectado de seu conhecimento, já que a construção do Relógio de Sol é utilizada como um momento de planificação do movimento aparente do Sol ou como um primeiro passo para a geometrização do conhecimento, o que serviria para questionar um erro clássico dos livros didáticos, a convenção da localização dos pontos cardeais com o uso dos braços.

Além disso, a lei newtoniana de atração dos corpos é experiência antecipada matematicamente e somente por esse olhar é possível entendê-la como uma realização racional. Ao balizar a complexidade desse conhecimento pelo nível cognitivo do aluno, descaracteriza-se toda a informação e apreensão conceitual da temática. Obviamente esse é um grande problema para a pedagogia e para o ensino mas, a solução, certamente, não deve ser a redução conceitual.

Os professores por não possuírem conhecimentos sólidos sobre a temática, acabam por fazer uso de 'chavões' para explicar os fenômenos astronômicos, sendo "[...] necessárias mudanças nada triviais, na representação do

espaço, na sua visão de natureza, ainda marcada por um realismo ingênuo, e no tipo de conhecimento conceitual que apresentam.” (BISCH, 1998, p. 270).

Para Barrabin (1995), Camino (1995), Beraldo (1997), Bisch (1998) e Maluf (2000) as interpretações que os professores fazem sobre a temática encontram-se próximas das que são efetuadas pelos alunos. No entanto, essas interpretações encontram-se referendadas nos materiais didáticos que usam para ministrar as aulas (por exemplo: livro, globo terrestre, mapas, planisférios e outros), que acabam por referendar uma das máximas do ensino de Astronomia: tomar a Terra como um espaço topológico absoluto, dado pela relação de que o ‘em cima’ é sempre o Norte; e, o ‘embaixo’, é sempre o Sul.

O fato dos livros trazerem esquemas e modelos errôneos é alertado nos próprios PCNs e nos trabalhos de Fracalanza (1992), Trevisan (1997a e 1997b) e Latarri e Trevisan (1999), que apontam que suas informações são poucas esclarecedoras, quando não totalmente erradas, desatualizadas, com desenhos ilustrativos que mais atrapalham que ajudam.

A adoção deste tipo de livro como a lição a ser ‘dada’, faz com que os professores repitam os erros e ao tomá-los como verdadeiros assumem que essa ‘verdade’ foi construída em contato direto com o mundo natural (construído a partir de observações diretas). Assim, acabam por reproduzir um tipo de conhecimento que não refletem o seu referencial de observação, nem o dos alunos.

No geral, pode-se afirmar que os PCNs da Educação Fundamental (3.º e 4.º Ciclo) em sua proposição de Ensino de Ciências toma a natureza como o real dado, a partir do qual constroem-se as teorias. Esse real é tomado como ponto de partida para a construção do conhecimento e o ponto de chegada, transformando os conteúdos de natureza ‘conceitual, procedimental e atitudinal’ como instrumentos

de compreensão e problematização dessa natureza. Ao que parece, acaba por fortalecer uma ciência do senso-comum, de explicação dos fatos cotidianos.

Nessa perspectiva de análise pode-se indagar se a proposição de Ensino/Aprendizagem dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, também valoriza o ensino de uma Física do cotidiano. Na busca dessa resposta, tomaremos como referência os documentos de divulgação da 'Reforma do Ensino Médio (PCNEM)' disponibilizado na forma de CD-Rom, em 1999.

O documento estabelece que é o momento de reforma do Ensino Médio e um de seus objetivos é superar o tratamento estanque e compartimentalizado que é dado ao conhecimento escolar. Assim, o PCNEM estabelece três áreas do conhecimento – Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias e Ciências Humanas e suas Tecnologias – que se encontram integradas, porque compartilham objetos de estudos, criando as “[...] condições para que a prática escolar se desenvolva numa perspectiva de interdisciplinaridade.” (BRASIL, 1999b, p. 14).

Segundo, Lopes (2002, p. 95) o que se busca com o PCNEM é organização de um currículo integrado que se encontra comprometido, “[...] de um lado, com o novo significado do trabalho no contexto da globalização e, de outro, com o sujeito ativo, a pessoa humana que se apropriará desses conhecimentos para se aprimorar, como tal no mundo do trabalho e na prática social” (BRASIL, 1999a, p. 6).

Esse propósito incorpora as considerações da Comissão Internacional sobre a Educação para o século XXI, do relatório da UNESCO (Delors, 2001) que afirma que a educação deve cumprir um triplo papel – econômico,

científico e cultural – e deve se assentar em quatro alicerces – aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser. (BRASIL, 1999b, p. 17).

Assim, o currículo se transforma em uma instrumentalização para a cidadania democrática, pois deve contemplar conteúdos e estratégias de aprendizagem que capacitem o ser humano para as relações políticas, para o trabalho e para a simbolização subjetiva. Cria-se com isso o discurso da inserção social e da formação para o mundo em transformação, que vai se uniformizar nos conceitos de interdisciplinaridade e de contextualização:

Na perspectiva escolar, a interdisciplinaridade não tem a pretensão de criar novas disciplinas ou saberes, mas de utilizar os conhecimentos de várias disciplinas para resolver um problema concreto ou compreender um determinado fenômeno sob diferentes pontos de vista. Em suma, a interdisciplinaridade tem uma função instrumental. Trata-se de recorrer a um saber diretamente útil e utilizável para responder às questões e aos problemas sociais contemporâneos (BRASIL, 1999a, p. 17).

A interdisciplinaridade traz consigo o conceito de disciplina, como aquela que encontra seu valor perante um problema concreto e/ou para compreender um determinado fenômeno sob outro prisma; ao mesmo tempo a interdisciplinaridade tem uma função instrumental, pois, a partir da interação das diferentes áreas é possível responder aos problemas contemporâneos, problemas esses que devem ser contextualizados, conforme a seguinte exposição:

Contextualizar o conteúdo que se quer aprendido significa em primeiro lugar assumir que todo conhecimento envolve uma relação entre sujeito e objeto. [...] é possível generalizar a contextualização como recurso para tornar a aprendizagem **significativa** ao associá-la com experiências da vida cotidiana ou com os conhecimentos adquiridos espontaneamente.

[...]

Quando se recomenda a contextualização como princípio de organização curricular, o que se pretende é facilitar a aplicação da experiência escolar para a compreensão da experiência pessoal em níveis mais sistemáticos e abstratos e o aproveitamento da experiência pessoal para facilitar o processo de concreção dos conhecimentos abstratos que a escola trabalha (BRASIL, 1999b, 41, 45, grifo do autor)

Dessa maneira, interdisciplinaridade e contextualização são firmados pelos mesmos princípios epistemológicos e psicológicos: servem como princípios pedagógicos do currículo para o desenvolvimento das competências estabelecidas pela lei e ao mesmo tempo “[...] são recursos complementares para ampliar as inúmeras possibilidades de interação entre disciplinas e entre as áreas nas quais as disciplinas venham a ser agrupadas.” (BRASIL, 1999b, 48).

O que vai permitir a contextualização dos conhecimentos de todas as áreas e disciplinas no mundo do trabalho é a própria tecnologia, uma vez que, com advento do mundo da comunicação, ou seja, com a terceira revolução, a revolução da nanotecnologia, todo mundo estaria inserido neste processo. O documento não leva em conta que o advento de uma revolução não implica o acesso de todos a sua produção, quer enquanto produto e/ou enquanto conhecimento. Não considera também que ao adotar a formação do educando para o mundo do ‘novo trabalho’, esquece que a globalização gera contextos globais e contextos locais, que aparentemente são contraditórios. É nesse sentido que Santos (2002, apud Lopes, 2002, p. 98) afirma que ao “[...] mesmo tempo que fenômenos transnacionais se multiplicam e as relações sociais aparecem cada vez mais desterritorializadas, novas identidades regionais, nacionais e locais se constituem.” Isto é, enquanto o global desterritorializa, o local reterritorializa.

Ao explicitar nos PCNEM os objetivos de formação em cada uma das áreas, constata-se que suas proposições de universalidade transformam-se em valores de aplicação. Assim, todo conceito, independente de sua produção teórica deve possuir uma dimensão de preparação para o trabalho logo, a formação é “[...] um instrumento para a solução de um problema concreto [...]. Essa educação geral, que permite buscar informação, gerar informação, usá-la para solucionar problemas

concretos na produção de bens ou na gestão e prestação de serviços, é preparação básica para o trabalho.” (BRASIL, 1999a, p. 12-13).

Coerente com sua proposta de formação por habilidades e competências, a interdisciplinaridade e a contextualização são transferidas para as áreas de conhecimento. No caso das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, a aprendizagem de concepções científicas do mundo físico e natural, bem como o desenvolvimento de estratégias de trabalho, devem ter como foco principal a solução de problemas, evitando que os conteúdos trabalhados sejam distantes das experiências dos alunos: “Enfim, a aprendizagem na área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias indica a compreensão e a utilização dos conhecimentos científicos, para explicar o funcionamento do mundo, bem como planejar, executar e avaliar as ações de intervenção na realidade.” (BRASIL, 1999b, p. 16). Assim, procura-se dar ao ensino novas dimensões, como exemplo, deveria apresentar uma Física que explique

a queda dos corpos, o movimento da lua ou das estrelas no céu, o arco-íris e também os raios laser, as imagens da televisão e as formas de comunicação. [...] os gastos da “conta de luz” ou o consumo diário de combustível e também as questões referentes ao uso das diferentes fontes de energia em escala social, incluída a energia nuclear, com seus riscos e benefícios. Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia-a-dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões. Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado.

Para isso, é imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada (ibid., p. 29-30).

O que se percebe nessa proposição, é que aprendido o conceito, este deve voltar-se para os fenômenos, de modo que seja possível aplicar o que se

aprendeu conceitualmente em problemas locais. Acredita-se que com essa metodologia, o conhecimento ganhe elementos de universalidade.

Para Lopes (2002, p 96), na medida que os conteúdos a serem ensinados servem somente para o desenvolvimento de competências, habilidades e valores, acabam naturalizando os próprios conteúdos disciplinares, tornando-os melhores e mais legítimos. Nesse sentido, os conteúdos de Física servem para desenvolver as competências e habilidades de representação, comunicação, investigação, compreensão e contextualização sociocultural. (BRASIL, 1999b, p. 38).

Ao reduzir o conteúdo escolar à sua aplicabilidade imediata os PCNEM ignoram questões constitutivas da própria área de origem do conhecimento. Para ficar nos exemplos do trecho citado a compreensão sobre fontes de energia, células fotoelétricas, radiações, etc demandam um alto grau de pensamento teórico abstrato que não entende na tarifa de consumo dos eletrodomésticos, embora mantenham o mesmo substantivo a compreensão da energia elétrica e da energia nuclear mobilizam conceitos bastante diferenciados em grau de complexidade.

Parece haver na proposta uma indiferenciação entre o conteúdo científico produzido pela Física e algumas de suas aplicações tecnológicas e o uso social do conhecimento.

Pode-se afirmar, de um lado, que tanto nos PCNs como nos PCNEM há elementos de integração de disciplinas. No caso dos PCNs os 'temas transversais' eram o *locus* da interdisciplinaridade, enquanto que nos PCNEM a interdisciplinaridade é um instrumento que utiliza os conhecimentos disciplinares para a solução de problemas concretos. Por outro lado, os dois parâmetros buscam explicitar o seu papel na leitura do mundo natural. Enquanto nos PCNs os conteúdos de natureza conceitual, procedimental e atitudinal eram tomados como instrumentos

de compreensão e problematização da natureza, nos PCNEM há a contextualização como elemento da organização curricular que facilita a aplicação da experiência pessoal na compreensão da experiência escolar.

Resguardada a especificidade de cada um dos Parâmetros Curriculares, pode-se afirmar que os dois acabam por trabalhar uma ciência do cotidiano, sendo mais clara essa proposição nos PCNEM, principalmente quando tratam da área Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Assim, os Parâmetros não consideram que o homem, na busca de uma filosofia da cultura científica, não deve se satisfazer com os resultados adquiridos, mas fugir do cientificismo, se empenhando

[...] arrojadamente numa discussão sobre os valores filosóficos dos temas variados da experiência e das dialéticas diversas que abalam e reorganizam os valores racionais. Através de tais esforços, a natureza é posta sob o signo do homem activo, do homem que inscreve a técnica na natureza. A coerência humana, em torno de um ser técnico, acaba por ser mais forte do que em torno de um objecto natural. Ora, a técnica não se descobre, apreende-se num determinado ensino, transmite-se através de representações e desenhos. Encontramo-nos perante valores de objectividade codificados (BACHELARD, 1990a, p.149).

4.3 Uma razão aberta para a formação do novo espírito científico: contribuições para o Ensino de Ciências

Certamente, não é fácil buscar na epistemologia bachelardiana elementos que contribuam diretamente para o Ensino de Ciências, em primeiro lugar por ele não ser um epistemólogo de uso corrente e, em segundo lugar, pela diversidade de definições que compõem a sua obra epistemológica. Mas de alguma maneira, quando lemos Bachelard, a todo instante

afirma-se que a ciência, tem o papel de formar e (re)formar o espírito, tanto que duas de suas obras trazem como título O Novo Espírito Científico e A Formação do Novo Espírito Científico.

É nesse sentido, que tomamos da epistemologia de Bachelard, buscando discutir como o advento da ciência contemporânea contribui para a formação da razão, a partir do diálogo do racionalismo aplicado e do materialismo técnico.

Bachelard estabelece a ciência contemporânea como um processo de ruptura com o modelo newtoniano-cartesiano de explicação dos fenômenos físicos, mais que isto, ela se estabelece como ruptura com o ideário de cientificidade cunhado por René Descartes e Francis Bacon.

O rompimento com esse ideário, para Bachelard não provocou na ciência a irracionalidade, mas instaurou uma nova racionalidade com base na diversidade da ciência contemporânea. Somente é possível manter a irracionalidade na ciência, caso não haja uma preocupação catártica com a formação do novo espírito científico, em que a razão estará aberta para o novo, firmada no diálogo entre o racionalismo aplicado e o materialismo técnico, que possibilita ao pensamento (re)formar-se a todo o momento.

O (re)formar-se do espírito científico, é na epistemologia bachelardiana um ato inerente da própria ciência, tanto que sua proposição é a de um racionalismo aberto para o novo, que execute “[...] experiências capazes de colocar em risco a razão.” (LOPES, 1999, p. 132).

Neste intento, para (re)formar-se, o espírito científico deve considerar a dialética do ensinador-ensinado, pois, para Bachelard, um homem sozinho está em má companhia, ele deve viver em uma sociedade de estudiosos,

educando-se uns aos outros e apaixonando-se por uma experiência que provoca e remodela as idéias, por uma experiência antecipada na razão. Talvez, seja esse um dos primeiros ensinamentos bachelardianos para a formação do novo espírito científico, a vivência com estudiosos, pois é um dos momentos que transformamos o conhecimento em ‘atos pedagógicos’³⁷.

Ao transformar o conhecimento em atos pedagógicos, constatar-se-ia quais obstáculos epistemológicos entravam a formação do novo espírito, estudando-os no desenvolvimento da ciência e no seu transformar-se em ensino (obstáculos pedagógicos³⁸). Mapeados os obstáculos, buscar-se-ia efetuar sua catarse, vivendo em estado de vigilância permanente. Para superar os obstáculos devemos explicitar qual é o espectro filosófico formado sobre o conceito trabalhado, conseqüentemente qual é o nosso perfil epistemológico. Com isso, viveríamos o sentido e o valor do vetor epistemológico, buscando transformar o perfil epistemológico a partir de atos pedagógicos, que nos colocariam equidistante do realismo e do idealismo.

Tomada essa posição, o Ensino de Ciências não seria sombra projetada pelos programas oficiais, bem como pelas visões pragmáticas do desenvolvimento da ciência, o ideal seria ensinar os momentos de rupturas, “[...] *Enseñando una revolución de la razón, se multiplicarían las razones para realizar revoluciones espirituales. Se contribuiría así a singularizar las diversas filosofías*

³⁷ Bachelard usa o termo atos epistemológicos em oposição à noção de obstáculos epistemológicos. Segundo Lopes (1999, p. 128-129), os atos epistemológicos correspondem aos ímpetus do gênio científico que provocam impulsos inesperados no curso do desenvolvimento científico. A história do conhecimento científico é, assim, a constante oposição entre os atos epistemológicos que impulsionam o conhecimento e os obstáculos epistemológicos que entravam esse mesmo conhecimento. ou seja, uma dialética própria que estrutura o movimento histórico do conhecimento científico.

³⁸ Segundo Lopes (1999, p. 128) os obstáculos pedagógicos são “[...] entaves que impedem o aluno de compreender o conhecimento científico.”

racionalistas, a reindividualizar la razón.” (BACHELARD, 1973, p. 15, grifos do autor).

Para Dagognet (1986, p.28), “[...] é impossível em breve, discernir aquele que sabe daquele que não sabe, inverte os hábitos, obtém a incorporação da ciência e da escola, indissociáveis, mas, sobretudo, quebra o dogmatismo ou o realismo das idéias, o do saber fechado e acabado.”

Com a idéia bachelardiana de negação, é possível firmar o Ensino de Ciências, abandonando todos os sistemas dados como *a priori*. Dessa maneira, a pedagogia aprenderia a conviver com outras formas de racionalismo e entenderia que quando uma teoria diz não a outra, somente estabelece seu limite de ação, instituindo-se assim uma nova racionalidade. Esse ato pedagógico, não aceita o professor que informa sobre a ciência, mas considera-o alguém que vive sua emergência, um comunicador da dinâmica da ciência que se mantém como um jovem estudante que busca (re)formar o espírito científico. Mais que ser um estudante, o professor deve viver e oportunizar ao aluno a vivência dos espaços de experimentação e de verificação do conhecimento, ou seja, a vivência da dialética do materialismo racional e do racionalismo aplicado.

Por ser essa uma das características da ciência contemporânea, enquanto ato pedagógico ela possibilita uma atitude objetiva de reconhecimento das falhas intelectuais, fruto dos erros primeiros, quer sejam erros oriundos do conhecimento comum e/ou do conhecimento científico. A catarse desses erros não pode ser efetuada individualmente, eles precisam ser depurados junto às sociedades científicas, através de esforços lógicos, psicológicos e pedagógicos:

[...] para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja socialmente ativo. [...] o princípio pedagógico fundamental da atitude objetiva é: *Quem é ensinado deve ensinar*. Quem recebe instrução e não a transmite terá um espírito formado

sem dinamismo e autocrítica (BACHELARD, 1996, p. 300, grifos do autor).

Pensar uma pedagogia para a formação do novo espírito científico, conseqüentemente, para o Ensino de Ciências, a partir da epistemologia bachelardiana é pensar na superação dos obstáculos epistemológicos e/ou pedagógicos. Para tanto, essa pedagogia deve ser de retificações de erros, deve ser contrária a imagens e modelos representativos *a priori*, deve contrapor-se a toda forma de representação, cujos alicerces sejam o realismo imediato e o idealismo ingênuo, para que se possa cunhar uma pedagogia do não.

Os obstáculos, de alguma maneira, não podem ser evitados, pois eles possuem a idade de nossa cultura e fazem parte do próprio desenvolvimento da ciência. Ao elaborar perfis epistemológicos individuais, como o fez Bachelard para os seus conceitos de massa e energia, identificaremos em cada perfil “[...] a marca dos obstáculos que uma cultura teve que superar. Os primeiros obstáculos, aqueles que encontramos nos primeiros estádios da cultura, dão lugar a nítidos esforços pedagógicos.” (BACHELARD, 1991, p. 48).

Assim, o cientista é um homem dotado de dois comportamentos, o de ensinar e de reformar o ser cognoscente, uma vez que “[...] ensinam alunos, esforçam-se em dar continuidade ao conhecimento científico e ao conhecimento vulgar. Só com o tempo é preciso constatar que uma cultura científica determinou a reforma do conhecimento, reforma do ser cognoscente.” (BACHELARD, 1977, p. 124).

A adoção da pedagogia da cultura científica evitaria problemas presentes na cultura do realismo e do nominalismo, que tomam os grandes momentos de sínteses como absorção de todo o empirismo, não transformando os momentos de descobertas em aula. Ao contrário, deve-se trabalhar o ensino das

descobertas ao longo da história científica, pois qualquer objeto de estudo estará sujeito à dualidade das atitudes racionalista e empirista, trabalhando sempre a passagem da razão para a experimentação e a antecipação e ilustração da experimentação para a razão: “[...] seria mais simples *ensinar só o resultado*. Mas o ensino dos *resultados* da ciência nunca é um ensino científico. Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode-se ter certeza de que o aluno vai associar o resultado a suas imagens conhecidas.” (BACHELARD, 1997, p. 289, grifos do autor).

Essa proposição pedagógica bachelardiana para a formação do espírito científico exige que o cientista renuncie a sua própria intelectualidade, pois sem

[...] essa renúncia explícita, sem esse despojamento da intuição, sem esse abandono das imagens preferidas, a pesquisa objetiva não tarda a perder não só a sua fecundidade, mas o próprio vetor da descoberta, o ímpeto indutivo. Uma descoberta objetiva é logo uma retificação subjetiva. Se o objeto me instrui, ele me modifica. [...] Quando é bem realizada a psicanálise do pragmatismo, quero saber para poder saber, nunca para *utilizar* (BACHELARD, 1997, p. 305, grifos do autor).

Nesse sentido, pode-se afirmar que o homem cria os fenômenos, como uma realização fenomenológica em que a razão e a matematização antecipam e prolongam a técnica, vencendo-se as contradições do conhecimento imediato. A ciência contemporânea é uma reflexão sobre a reflexão, por construir uma teoria do objetivo, em que o antigo é pensado a partir do novo:

Na obra da ciência só se pode amar o que se destrói, pode continuar o passado negando-o, pode-se venerar o mestre contradizendo-o. Aí, sim, a Escola prossegue ao longo da vida. Uma cultura presa ao momento escolar é a negação da cultura científica. Só há ciência se a Escola for permanente. É essa escola que a ciência deve fundar. Então, os interesses sociais estarão definitivamente invertidos: a Sociedade será feita para a Escola e não a Escola para a Sociedade (BACHELARD, 1997, p. 309-310).

Para Bachelard, é no ato do ensino que se pode avaliar a solidez do conhecimento, mas este ato não se destaca tão facilmente da consciência de saber “[...] quando nos for necessário garantir a objetividade do saber por um apoio na psicologia da intersubjetividade, veremos que o racionalismo docente exige *aplicação* de um espírito a outro. [e] revelar-nos-á uma dialética de *psicologismo* e de *não-psicologismo*. [...] Não do não” (BACHELARD, 1997, p. 19, grifos do autor).

É então a psicologia do espírito científico uma **metodologia consciente**? Bachelard responde que sim, conseqüentemente ela encontra-se muito próxima da psicologia objetiva, normativa, cujo papel seria implantar uma pedagogia em ruptura com o conhecimento comum, pois o verdadeiro espírito científico não se contentaria com as regras cartesianas de ordem e classificação.

Na realidade, por serem os obstáculos inerentes à ciência, deve-se efetuar uma aproximação da psicologia das regras com a psicologia dos obstáculos, constituindo, assim, um racionalismo do contra, uma ação da psicologia contra os erros primeiros. Isto significa que não é possível superar definitivamente o psicologismo e que o pensamento científico deve estar sempre em um estado de pedagogia permanente para a catarse das idéias falsas:

[...] toda cultura científica deve começar [...] por uma catarse intelectual e afetiva. Resta, então, a tarefa mais difícil: colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir (BACHELARD, 1996, p. 24).

O racionalismo docente deve ser estudado a partir da pluralidade das demonstrações, detectando que os resultados deixam de ser empíricos para se apresentarem como resultados de experiências racionais. Dessa forma, a garantia do não-psicologismo deve ser efetuada com referência ao psicologismo, o qual determina que o racionalismo aplicado não o nega por simples declaração inicial,

mas por uma pedagogia permanente que seja contrária aos obstáculos, inserindo-a na análise dos erros iniciais.

Por esta perspectiva, o erro em Bachelard (1996, p. 14-15) é um problema do método, pois

[...] toda verdade que não faça parte de um sistema geral, toda experiência, mesma justa, cuja afirmação não esteja ligada a um método de experimentação geral, toda observação que, embora real e positiva, seja anunciada numa falsa perspectiva de verificação. Tal método crítico exige uma atitude expectante quase tão prudente em relação ao conhecimento quanto ao desconhecido, sempre alerta diante dos conhecimentos habituais, sem muito respeito pelas verdades escolares (ibid., p. 14-15).

Ao analisar o trabalho de Gonseth com alunos da Escola Politécnica de Zurique, Bachelard afirma que no emprego de uma noção científica rigorosa – como a definição de reta e axioma – ocorre um psicologismo enquanto descrição prolixa da noção, que comporta uma certa pluralidade filosófica introduzida pelas relações entre o abstrato e o concreto. Este problema, fruto do racionalismo e do empirismo, faz com que

[...] perante a realidade, o mais resoluto dos lógicos organiza sua fórmulas no centro do psicologismo explícito; o simbolista mais convencionalista recorre a exemplos reais, bem materializados; o realista atribui o absoluto às suas verificações empíricas. Se refizermos a experiência [os filósofos] irão divergir, mas se entenderão, mesmo quando não se quiserem compreender. [...] isto constitui a prova de que as filosofias diversas constituem um potencial filosófico comum (BACHELARD, 1977, p. 25).

O racionalista teria plena convicção da equivalência entre as diferentes noções dessas duas relações. Isso, contudo, não descarta a pluralidade filosófica que é necessária ao ensino; pois somente é possível acompanhar o amadurecimento de cada noção ao longo da história da ciência a partir do espectro filosófico, que percorre o

[...] trajeto cultural que vai do real percebido à experiência realizada pela ciência, sem esquecer qualquer dos traços filosóficos que ajudam ou entram a cultura, o mais simples é acompanhar as idéias em seu transformar-se no ensino, situando-as [...] no campo interpsicológico que tem por pólos o professor e o aluno. É nele que

se forma o inter-racionalismo que vem a ser o racionalismo psicologicamente comprovado (BACHELARD, 1977, p. 27).

No racionalismo ensinado, o papel do professor é fazer compreender, para que o aluno compreenda melhor, referindo-se a noções que diferem das noções ensinadas. Dessa forma, entra-se no reino das necessidades racionais, não diferenciando a montagem hipotética-dedutiva da constatação inteiramente empírica, enquanto dois momentos do raciocínio, mas vivendo, a partir da recorrência histórica, a dialética do espaço de experimentação e de verificação.

Numa educação de racionalismo aplicado, a dialética professor-aluno, faz com que o

[...] mestre apresenta-se como negador das aparências, como freio a convicções rápidas. Ele deve tornar mediato o que a percepção proporciona imediatamente. De modo geral, ele deve entrosar o aluno na luta das idéias e dos fatos, fazendo-o observar bem a inadequação primitiva da idéia com o fato. Ele [deve] introduz[ir] mais pensamento do que comportam as abordagens imediatas da experiência, apresentando um pensamento mais comprometido que o pensamento empírico, que o pensamento positivista (BACHELARD, 1997, p. 29-30).

É necessário o despertar filosófico do aluno para descobrir provas estáveis da objetividade, além da subjetividade da impressão imediata, compreendendo que a força do conhecimento científico é maior que qualquer conhecimento sensível, que a doutrina abstrata prepara para um conhecimento abstrato-concreto, mais concreto que o concreto vivido, em que sua realização técnica se dará pelo desvio abstrato da matemática. Este duplo conhecimento científico é, ao mesmo tempo, intuição sensível e intuição intelectual., que dada sua natureza, coloca o verdadeiro cientista na situação de estudante, posição que sempre deve ser mudada: “[...] A dialética do mestre e aluno inverte-se sempre” (BACHELARD, 1997, p. 31).

Para formar o espírito científico, não basta contrapô-lo ao conhecimento vulgar, mas é necessário ainda efetuar uma conversão de interesses, onde todo valor dado é valor transformado. Nessa atividade de diferenciação todo conhecimento é um endireitamento, é uma atuação psicológica essencialmente normativa. O pensamento científico desdobra-se em pensamento racional e pensamento técnico, um pensamento que é consciente do fato e da normatividade de pensamento.

Nessa conversão de valores, ocorre a substituição da psicologia assertórica pela psicologia técnica:

[...] a causalidade psicológica inteiramente assertórica [valor de juízo] da aquisição das idéias é substituída pela causalidade de uma psicologia técnica, Psicologia que tem a força do ensino. Em vez da cronologia do pensamento assertórico, estabelece-se uma cronotécnica do pensamento apodítico [demonstrável]. Esse pensamento apodítico deve impor sua cronotécnica no ensino [...] (BACHELARD, 1997, p. 35).

O fato da vida cotidiana ser vivida de acordo com as leis do senso comum (encadeamento temporal da vida), produz, como conseqüência, uma desconsideração do funcionamento do pensamento racional, assim a “[...] cultura científica encontra-se, então, diante da tarefa de destemporalizar o trabalho de pensamento para o temporalizar de novo e obter as fulgurâncias da demonstração racional.” (BACHELARD, 1997, p. 35).

O não-psicologismo passa necessariamente, então, pelo psicologismo das noções e pode ser alcançado a partir do racionalismo docente/ensinado. Bachelard propõe descrever o caminho da psicologia da despseudologização das noções, retomando duas filosofias contrárias, por exemplo, a do realismo e a do formalismo. Essas duas filosofias desempenham um papel útil na composição do racionalismo aplicado, principalmente como formas filosóficas para a cultura matemática.

O papel útil do realismo matemático é tentar manter uma correspondência entre as formas algébricas e as formas geométricas, tentar dar às formas algébricas o mesmo valor ontológico da geometria, de forma a transformar um conhecimento discursivo (algébrico) em um conhecimento intuitivo (geométrico), o que pode constituir-se em uma experiência de pensamento abstrato-concreto. Essa inversão filosófica, não está em determinar o que é abstrato e o que é concreto, nem o que real e o que não é, mas em ver o realismo enquanto função filosófica que age em dois sentidos diferentes: o de situar o real no nível geométrico e no nível algébrico. Desta forma estaria constituída uma **pan-psicologia**: a aceitação de filosofias diferentes ou até opostas para a leitura do real. Esta mesma inversão poderia ser aplicada à Física, realizando a inversão entre o realismo algébrico e o realismo experimental.

Por outro lado, na Matemática, o formalismo é indispensável para sua cultura, já que se constitui como um racionalismo. No caso axiomático ocorre, então, uma segunda aproximação; pois se faz axiomas daquilo que se conhece, logo é uma ciência sistematicamente recomeçada. Por ocultar sua finalidade, os axiomas tornam-se causas primeiras, que, para garantirem seu rigor de demonstração, restituem-se à consciência do não-rigor. Nesse diálogo de antipsicologismo pelo rigor, os axiomáticos restituem o psicologismo ao estabelecerem que esse rigor é feito contra todos os erros possíveis. A Física contemporânea passa a instalar a axiomatização através da análise do princípio de incerteza de Heisenberg e pode-se perceber que ele é um axioma da não-localização dos objetos quânticos.

Embasada neste princípio, a Lei dos três estados (já descrita anteriormente) é movida por uma base de afetividade, o que permitiria caracterizá-la como uma **Lei dos três estados da alma**. Neste ponto, a tarefa da filosofia

científica é a de psicanalisar o interesse, psicanalisar os obstáculos, quer sejam epistemológicos e/ou pedagógicos, “derrubar qualquer utilitarismo por mais disfarçado que seja, por mais elevado que se julgue, voltar o espírito do real para o artificial, do natural para o humano, da representação para a abstração.” (BACHELARD, 1996, p. 13).

Esse utilitarismo pode ser sentido nos livros de ciências do período pré-científico, pois eles tinham como ponto de partida a Natureza e seus autores interessavam-se pela vida cotidiana e vulgarizavam o conhecimento com o propósito de divulgar suas obras e torná-las acessíveis ao conhecimento popular. Por isso que “[...] os livros de Física, que há meio século são copiados uns dos outros, fornecem aos alunos uma ciência socializada, imóvel, que, graças à estranheza persistência do programa dos exames universitários, chega a passar como *natural*; mas não é; já não é natural.” (BACHELARD, 1996, p. 30).

No período científico, o livro apresenta uma ciência ligada a uma teoria geral, não havendo lugar para o senso comum, pois se desarmam os fenômenos naturais porque estes são explicáveis a partir de uma teoria. A impressão primeira é tomada como “[...] uma prisão acanhada, onde o espírito perde a liberdade, onde a experiência se priva da extensão necessária para o conhecimento afinado da realidade.” (BACHELARD, 1990, p. 24).

Os livros de eletricidade do século XVIII são casos exemplares desse funcionamento, pois a primeira experiência não oferece uma visão dos fenômenos, nem a sua descrição. Como eles apenas satisfazem a curiosidade imediata, constituem-se como obstáculo para a cultura científica, falta-lhes o sentido de problema e o fato é tomado como dado da realidade que proíbe a busca de leis:

[...] o pensamento pré-científico não se fecha no estudo de um fenômeno circunscrito. Não procura a variação, mas sim a variedade.

[O que] leva o espírito de um objeto para outro, sem método; o espírito [científico] procura ampliar conceitos; a busca da variação liga-se a um fenômeno particular, tenta objetivar-lhe todas as variáveis, testar a sensibilidade das variáveis. Enriquece a compreensão do conceito e prepara a matematização da experiência. [...] O espírito pré-científico sempre acha que o produto natural é mais rico do que o artificial (BACHELARD, 1996, p. 38-39).

Dessa maneira, a ciência ensinada possui a mesma linguagem da filosofia, é um bloco intacto que ao negar ou afirmar o papel da experiência o faz sobre um único aspecto:

[...] para os empiristas, a experiência é uniforme na sua essência porque tudo vem da sensação; para os idealistas, a experiência é uniforme porque é permeável à razão. [...] É a ciência experimental da instrução ministeriais: pesem, meçam, contem; desconfiem do abstracto, da regra; liguemos espíritos jovens ao concreto, ao facto (BACHELARD, 1990a, p. 15-16).

Essa proposição de transposição do método de conhecimento para o método de ensino não busca a essência dos fenômenos e acaba por elaborar imagens, analogias e metáforas que se constituem em obstáculos para o espírito científico, os quais devem ser psicanalisados; pois:

Uma ciência que aceita as imagens é, mais que qualquer outra, vítima das metáforas. Por isso, o espírito científico deve lutar sempre contra as imagens, contra as analogias, contra as metáforas. Em resumo, no ensino elementar, as experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse. É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiência para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno. A experiência é feita para ilustrar um teorema. [...] sem o equacionamento racional da experiência determinado pela formulação de um problema, sem o constante recurso a uma construção racional bem explícita, pode acabar surgindo uma espécie de *inconsciente do espírito científico* que, mais tarde, vai exigir uma lenta e difícil psicanálise para ser exorcizado. 'O conhecimento comum é inconsciência de si' (BACHELARD, 1996, p.48-51, grifos do autor).

A psicanálise dessa inconsciência pelo espírito científico, é uma racionalização da experiência que precisa ser inserida num jogo de razões múltiplas, pois, o racionalismo contemporâneo ultrapassa o estágio da observação. A

observação e a experimentação não são mais tomadas como métodos em continuidade, mas sim em ruptura.

No desenvolvimento da Química, durante o estado pré-científico, a alquimia vai reforçar o estudo da substância como um estado da alma, de forma que nas suas hipóteses não são as coisas e as substâncias que são postas a prova, mas sim o estado de espírito. Cria-se, dessa forma, um estereótipo de origem afetiva para explicar a experiência sobre o mundo dos objetos. Qualquer falha na experiência material é uma falha da alma, de forma que se a experiência contradisser a teoria é porque houve apenas um engano de procedimentos. No espírito científico, o fracasso de uma ação material é imediatamente compreendido como um fracasso intelectual, pois o empirismo científico encontra-se inserido num contexto de hipóteses racionais.

De Aristóteles a Bacon, o empirismo inventivo foi extremamente prejudicado com a falsa doutrina do geral. Para romper com a facilidade das generalizações, o espírito científico deve psicanalisar o raciocínio indutivo que, baseado numa série de fatos particulares, estabelece leis científicas gerais que bloqueiam as idéias. De alguma maneira, essas leis gerais definem palavras e não fatos, levando a uma identificação entre as palavras e as leis, através de um acordo verbal das definições.

Com as generalizações, corre-se o risco, por exemplo, da lei de Newton sobre a queda dos corpos – no vácuo, todos os corpos caem com a mesma velocidade – transformar-se em um obstáculo para o pensamento, uma vez que, dada a sua clareza, não se coloca como necessário o estudo da queda dos corpos. Mesmo sendo base de um empirismo exato, através desse pensamento generalizante, perde-se o estímulo da experiência, ofuscando as variáveis

matemáticas essenciais. Por outro lado, os alunos de Física acreditam que “[...] todas as fórmulas, inclusive as que decorrem de uma teoria bem organizada, são empíricas. Pensam que a fórmula não passa de um conjunto de números disponíveis, que basta aplicar a cada caso particular.” (BACHELARD, 1996, p. 37).

Outro caminho para a busca de generalidades é o uso de tabelas oriundas de dados provenientes dos sentidos, que, por serem base de um conhecimento estático, entram a pesquisa científica, por excluírem as perturbações. A Física Contemporânea, contudo, trabalha exatamente neste ponto, ou seja, nas zonas de perturbações.

O espírito científico, ao seguir o caminho da atração pelo particular e da atração pelo universal, enquanto compreensão e extensão de um conhecimento, pode se enganar, pois

[...] para incorporar novas provas experimentais, será preciso então *deformar* os conceitos primitivos, estudar as condições de aplicação desses conceitos e, sobretudo, incorporar *as condições de aplicação de um conceito no próprio sentido do conceito* [como] uma estreita união da teoria com a razão. [...] O conhecimento científico correspondente a um fenômeno particular é o agrupamento das aproximações sucessivas bem ordenadas (BACHELARD, 1996, p.76, grifos do autor).

Com isso se totaliza e se atualiza a história do conceito. A partir dessa atualização, a experiência passa a ser tomada como o momento em que se complica e se aplica o conceito, realizando condições de aplicação que não se encontram na realidade, ou seja, o espaço de verificação funciona de forma a determinar o de experimentação. Dessa forma, a ciência constrói seus objetos e o papel da fenomenotécnica é prolongar a fenomenologia tornando o conceito acompanhado de uma técnica de realização. O espírito científico procura nos fenômenos determinar as variações e essas designam suas variáveis matemáticas, equiparando, neste ponto, razão e experiência. O que caracteriza o pensamento do

cientista moderno “[...] é a objetividade e não o universalismo. [...] A objetividade se determina pela exatidão e pela coerência dos atributos, e não pela reunião de objetos mais ou menos análogos.” (BACHELARD, 1996, p.89).

Enquanto obstáculo para o conhecimento científico, o conhecimento unitário e pragmático é fruto do pensamento filosófico que imobilizou toda forma de experiência a partir “[...] de uma visão geral do mundo, por simples referência a um princípio geral da Natureza. Foi assim que, [...] a idéia de uma natureza homogênea, harmônica, tutelar, apagou todas as singularidades, todas as contradições, todas as hostilidades da experiência” (BACHELARD, 1996, p. 103).

Outro obstáculo para a apreensão da ciência é o verbal. Nele uma única imagem, uma única palavra, se constitui numa explicação, por ser um substantivo carregado de adjetivos, por servir para expressar os mais diferentes fenômenos. O obstáculo verbal funciona como uma categoria empírica que se explica automaticamente, que não precisa de uma teoria. Dessa forma, ele representa um realismo ingênuo, pois, através do seu aparato metafórico, representa uma imagem generalizada. Bachelard toma como exemplo a palavra ‘esponja’, afirmando que ela apresenta um acúmulo de imagens que prejudicam a razão. Seu lado concreto impede a visão abstrata e clara dos problemas reais. Ao se nutrir desse pensamento, mesmo quando se tende a apagar a imagem, esse persiste num movimento de jogo lingüístico, pois ao associar uma palavra concreta a uma palavra abstrata, por exemplo, no caso da palavra ‘esponja’, apaga-se a esponja (o objeto), mas mantém-se a esponjosidade (abstrato).

O espírito científico deve opor-se a este tipo de metáfora e de analogia usadas pelo espírito pré-científico. As metáforas e as analogias são usadas pelo espírito pré-científico antes da elaboração de uma teoria e no espírito científico

somente depois da determinação de uma teoria, onde elas funcionam de modo a permitir o esclarecimento das idéias abstratas. Assim, o uso de metáforas e analogias imediatas não são sempre passageiras e podem colocar em perigo a formação do espírito científico, pois as intuições da filosofia realista colocam “[...] obstáculos fortemente materializados [que] não acionam propriedades gerais, mas qualidades substantivas. É aí, numa experiência abafada, mais subjetiva, mais íntima, que reside a verdadeira inércia espiritual.” (BACHELARD, 1996, p. 102).

Os obstáculos explorados por Bachelard servem para distinguir o conhecimento sensível do conhecimento refletido, é preciso psicanalisar o conhecimento objetivo negando o realismo totalitário e unitário que considera tudo como real, negando a continuidade epistemológica do realismo ingênuo, pois ao retomar um passado “[...] cheio de erros, encontra-se a verdade num autêntico arrependimento intelectual. No fundo, o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização.” (BACHELARD, p. 17).

Uma das provas do racionalismo completo é que, geralmente, a lei antecede o fato, concebem-se os aspectos formais antes de captar seus aspectos materiais, o que demonstra que em determinado nível é o método que define os objetos, o “[...] *desconhecido é formulado*. [...] O real não é mais do que realização. Parece até que um real só é instruído e seguro se tiver sido realizado, e, sobretudo se tiver sido recolocado na sua correta vizinhança, na sua ordem de criação progressiva.” (BACHELARD, 1991, p. 55, grifos do autor).

É neste esforço de uma cultura científica que deve ser colocada uma proposição de uma pedagogia para o Ensino de Ciências, contrária ao cientificismo da ‘era das certezas’ que, ao invés de satisfazer-se com os resultados produzidos,

deve se empenhar na discussão sobre o valor do espaço de experimentação e do espaço de verificação do conhecimento, vivenciando as diversas dialéticas de reorganização dos valores racionais da ciência. Sob tais esforços “[...] a natureza é posta sob o signo do homem activo, do homem que inscreve a técnica na natureza. [A] técnica não se descobre, apreende-se num determinado ensino, transmite-se através de representações e desenhos. Encontramo-nos perante valores de objectividade codificados.” (BACHELARD, 1990a, p.149).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A revolução científico-tecnológica iniciada por volta de 1870, caracterizada como produtora do tempo das certezas, entra em crise com a Primeira Grande Guerra, se aprofunda com o emprego tecnológico oriundo dessa revolução na Segunda Grande Guerra e provoca um estado de topor no mundo. A ciência da contemporaneidade encontra marcada por esse dilema externo e, internamente pelo dilema da não localização dos objetos físicos. Essa não localização configura-se como uma proposição de irracionalidade na ciência, a qual buscamos negar a partir da epistemologia bachelardiana para a formação do novo espírito científico. Nesse processo, buscamos colocar nosso espírito em estado de novação, em estado de ruptura com os modelos tomados *a priori*, o que implica necessariamente, a formação de uma razão aberta para o novo, firmada no diálogo do racionalismo aplicado e do materialismo técnico.

Esse revisitar da obra epistemológica de Bachelard, possibilitou-nos reformar o espírito científico, a qual se deu em duas direções: a primeira direção foi a de efetuar, a partir dessa epistemologia, a releitura da histórica da Astronomia, destacando o papel que o instrumento técnico teve na composição de seu objeto, colocando o conhecimento do pesquisador em estado de formação e, a segunda foi a de explicitar como essa epistemologia pode contribuir para o Ensino de Ciências.

Na primeira direção, tomamos de Bachelard o conceito de atividade científica como um ato que é determinado por dois vetores epistemológicos, a do racionalismo aplicado e materialismo racional, cuja objetividade é sempre dada na

forma de um projeto, onde o método e objeto interferem mutuamente para retificar os nossos erros primeiros.

Assim, para colocar o espírito do pesquisador em estado de novação, procuramos remontar ao desenvolvimento da Astronomia, passando pela **Lei dos Três Estados** – concreto, concreto-abstrato e abstrato – o que reflete, necessariamente, o perfil epistemológico do pesquisador, conseqüentemente, o espectro filosófico que ele usa para interpretar os conceitos astronômicos.

Mesmo sendo uma pesquisa de caráter bibliográfico, fica claro que qualquer conceito é analisado a partir de um determinado espectro filosófico, nunca a partir de uma filosofia dada *a priori*. Assim, ao tomar como foco central a inserção do instrumento técnico no desenvolvimento da Astronomia, foi possível criar um cronotécnica, refletida em três grandes períodos: (i) período de Eudóxio de Cnido (aproximadamente 360 a.C) a Tycho Brahe (1601) – estado concreto; (ii) período de Copérnico (1543) e Galileu (1609) a Newton (1720) – estado abstrato-concreto e; (iii) período em que surge a Radioastronomia até os dias atuais – estado abstrato.

No primeiro período, a Astronomia é uma ciência de estudo das posições dos corpos, dado por instrumentos que procuravam repetir o que se observava, era uma ciência de caráter intuitivo, com valorização do espaço da experimentação. No segundo período, ocorre a matematização dos fenômenos físicos, criando leis universais, prevalecendo o espaço da verificação. Por último, vemos a retroação entre o experimento, a técnica e a teoria, os quais encontram-se determinados pelo espaço da experimentação e da verificação.

Ao estudar o desenvolvimento da Astronomia, vivemos os três estados do desenvolvimento dessa ciência, o que não nos permite afirmar que um determinado estágio seja melhor que outro, mas que ele é um reflexo do tempo que

traz embutido na sua história a idade de sua cultura. De alguma maneira, o conhecimento presente nos possibilitou avaliar o passado, analisando em cada momento qual era a filosofia (método) usada na produção da ciência, bem como, o valor do vetor epistemológico: valor de crítica sobre as experiências antigas e o valor de ação sobre as experiências novas. Com esse olhar sobre a história da Astronomia foi possível detectar os diferentes erros que foram retificados e quais os obstáculos que se interpuseram na produção do conhecimento.

Por outro lado, essa leitura reflete nosso perfil epistemológico e constata-se que nossas noções conceituais encontram-se firmadas a partir de uma pluralidade filosófica (realismo, empirismo e racionalismo) que revelam uma filosofia particular para cada uma das noções. Assim, pode-se afirmar, que cada um dos períodos da cronotécnica da Astronomia, foi analisado a partir do racionalismo cartesiano, o que implica, necessariamente, que a nossa formação encontra sua base nos conceitos newtonianos de tempo e espaço absolutos.

A segunda direção tomada nessa pesquisa, foi a de explicitar qual a possível contribuição da epistemologia bachelardiana para o Ensino de Ciências. Nesse sentido, invertemos o caminho a ser trilhado, buscando nos documentos oficiais (PCNs e PCNEM) quais são as proposições para o Ensino de Ciências, bem como, se eles refletem as pesquisas e discussões sobre as tendências de ensino e de pesquisa em 'Educação Para a Ciência'. Depois, tomamos da epistemologia de Bachelard, alguns de seus elementos que poderiam contribuir para o Ensino de Ciências.

Nas últimas duas décadas do século XX, as pesquisas em educação para a ciência vão propor novos modelos de ensino/aprendizagem: na década de 80 com a proposição de mudança conceitual e na década de 90 com os modelos e

modelagem. A proposição de mudança conceitual acaba por gerar pesquisas que têm como referência a História e da Filosofia das Ciências, adotando como pressuposto epistemológico a filosofia de Popper, Kuhn, Lakatos, Feyraband, Toulmin, entre outros. Na década de 90, com a proposição de modelos e modelagem, adota que a aprendizagem é efetuada a partir de atividades modeladoras, através de analogias, metáforas e matematização.

Com a mudança conceitual esperava-se que os conhecimentos espontâneos dos alunos fossem substituídos pelo conhecimento científico, o que não se mostrou verdadeiro, pois ao fim do trabalho os alunos mantinham suas concepções primeiras, o que nos demonstra haver uma distância entre o conhecimento científico e o saber escolar. O mesmo vai acontecer com os modelos e modelagem, que refletem a estrutura da organização conceitual de uma vertente específica da psicologia.

Em Bachelard é possível encontrar elementos que neguem a proposição de mudança conceitual e do uso de modelos e modelagem para o Ensino de Ciências. Para o autor, qualquer mudança nas noções conceituais, é uma mudança no espectro filosófico que não é o abandono de um conhecimento prévio, intuitivo, espontâneo, mas sua explicitação a partir de um novo olhar. Pode-se citar como exemplo, a noção de que o Sol gira em torno da Terra: com a planificação desse 'movimento aparente do Sol' é possível aos alunos/professores desconstruir esse conhecimento, trata-se de desconstruir experimentalmente os conceitos firmados pela observação diária.

O mesmo ocorre com a idéia de construir modelos e modelagem que refletem o conhecimento científico, pois o seu pressuposto básico é de que o conhecimento científico é uma representação de construção contínua de

representações análogas estruturais do mundo. Para Bachelard, somente podemos fazer analogias, metáforas para ampliar a ação de um conceito apreendido, ela não deve ser instrumentos *a priori* para a aprendizagem.

Uma segunda grande linha de pesquisa em Ensino de Ciências é firmada pelas contribuições cognitivistas, as quais tem como foco principal o aluno, que acabou por gerar nos documentos oficiais uma concepção de ciência construtivista. Assim, ao adentrarmos no século XXI, encontramos as pesquisas marcadas por pressupostos epistemológicos e metodológicos das mais diferentes áreas do conhecimento.

De qualquer maneira, esses caminhos tomados pela pesquisa em Ensino de Ciências, acabam não se refletindo na composição dos documentos oficiais (PCNs e PCNEM). Dada as diferenciações, esses dois documentos vão se priorizar a formação para o trabalho, tanto que ao efetuar uma proposição de conteúdos a serem trabalhados o fazem a partir de uma concepção utilitarista, como se houvesse uma ciência do cotidiano, no caso do PCNs e, uma Física do cotidiano, no caso do PCNEM. Assim, o maior problema gerado pela proposição de ensino-aprendizagem dos documentos oficiais é a retirada dos conceitos de sua historicidade e problemática, e “[...] Não é sem motivo que os livros didáticos omitem referências bibliográficas e históricas e mesmo referências sobre seus próprios autores. Ensinamos apenas o resultado, isolando-o da história de construção do conceito.” (LOPES, 2001).

Assim, o Ensino de Ciências nos PCNs e de Física no PCNEM propõem chegar ao abstrato a partir do concreto, como se fosse esse o caminho natural para se produzir ciências, o que acaba por estabelecer que a formação de

um conceito se dá em continuidade com o senso comum, o que acaba por adotar uma ciência realista e empirista.

Nesse sentido, faz-se necessário perguntar se existe algum ponto de ligação entre as propostas dos parâmetros e a epistemologia bachelardiana? Acredito que a resposta a essa pergunta encontra-se no entendimento que eles possuem sobre o conhecimento educacional (pedagógico), pois é possível a partir deles determinar se existe um saber educativo que deve ser ensinado e apreendido. E, por último, não menos importante, é determinar se este saber encontra-se determinados por concepções de filosófico-epistemológicos, ou seja, encontram-se determinado por uma concepção de método de produção do conhecimento.

A resposta à primeira pergunta é clara e objetiva, **não**. Tanto nos PCNs como nos PCNEM o conhecimento científico é uma continuidade do conhecimento comum, conseqüentemente o conhecimento escolar serve para a leitura do mundo natural, utiliza-se dos conhecimentos disciplinares para a solução de problemas concretos, aplica-se a experiência escolar na compreensão da experiência pessoal e vice-versa. Pode-se afirmar que os parâmetros privilegiam uma ciência presa ao cotidiano, logo perdem a oportunidade de erudição, pois acabam se transformando em obstáculos à aprendizagem, fortalecendo os conhecimentos que precisam ser psicanalisados. Nesse caso, o saber educativo a ser ensinado e/ou apreendido encontra-se dado pelo mundo natural, não é a transformação do conhecimento científico para um conhecimento pedagógico³⁹. Assim, os parâmetros acabam por valorizar uma ciência do realismo, em que a

³⁹ Segundo Basil Bernstein (1996), o conhecimento escolar é entendido como o resultado de recontextualizações sucessivas do discurso de um campo intelectual ou de uma área de conhecimento. O discurso de um campo de conhecimento é deslocado de seu campo original e realocado na escola, onde é recontextualizado de acordo com a gramática do aparelho escolar. Neste contexto, o campo pedagógico forneceria o conjunto de regras (discurso pedagógico) através das quais os discursos de outros campos se transformam em conhecimento escolar.

observação, no seu sentido mais clássico, é o próprio método de produzir ciências, é a implantação de uma tendência didática em que o método antecede o objeto de estudo e que o único caminho possível para se chegar ao abstrato é a partir do concreto.

Essa pergunta em Bachelard tem a mesma resposta, 'não', no sentido bachelardiano do termo. É não, pelo fato dele colocar o conhecimento científico como um momento de reformar do espírito científico, pois no próprio ato de produzir ciências já existe um ato pedagógico, o qual é responsável pela reforma do espírito científico. Assim, quando se produz um conhecimento científico, produz-se, ao mesmo tempo, um conhecimento pedagógico, o qual deve-se transformar em ato de ensino, pois é somente neste momento que se constata o que apreendeu. Outra diferenciação substancial é que na própria produção da ciência e no momento do ensino que devemos localizar os possíveis obstáculos que se interpõem à produção do conhecimento, buscando superá-los a partir de uma psicologia objetiva. Dessa maneira, essa negação será sempre contra uma forma de conhecimento, quer seja comum e/ou espontâneo, quer seja oriundo do realismo e/ou do idealismo, o que demonstra que a produção do conhecimento se dá por descontinuidade.

Falar em método de produzir conhecimento e/ou ensinar em Bachelard é falar de polissemia de métodos, pois dado um objeto ele será capturado por diferentes interfaces que são determinadas pelo perfil epistemológico do pesquisador, o que implica que seu ensino dar-se-á a partir dessa pluralidade. Com isso, não se transmitem obstáculos, identifica-se para que eles possam ser abandonados e ao mesmo tempo identifica-se o perfil epistemológico.

Dada essa possibilidade de pluralidade de métodos, quer para produzir ciências, quer para ensinar ciências, podemos discutir a partir de Bachelard,

quais são as possíveis contribuições para o Ensino de Ciências, enfocando sempre que não existe um método dado *a priori*, mas que ele é construído a partir do objeto e que os dois devem estar sempre em estado de renovação. Para tanto, deve se ter em mente que não é privilégio do Ensino de Ciências trabalhar os grandes momentos de rupturas, focando, principalmente os grandes momentos de racionalidades das ciências, os quais deveriam fazer parte da formação de qualquer quadro de professores, para que eles possam entender que o conhecimento não se faz em continuidade, mas que é sempre um processo de negação, principalmente quando se trabalha uma história da ciência que não é uma coleção de biografias, mas a história de uma filiação conceitual.

Com esse pressuposto básico de afirmação do materialismo racional e o racionalismo técnico da epistemologia bachelardiana, pode-se destacar em primeiro lugar a escola como o *locus* de questionamentos dos conhecimentos que se mostram firmados a partir da experiência comum, a partir da renovação da experiência. Não se trata aqui de firmar uma experiência para a educação, mas de realizar experiências que desconstruam o conhecimento comum. Um segundo passo dentro dessa proposição é a identificação dos obstáculos que impeçam o acesso ao conhecimento científico, para que sua ruptura se dê a partir de atos pedagógicos, o que nos leva a concordar com Astolfi e Develay (1990) que não é característica da escola transmitir conhecimentos que sejam obstáculos à construção do conhecimento científico, mas cuja transmissão encontra-se diretamente ligada à formação dos professores.

Ao relermos os Parâmetros, o fizemos pensando em quem tem que fazer o seu uso em sala de aula – os professores – mas, ao mesmo tempo, nos preocupamos como esse conhecimento chega à sala de aula, conseqüentemente

como é proposto seu ensino para os alunos do 3.º e 4º Ciclo do Ensino Fundamental e para os alunos do Ensino Médio. Acredito que tomados os caminhos anteriores, é possível, adentrar no mundo das ciências a partir de sua história, pois dado que as experimentações serviram para questionar os conhecimentos prévios dos alunos do Ensino Fundamental e Médio, esse ensino pode se diversificar com o uso de literaturas que exploram a noção de tempo, quer enquanto ficção ou obras de divulgação científica, recuperando, ao mesmo tempo, a vida e as obras de grandes cientistas, discutindo qual era o momento histórico que eles vivam e como foram seus processos de produção: uma história que não seja factual mas da produção do seu objeto de estudo.

Nesse sentido, o fazer e ensinar ciências em Bachelard não é reproduzir os experimentos protocolares que servem para referendar uma determinada teoria quando trabalhados *a posteriori*, ou quando são trabalhados *a priori*, tem seus resultados validados pela teoria, também não é para implantar a fenomenotécnica, mas para que o Ensino de Ciências seja um momento de renovação, de formação de espírito científico para o novo: **a formação de uma razão aberta.**

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAGNANO, Nicola. **Dicionário de Filosofia**. 4. ed. Tradução de Alfredo Bosi e Ivone Castilho Benedetti. São Paulo: Martins Fontes, 2000.

ABETTI, George. **Historia de la astronomia**. Tradução de Alejandro Rossi. México: Fondo de cultura econômica, 1992.

AMARAL, Ivan Amoroso do. Currículo de Ciências: das tendências clássicas aos movimentos atuais de renovação. In: BARRETO, Elba Siqueira de Sá (Org.) **Os currículos do ensino fundamental para as escolas brasileiras**. Campinas: Autores Associados; São Paulo: Fundação Carlos Chagas, 1998. Coleção Formação de Professores. p. 201-232.

ASIMOV, I. **História del telescopio**. Tradução de Néstor Míguez. Madrid:Alianza editorial, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 6023**: referências e elaboração. Rio de Janeiro, ago. 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. **NBR 10520**: citações em documentos e apresentação. Rio de Janeiro, ago. 2002.

ASTOLFI, Jean-Pierre; DEVELAY, Michel. **A didática das ciências**. Tradução de Magda Sento Sé Fonseca. Campinas,SP: Papirus, 1990.

BACHELARD, Gaston. **La activité rationaliste de la physique contemporaine**. Paris: P.U.F., 1965.

_____. **El compromisso racionalista**. Tradução de Hugo Beccacece. Buenos Aires: Siglo Veintiuno editores, 1973.

_____. **O racionalismo aplicado**. Tradução de Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar ed., 1977.

_____. **O novo espírito científico**. Tradução de António J. P. Ribeiro. Lisboa: Edições 70, 1986.

_____. **A epistemologia**. Tradução de F. L. Godinho e M. C. Oliveira. Lisboa: Edições 70, 1990a.

_____. **O materialismo racional**. Tradução de João Gama. Lisboa: Edições 70, 1990b.

_____. **A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico**. Tradução de J. J. M. Ramos. Lisboa: Editorial Presença, 1991.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. 5 ed. Tradução de Estela dos S. Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACON, Francis. **Novum Organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. v. XIII. São Paulo: Abril S/A, 1973. p. 19-237. (Coleção os Pensadores).

BARBOSA, Elyana; BULCÃO, Marly. **Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação**. Petrópolis, RJ: Vozes, 2004.

BARRABÍN, J. de Manuel. ¿Por que hay veranos e inviernos? representacionaes de estudiantes (12-18) y futuros maestros sobre algunos aspectos del modelo Sol-tierra. **Enseñanza de Las Ciencias**. v. 13, n. 2; p. 227-236. 1995.

BERALDO, Tânia Maria Lima. **O Ensino de Conceitos Relacionados com a Terra no Espaço nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental: elementos para reflexão em torno da formação de professores**. Mato Grosso, 1997. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Mato Grosso.

BERNSTEIN, Jeremy. **As idéias de Einstein**. Tradução de Leônidas Hegenberg e Octanny Silveira da Motta. São Paulo: Cultrix, ;ed. da USP, 1975.

BISCH, Sérgio Mascarello. **Astronomia no Ensino Fundamental: natureza e conteúdo do conhecimento de estudantes e professores**. São Paulo, 1998. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

BONAMINO, A; MARTINEZ, S. A. Diretrizes e Parâmetros Curriculares Nacionais Para o Ensino Fundamental: a participação das instâncias políticas do estado. **Educação e Sociedade**, Campinas, v.23, n.80, p. 371-388, 2002.

BRASIL, Ministério da Educação e do Desporto. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Documento Introdutório. Brasília: SEF, 1998a.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ciências Naturais. Brasília: SEF, 1998b.

_____. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Temas Transversais. Brasília: SEF, 1998c.

_____. **Reforma do Ensino Médio**: o novo Ensino Médio. Brasília: SEF, 1999a

_____. **Reforma do Ensino Médio**: Parâmetros Curriculares Nacionais. Brasília: SEF, 1999b.

BULCÃO, Marly. **O Racionalismo da ciência Contemporânea: uma análise da Epistemologia de Gaston Bachelard**. Rio de Janeiro: Ed. Antares, 1981.

CAMINO, N. Ideas previas y cambio conceptual en astronomia: un estudio con maestros de primaria sobre el día y la noche, las estaciones y las fases de la Luna. **Enseñanza de Las Ciencias**. Barcelona, v. 13, n. 1; p. 81-96. 1995.

CANGUILHEM, Sobre una epistemología concordatoria. In: _____ . **Introducción a Bachelard**. Argentina: Ed. Caldén, 1973. p. 21-32.

CARDOSO, W. A História da Ciência segundo Bachelard e Merton. **Reflexão**. Campinas: nº 62, ano xx, p. 109-121. Quadrimestral, mai, ago. 1995.

CESAR, Constança Marcondes. **Bachelard: ciência e poesia**. São Paulo: Paulinas, 1989.

COMTE, A. **Discurso sobre o espírito positivo**. v. XXXIII. São Paulo: Abril S/A, 1973. p. 47-100. (Coleção os Pensadores).

CORONADO, L.G. Los orígenes de la ciencia moderna y la revolución astronómica. **Revista de Filosofía da Universidad de Costa Rica**. Costa Rica, v. XXV, n. 62, 189-194, 1987.

COSTA, A. M. da; SCWARZ, L.M. **1890-1914: no tempo das certezas**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

CROMBIE, A. C. **História de la ciência: de San Agustín a Galileu**. Madrid: Alianza Editorial, 2000.

CUNHA, Ana Maria de Oliveira. A mudança epistemológica de professores num contexto de educação continuada. **Ciência e Educação**, v. 7, n. 2, p. 235-248, 2001.

DAGOGNET, F. **Bachelard**. Tradução de Alberto Campos. Lisboa: edições 70, 1986.

DAMPIER, Willian Cecil. **História da ciências: e das suas relações com a filosofia e a religião**. Tradução de Alberto Candeias. Lisboa: Ed. Inquérito, 1945.

DESCARTES, René. **O discurso do método**. v. XV. São Paulo: Abril S/A, 1973. p. 33-79. (Coleção os Pensadores).

DYSON, Freeman J. **Mundos imaginados**. Tradução de Cláudio Weber Abramo. São Paulo: Companhia da Letras, 1998.

EINSTEIN, Albert. **Como vejo o mundo**. Tradução de H. P. de Andrade. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

_____. **A teoria da relatividade especial e geral**. Tradução de Carlos Almeida Pereira. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

ÉVORA, F.R.R. **A revolução Copernicano-Galileana: Astronomia e cosmologia Pré-Galileana**. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1993a. (Coleção CLE, v.3).

_____. **A revolução Copernicano-Galileana: a revolução Galileana**. Campinas: UNICAMP, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, 1993b. (Coleção CLE, v.4).

FOUREZ, Gérard. **A construção das ciências: introdução à filosofia e a ética das ciências**. Tradução de Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Ed. UNESP, 1995.

_____. Crise no Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <http://www.lf.ufrgs.br/public/ensino/V8/n2/v5_n2_a3.htm>. Acesso em: 27 set. 2004.

FRACALANZA, Hilário. **O que sabemos sobre os livros didáticos para o Ensino de Ciências no Brasil**. São Paulo, 1992. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de Campinas.

GALILEI, G. **O ensaiador**. v. XII. São Paulo: Abril S/A, 1973. p. 39-238. (Coleção os Pensadores).

_____. **Diálogo sobre dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. Tradução, introdução e notas de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Discurso editorial, 2001.

GIL-PÉREZ, D., CACHAPUZ, A. e PRAIA, J. F. Problema, Teoria e observação: para uma orientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência e Educação**, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002a.

_____. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. **Ciência e Educação**, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002b.

GOERGEN, Pedro. **Pós-Modernidade Ética e Educação**. 2. ed. Campinas, São Paulo: Autores Associados, 2005. (Coleção polêmicas do nosso tempo: 79).

HARRISON, Edward. **A escuridão da noite: um enigma do Universo**. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1995.

HEISENBERG., Werner. **Física e Filosofia**. 4 ed. Tradução de Jorge Leal Ferreira. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1999. (Edições Humanidades).

JAPIASSU, Hilton. **Para ler Bachelard**. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1976.

KOYRÉ, A. **Estudos Galilaicos**. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1986. (Coleção Opus – Biblioteca de Filosofia).

_____. **Estudos de história do pensamento científico**. 2. ed. Tradução de Márcio Ramalho. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991.

KRASILCHIK, Mirian. Formação Continuada de Professores de Ciências no âmbito ibero-americano. In: Menezes, L. C. (Org.). Campinas, São Paulo: Autores Associados, 1996, p. 136. Coleção Formação de Professores).

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. Tradução de Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo: Perspectiva, 1994.

LACROIX, Jean. Gaston Bachelard el hombre y la obra. In: CANGUILHEM. **Introducción a Bachelard**. Tradução de José Szasbon. Buenos Aires: Ediciones Caldeón, 1973. p. 9-20.

LATTARI, Cleiton J. B. e TREVISAN, Rute Helena. Metodologia Para o Ensino de Astronomia: uma abordagem construtivista. **II ENPEC**, Valinhos, 1999.

LECOURT, Dominique. **Para uma crítica da epistemologia**. 2 ed. Tradução de Manuela Menezes. Lisboa: Assírio e Alvim, 1980.

LOPES, Alice Ribeiro Casimiro. **Conhecimento Escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 1999.

_____. **Conhecimento Escolar: processos de seleção cultural e mediação didática**. _____ Disp. _____ em http://www.educacaoonline.pro.br/conhecimento_escolar.asp?f_id_artigo=233. Acessado em 20/10/2004. Publicado em 11/11/2001.

_____. A organização do conhecimento escolar nos PCN para o ensino médio. In ROSA, Dalva E. Gonçalves, SOUZA, Vanilton Camilo de e VEIGA-NETO, Alfredo (org). **Políticas organizativas e curriculares, educação inclusiva e formação de professores**. Rio de Janeiro: DP&A, 2002. p. 94-112.

MAGEE, Bryan. **História da Filosofia**. Tradução de Marcos Bagno. São Paulo: Ed. Loyola, 1999.

MALUF, V. J. **A Terra no espaço: a desconstrução do objeto real na construção do objeto científico**. 2000. 141p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Instituto de Educação, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá.

MARTIN, Roger. Dialectica y espíritu científico en Gaston Bachelard. In CANGUILHEM. **Introducción a Bachelard**. Tradução de José Szasbon. Buenos Aires: Ediciones Caldeón, 1973. p. 63-75.

MICHEL, P. H. et al. **A história antiga e medieval: as ciências no mundo greco-romano**. Tradução de Ruy Fausto e Gita K Ghinzberg. São Paulo: difusão européia do livro, 1959. p. 137-162. tomo I, v. 2. (História geral das ciências).

MOREIRA, M. **A aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.

MORTIMER, E.F. **Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG. 2000.

MORTIMER, E.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sócio-cultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3. Porto Alegre, 2002.

MOURÃO, R. R. de F. **Astronáutica: do sonho a realidade: história da conquista espacial**. Rio de Janeiro: Bertrand do Brasil, 1999.

_____. **O livro de ouro do Universo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2002.

NARDI, Roberto. Memórias da Educação em Ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de Física. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 5. Porto Alegre, marc. 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino>>. Acesso em: 27 set. 2004.

NEVES, Marcos César D. e ARGUELLO, Carlos A. **Astronomia de régua e compasso: de Kepler a Ptolomeu**. Campinas, SP: Ed. Papirus, 1986.

OLIVEIRA, Renato José de. **A escola e o Ensino de Ciências**. São Leopoldo: Ed. UNISINOS, 2000.

OLIVEIRA FILHO, Kepler de Souza de; SARAIVA, Maria de Fátima Oliveira. **Astronomia e Astrofísica**. <<http://www.astro.if.ufrgs.br/livro.pdf>>. acessado em 12 mar. 2004.

OMNÈS, Roland. **Filosofia da ciência contemporânea**. Tradução de Roberto Leal Ferreira. São Paulo: Ed. UNESP, 1996.

PESSANHA, J. A. Filosofia e modernidade: racionalidade, imaginação e ética. **Cadernos Anped**. Porto Alegre, 1993, n. 4. p. 7-36.

QUILET, Pierre (org.). **Introdução ao pensamento de Bachelard**. Tradução de César Augusto Chaves Fernandes. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977.

ROSSI, Paolo. **A ciência e a filosofia dos modernos: aspectos da revolução científica**. Tradução de Álvaro Lorencini. São Paulo: Ed. UNESP, 1992.

_____. **O nascimento da ciência moderna na Europa**. Tradução de Antonio Agonese. Bauru, São Paulo: EDUSC, 2001.

SANTOS, Paulo Roberto. **A questão da neutralidade: um debate necessário no Ensino de Ciências**. Dissertação, fev/2004. São Paulo: Faculdade de Educação – USP. www.tese.usp.br/teses. Acesso em 14/11/2004.

SEVCENKO, N. **A corrida para o século XXI: no loop da montanha russa**. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.

TARNAS, Ricahrd. **A epopéia do pensamento ocidental: para compreender as idéias que moldaram nossa visão de mundo**. 5. ed. Tradução de Beatriz Sidou. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

TREVISAN, Rute Helena *et all*. Assessoria na Avaliação do conteúdo de Astronomia dos Livros de Ciências do Primeiro Grau. **Caderno Catarinense de Física**, v. 14, n. 1, p.7-16. abr. 1997a.

_____. *et all*. Análise do Conteúdo de Astronomia de Livros de Geografia de 1.º Grau. **Caderno Catarinense de Física**, v. 14, n. 3, p.254-263, dez. 1997b.

VALDEMARIN, Vera Teresa. **Estudando as lições de coisas: análise dos fundamentos filosóficos do Método de Ensino Intuitivo**. Campinas, SP: Autores Associados, 2004.

VERDET, J. P. **Uma história da Astronomia**. Tradução de Fernando Py. Rio de Janeiro: Jorge Zahar editor, 1991.

VIDEIRA, Antonio Augusto Passos. Ciência, Técnica e filosofia da Ciência. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**. Série 3, v. 10, n.2, p. 93-108. jan-jun. 2000.

6.1 Bibliografia consultada

BADARÓ, Cláudio Eduardo. **Epistemologia e ciência: reflexão e prática em sala de aula**. Bauru, SP: EDUSC, 2005.

BEHRENS, Marilda Aparecida. **O paradigma emergente e a prática pedagógica**. Rio de Janeiro: Vozes, 2005.

CESAR, Constança M. Bachelard e seu tempo: o impacto filosófico da teoria da relatividade. **Revista Brasileira de Filosofia**. v. XLII, fac. 175. São Paulo, jul. ago. set de 1994.

FREIRE-MAIA, Newton, **A ciência por dentro**. 6. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2000.

CANGUILHEM, G. et *all.* **Introducción a Bachelard**. Tradução de José Szasbon. Buenos Aires: Ediciones Caldén, 1973.

GAMOW, George. **O incrível mundo da Física Moderna**. 2. ed. Tradução de E. Jacy Monteiro. São Paulo: IBRASA, 1980.

GOERGEN, Pedro e SAVIANI, Dermeval (orgs.). **Formação de professores: a experiência internacional sob o olhar brasileiro**. 2. ed. Campinas, SP: Autores Associados; Nupes, 2000.

HAWKING, Stephen Willian. **Uma breve história do tempo: do Big Bang aos buracos negros**. Tradução de Maria Helena Torres, Rio de Janeiro: Rocco, 1988.

_____. **O universo numa casca de noz**. Tradução de Ivo Korytowski. São Paulo: Mandarim, 2001.

_____. **Os gênios da ciência: sobre os ombros de gigantes**. Tradução de Marcos Moriconi. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005^a.

HAWKING, Stephen Willian; MLODINOV, Leonard. **Uma nova história do tempo**. Tradução de Vera de Paula Assis. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005^b.

HEISENBERG, Werner et *all.* **Problemas da Física Moderna**. 2 ed. Tradução de Gita K. Guinsburg. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1990. (Coleção Debates).

KAKU, Michio. **O Cosmo de Einstein: como a visão de Albert Einstein transformou nossa compreensão de espaço e tempo.** Tradução de Ivo Korytowski. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

LOPES, Alice R. Casimiro. Bachelard: o filósofo da desilusão. **Caderno Catarinense de Física.** v. 13, n. 3, p. 248-273, dez de 1996.

MAGUEIJO, João. **Mais rápido que a velocidade da luz: a história de uma especulação científica.** Tradução de Paulo Ivo Teixeira. Rio de Janeiro: Record, 2003.

PAIVA, Rita. **Uma Inserção no Universo Bachelardiano: o alargamento da imaginação e a obsolescência do objetivismo na ciência e na sociologia.** São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado em Sociologia) – Departamento de Sociologia, Universidade de São Paulo.

PATY, M. **A matéria roubada: a apropriação crítica do objeto da Física Contemporânea.** Tradução de Mary Amazonas L. de Barros. São Paulo: Edusp, 1995.

PIETTRE, Bernard. **Filosofia e ciência do tempo.** Tradução de Maria Antonia Pires C. de Figueiredo. Bauru, SP: EDUSC, 1997.

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE CAMPINAS-PUCCAMP. Colóquio Bachelard. **In Reflexão.** ano XX, n.º 62. Campinas: PUCCAMP, mai/ago de 1995.

ROBSON, Andrew. **Einstein: os 100 anos da Teoria da Relatividade.** Tradução de Regina Lyra e Marco Marconi. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

SILVA, Ilton Benoni. **Inter-relação: a pedagogia da ciência – uma leitura do discurso epistemológico de Gaston Bachelard.** Ijuí: UNIJUÍ, 1999. (Coleção fronteiras da educação)

SMOLIN, Lee. **Três caminhos para a gravidade quântica.** Tradução de Walter Junqueira Maciel. Rio de Janeiro: ROCCO, 2002.