



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS REALEZA
CURSO LICENCIATURA EM FÍSICA**

JHONAS CORRÊA KRUG

**AS CONTRIBUIÇÕES DE GASTON BACHELARD PARA A EXPERIMENTAÇÃO NO
ENSINO DE FÍSICA**

**REALEZA
2017**

JHONAS CORRÊA KRUG

**AS CONTRIBUIÇÕES DE GASTON BACHELARD PARA A EXPERIMENTAÇÃO NO
ENSINO DE FÍSICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso Licenciatura em Física da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. José Oto Konzen

REALEZA

2017

PROGRAD/DBIB - Divisão de Bibliotecas

Krug, Jhonas Corrêa

AS CONTRIBUIÇÕES DE GASTON BACHELARD PARA A
EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA/ Jhonas Corrêa Krug.
-- 2017.

52 f.

Orientador: José Oto Konzen.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Licenciatura em física , Realeza, PR, 2017.

1. Epistemologia. 2. Gaston Bachelard. 3.
Experimentação. 4. Educação Científica. 5. Ensino de
Física. I. Konzen, José Oto, orient. II. Universidade
Federal da Fronteira Sul. III. Título.

JHONAS CORRÊA KRUG

**AS CONTRIBUIÇÕES DE GASTON BACHELARD PARA A EXPERIMENTAÇÃO
NO ENSINO DE FÍSICA**

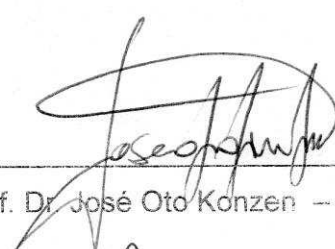
Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Licenciado em Física da Universidade Federal da Fronteira Sul.

Orientador: Prof. Dr. José Oto Konzen


Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

13/12/2017

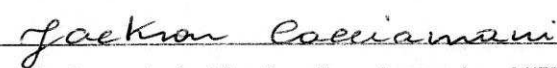
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Oto Konzen – UFFS



Prof. Dr. Antonio Marcos Myskiw - UFFS



Prof. Dr. Jackson Luís Martins Cacciari - UFFS

RESUMO

Este trabalho busca abordar as contribuições de Gaston Bachelard em torno do estatuto epistemológico da experimentação, problematizando este procedimento e repensando as características metodológicas das atividades experimentais na transposição didática no ensino de Física. Trata-se de um estudo que pretende contribuir com a compreensão da epistemologia das ciências, tendo como proposta um levantamento de informações e conceitos importantes, relacionados à experimentação, na tentativa de superar o desenvolvimento de concepções ingênuas sobre a natureza da ciência no ensino de Física. A experimentação nas aulas de Física é uma prática pedagógica utilizada muitas vezes para demonstração empírica dos conteúdos teóricos, despertar o interesse dos estudantes, dar sentido ao conteúdo desenvolvido. No entanto, por vezes, acaba promovendo e/ou reforçando representações equivocadas sobre a natureza da ciência e a produção do conhecimento científico. O trabalho tem como foco de estudo a epistemologia bachelardiana, de modo especial, nas obras “Ensaio sobre o Conhecimento Aproximado”, “A Formação do Espírito Científico” e demais contribuições da epistemologia bachelardiana, dialogando também com estudiosos do autor. Os resultados dos estudos feitos apontam para uma compreensão de conhecimento científico como construção histórica e humana e destaca categorias importantes para a problematização e orientação das práticas educacionais ligadas à experimentação.

Palavras-chave: Epistemologia. Gaston Bachelard. Experimentação. Educação. Ensino de Física.

RESUMEN

Ese trabajo investiga las contribuciones de Gaston Bachelard alrededor del estatuto epistemológico de experimentación, problematizando ese procedimiento y repensando las características metodológicas de las actividades experimentales en la transposición didáctica en la enseñanza de Física. Es un estudio que pretende contribuir con la comprensión de la epistemología de las ciencias, teniendo como propuesta un levantamiento de informaciones y conceptos importantes, relacionados a la experimentación, en la tentativa de superar el desarrollo de concepciones ingenuas sobre la naturaleza de la ciencia en la enseñanza de Física. La experimentación en las clases de Física es una práctica pedagógica usada muchas veces para la demostración empírica de los contenidos teóricos, despertar el interés de los estudiantes y dar sentido al contenido desarrollado. No obstante, por veces, acaba promoviendo y/o reforzando representaciones equivocadas sobre la naturaleza de la ciencia y la producción del conocimiento científico. El trabajo tiene como foco de estudio la epistemología bachelardiana, de manera especial, las obras “Ensayo sobre el conocimiento aproximado”, “La formación del espíritu científico” y otras contribuciones de la epistemología bachelardiana, dialogando también con investigadores del autor. Los resultados de los estudios hechos apuntan para una comprensión de conocimiento científico como construcción histórica y humana y destaca categorías importantes para la problematización y orientación de las prácticas educacionales relacionadas a la experimentación.

Palabras clave: Epistemología. Gaston Bachelard. Experimentación. Educación. Enseñanza de Física.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 A CONSTITUIÇÃO DO DISCURSO CIENTÍFICO MODERNO	8
2.1 O POSITIVISMO CIENTÍFICO E SEUS IMPACTOS SOBRE A CULTURA E A EDUCAÇÃO.....	11
2.2 ALGUMAS PROBLEMATIZAÇÕES: REFLEXÕES DA CIÊNCIA NA SOCIEDADE	16
3 EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: PRIMEIRAS APROXIMAÇÕES ...	18
3.1 EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: AS TENDÊNCIAS DO DEBATE NO CONTEXTO ATUAL.....	19
3.2 EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: OS DESAFIOS EMERGENTES	21
3.3 EPISTEMOLOGIA E OS DESAFIOS DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO ...	22
4 AS CONTRIBUIÇÕES DE GASTON BACHELARD PARA A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA.....	26
4.1 A DESCONTINUIDADE NA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD ...	26
4.2 A HISTORICIDADE NA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD	29
4.3 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS	33
4. 3. 1 <i>Contribuições históricas: a re-significação dos conceitos de realidade e de razão.....</i>	<i>33</i>
4. 3. 2 <i>Análise do primeiro obstáculo epistemológico: a experiência primeira</i>	<i>37</i>
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Compreendendo a escola como a mediadora entre o conhecimento produzido pela humanidade e o aluno, e o professor como mediador e responsável pela transposição didática dos conhecimentos, nesta monografia, propomos-nos a analisar a relação existente entre a epistemologia da ciência¹ e o ensino de Física. Deste modo, situamos a importância do professor como o agente formador, sendo o responsável por selecionar os conteúdos, escolher determinados métodos e procedimentos de ensino, contextualizar e problematizar os conteúdos, avaliar a aprendizagem dos alunos, dentre outras responsabilidades. Assim, ressaltamos que cabe ao professor embasar suas aulas não apenas nos conteúdos em específico, mas também na origem histórica e epistemológica dos conceitos.

O objetivo do trabalho é contribuir com a formação científica, mediante a problematização das concepções ingênuas ou errôneas sobre a construção do pensamento científico presentes no ensino de ciências, a partir de uma aproximação entre a epistemologia da ciência e o seu ensino, particularmente, o ensino de Física, através de um diálogo com a epistemologia de Gaston Bachelard.

Buscando mostrar a importância da epistemologia no ensino de Física, iniciamos este trabalho articulando a epistemologia da ciência e a constituição do discurso sobre a ciência moderna. Este ponto inicial exigiu uma análise sobre como o discurso da ciência moderna se estruturou, abordando sua interpretação da natureza, a busca pela objetividade e universalidade do conhecimento e o desenvolvimento de “métodos” seguros para tal. Esta concepção de ciência e seu método foi estendida ao conjunto dos saberes disciplinares voltados para a compreensão da natureza e da sociedade e também para o campo da educação. Por isso, embora já “ultrapassada”, ainda deixa suas marcas na sociedade, nos “fazer” da escola e no ensino de ciências.

Desta forma, o primeiro capítulo, mostra a origem do discurso em defesa da ciência moderna como único conhecimento verdadeiro, confiável e gerador de progresso. Destaca como a concepção lógico-positivista se faz presente na estruturação da educação e de seus atos pedagógicos, dialoga com diversos estudiosos, passando pelas análises de Demerval Saviani sobre a estruturação dos

movimentos educacionais na América Latina e as discussões frente ao papel da escola na sociedade. Mostra brevemente como o conhecimento científico é ressaltado sobre as demais formas de conhecimento, como suas metodologias refletem na sociedade que influenciam na sua organização e funcionamento, apesar de não ser compreendida como produto dela.

No segundo capítulo, buscamos explicitar as relações existentes entre a epistemologia da ciência e o ensino de ciências, mostrando alguns debates que emergem de suas problematizações e as relações que são estabelecidas pelos pesquisadores destas áreas. Um dos objetivos deste trabalho, passou a ser deixar mais “claro” e “evidente”, a relação que se estabelece entre epistemologia e ensino. Identificamos assim, a possibilidade de atingir este objetivo ao analisarmos como a epistemologia pode auxiliar na fundamentação da “experimentação” no ensino de Física, identificando alguns autores que dialogam sobre a necessidade do estudo da epistemologia nesta prática educativa.

No terceiro capítulo, nos dedicamos a analisar a concepção contemporânea de ciência e dos “processos” de produção do conhecimento científico. Para tal, tomamos para análise as contribuições da epistemologia histórica de Gaston Bachelard, buscando esclarecer a sua proposta de um “racionalismo aplicado”. Por conseguinte, na tentativa de superar a concepção positivista das ciências, analisamos algumas contribuições para a prática da experimentação no ensino, que estão presentes em suas obras.

Desta forma, primeiramente sentimos a necessidade de compreender o “racionalismo aplicado” e a epistemologia, temas propostos por Bachelard, e na sequência, um aprofundamento no primeiro obstáculo epistemológico - “A experiência primeira”. Ressaltamos, por fim, que a “nova ciência”, que tem por base uma “nova filosofia”, precisa ser pensada nos meios de ensino, pois já está presente nos currículos educacionais, e se posiciona como emergente e necessária na formação epistemológica do aluno.

¹ O uso do termo “epistemologia da ciência” (ciência no singular) diz respeito ao discurso sobre a ciência, que se tornou hegemônico a partir da universalização de uma concepção de ciência e de procedimentos lógico-formais. Nesse sentido, o uso alternativo do termo “epistemologia das ciências” (ciências no plural) se reporta ao compartilhamento dos mesmos princípios e procedimentos, embora se diferenciem quanto ao objeto investigado. Por sua vez, na concepção bachelardiana, ela assume uma perspectiva histórica, marcada pela descontinuidade, de forma que se pode então falar em diferentes “epistemologias”. Uma nova concepção de ciência requer, então, a formação de um “novo espírito”.

Em termos metodológicos, buscamos exercitar a lógica da aproximação e problematização, tendo em vista à superação dos obstáculos vinculados à experiência primeira (cotidiana) e a mobilização do espírito. Trata-se, neste caso, de um movimento sucessivo de aproximação e problematização, que tem por objeto a compreensão da constituição do discurso da ciência moderna, de seu desenvolvimento e generalização, em diálogo com a concepção bachelardiana.

A partir dos diálogos realizados com Bachelard, foi possível aprofundarmos a problematização do discurso científico moderno e sua presença no meio educacional, mais especificamente no ensino de Física. Também foi possível darmos alguns passos iniciais para a construção de uma prática educativa mais próxima da realidade da produção do conhecimento científico no contexto histórico atual.

2 A CONSTITUIÇÃO DO DISCURSO CIENTÍFICO MODERNO

Ao analisarmos a concepção tradicional sobre o conhecimento científico, é possível encontrar uma atividade que se direciona dos fatos às teorias. Esta concepção é tratada como empírico-indutivista, na relação construída do “particular para o geral”. Os meios de sua afirmação estão no entendimento de conhecimento científico como sendo provado, resultante dos dados analisados e derivados da experiência, adquiridos através da observação (BORGES, 2003; CHALMERS, 1993).

A concepção tradicional é primeiramente entendida como conhecimento “empírico”, por sua estrutura por advir das experiências, formular hipóteses, identificar os problemas e diversificar as experiências. É indutivista, por estar embasada no raciocínio indutivo, que conecta as observações, dando origem às hipóteses, que serão submetidas à experimentação. Na concepção tradicional, o observador, através de seus sentidos, registra suas observações, se “afastando” do objeto de estudo, buscando evitar o uso da imaginação, de forma que as observações não sejam afetadas por preconceitos. A resposta à observação vem de forma indutivista, onde busca no particular respostas para o geral, e, assim sendo, deriva teorias das observações e propõe a universalidade de suas leis (GIORDAN, 1999).

Com relação ao empirismo, tem-se como um de seus fundadores Francis Bacon. Bacon propôs que a verdade é a descoberta feita através de um “método experimental”, que consistia em coletar e registrar o maior número de dados sobre um determinado fenômeno, para que, na sequência, através das observações, pudesse organizá-los e buscar suas regularidades. Compreende-se, portanto, que o conhecimento científico produzido na concepção tradicional, através de suas leis e busca por teorias universais, dá cabo de dispor ao cientista possíveis derivações e consequentemente explicações e previsões. (BORGES, 1991; CHALMERS, 1993).

Outra característica importante da concepção tradicional (empírico-indutivista), já mencionada, é a separação entre o ser humano e a natureza (que estão presentes nos movimentos realismo e racionalismo). De acordo com Santos (1988), nesta concepção,

A natureza é tão-só extensão e movimento; é passiva, eterna e reversível, mecanismos cujos elementos se podem desmontar e depois relacionar sob a forma de leis; não tem qualquer outra qualidade ou dignidade que nos impeça de desvendar os seus mistérios, desvendamento que não é contemplativo, mas antes ativo, já que visa conhecer a natureza para a dominar e controlar. (p.49).

Estas ideias de estabilidade, ordem e previsões estão presentes na mecânica de Galileu e Newton. Na concepção de um mundo estático, rígido e absoluto, aplicam-se métodos e coletam-se dados de onde derivam leis. Nesta perspectiva, o conhecimento científico avança pela observação descomprometida com o sujeito imparcial e neutro, em direção a uma compreensão sistemática, e empregando o máximo de rigorosidade aos fenômenos naturais.

Até o século XIX, o pensamento científico ainda era produzido sobre as bases do modelo estabelecido no século XVII, inspirado nas ideias de René Descartes, Galileu Galilei e Francis Bacon (BORGES, 2003). Descartes propõe a utilização de um método matemático “infalível”, deixando para isso considerações de percepções sensoriais como causa do erro, sendo um método todo embasado na descrição objetiva do mundo. Galileu acrescenta em seus estudos as “experiências de pensamento” conciliando assim a razão, a observação e a experiência. E Francis Bacon propôs um método empírico-indutivista.

Ao tratar sobre René Descartes, Galileu Galilei e Francis Bacon, Giordan (1999) afirma que

Esses três pensadores são considerados fundadores da ciência moderna, fundamentalmente por terem combatido o pensamento aristotélico, no qual a experiência tinha base na observação natural, mas também por terem contribuído para a estruturação do que ficou conhecido como Método Científico, onde a experiência é planificada com base num estratagema racional. (p.4).

Na mesma perspectiva, Santos (1988) argumenta que as ideias que estão relacionadas à observação e à experimentação científica moderna, são “ideias matemáticas”. É através da lógica da investigação que é possível conhecer a natureza e ainda representar sua estrutura. Portanto, se instaura na ciência moderna, em primeiro lugar, um rigor científico que busca quantificar as coisas, desprezando as qualidades intrínsecas dos objetos, e, em segundo lugar, que o método científico se preocupa em reduzir a complexidade da natureza, “Conhecer significa dividir e classificar para depois poder determinar relações sistemáticas entre o que se separou”. (SANTOS, 1988, p.50).

Algumas mudanças nas relações entre “razão” e “real”, aparecem com Hume, no século XVII, que dão início à problematização do empirismo indutivista. Hume aponta uma crítica do ponto de vista lógico, em que a repetição por si só das experiências e observações não garantem que um dado fenômeno possa voltar a ocorrer no futuro (BORGES, 1991; BORGES, 2003). O impacto de Hume, pelo menos em termos epistemológicos, está mais associado às limitações lógicas do empirismo, isto é, aos limites da observação (e não propriamente ao questionamento da estabilidade da natureza). Isso se manifesta no sentido de que, mesmo observando um grande número de casos que confirmem uma determinada hipótese, não poderíamos fazer uma afirmação geral (universal). Isso produzirá várias ressonâncias nos períodos subsequentes, que avançarão em direção à problematização da concepção estática de natureza.

As ideias de Hume, mais à frente na história, são a base do positivismo. Na década de vinte (século XX) inicia-se o Círculo de Viena, dando fôlego a uma corrente filosófica conhecida como de “positivismo lógico”. Neste movimento, promovido por alguns estudiosos (cientistas e filósofos), o cientista passaria a se preocupar com seus métodos e processos, e a “filosofia” deste grupo com a lógica de verificação (BORGES, 2003). Este movimento consistiu em um empirismo

extremo que buscava dar lógica matemática ao conhecimento científico, deixando de lado preocupações de como a ciência se desenvolve.

Portanto, a consciência filosófica da ciência moderna tem suas primeiras formulações tomadas das bases do racionalismo cartesiano e do empirismo baconiano (SANTOS, 1988). O discurso sobre a ciência moderna está arraigado pela busca de ideais lógicos, cercado por métodos que buscam ser cada vez mais precisos e objetivos - movimento positivista. No entanto, concepções que se findam nos pressupostos de conhecimento científico como verdade absoluta, que precedem de uma metodologia própria das ciências, acabam por não ter correspondência com o que a História e a Epistemologia das Ciências mostram (CHALMERS, 1993, BORGES, 2003).

Algumas críticas à concepção positivista surgem com as revoluções científicas advindas dos estudos de Einstein sobre a relatividade e da Física Quântica, em que consideram as ideias de natureza estática e absoluta, de sujeito que não interfere no objeto, são colocadas em “xeque” (SANTOS, 1988). Com isso, entram em cena as novas concepções epistemológicas, caracterizando-se as discussões sobre a natureza do conhecimento científico com concepções pós-positivistas.

As concepções de ciências apresentadas até o momento afetam não somente os cientistas, mas perpassam as demais áreas do conhecimento. Como exemplo tem-se os estudos da psicologia e da sociologia, que tiveram sua fundamentação em bases que predominava o “método científico” positivista. Isso ocorre pois a ciência se assenta como um conhecimento “válido”, resolve problemas de questões naturais e confere poder ao ser humano, por isso sua importância e adesão nas esferas sociais. Não é por acaso que a própria pedagogia tradicional utiliza-se da concepção de método científico na educação. A nova ciência, ou ciência moderna, iniciada com Galileu permanece no discurso sobre as ciências e nas esferas sociais pelas quais suas ideias são percorridas (BORGES, 2003). Portanto, é preciso superar as concepções de ciência presentes no discurso moderno. E a educação tem uma importante contribuição a dar na perspectiva de promoção desta superação.

2.1 O POSITIVISMO CIENTÍFICO E SEUS IMPACTOS SOBRE A CULTURA E A EDUCAÇÃO

A concepção de ciência “moderna” apresentada no tópico anterior, pautada na regularidade da natureza, na imparcialidade do observador, no rigor metodológico e na afirmação do poder humano sobre a natureza, tornou-se cada vez mais determinante ao longo dos séculos XVIII e XIX. Com base nessa concepção, surge um conjunto de novos saberes disciplinares (como a química, as ciências biológicas e suas aplicações, bem como a história, as ciências sociais e humanas, etc.), que se especializam sobre um determinado aspecto da realidade e passam a orientar as práticas humanas, em substituição às práticas orientadas pela tradição cultural e religiosa precedente.

O movimento positivista, aplicado na área das humanas, ganha fôlego com as contribuições de Augusto Comte. Em seu livro “Curso de filosofia positiva”, o autor caracteriza que tanto as ciências como o espírito humano, desenvolvem-se através de três fases distintas: a teológica, a metafísica e a positiva.

[...] creio ter descoberto uma grande lei fundamental [...]. Essa lei consiste em que cada uma de nossas concepções principais, cada ramo de nossos conhecimentos, passa sucessivamente por três estados históricos diferentes: estado teológico ou fictício, estado metafísico ou abstrato, estado científico ou positivo. [...]o espírito humano, por sua natureza, emprega sucessivamente, em cada uma de suas investigações, três métodos de filosofar, cujo caráter é essencialmente diferente e mesmo radicalmente oposto: primeiro, o método teológico, em seguida, o método metafísico, finalmente, o método positivo. (COMTE, 1978, p.3-4).

O estado positivo é caracterizado pela aplicação do “método científico” iniciado com Galileu, e complementado com as contribuições de Bacon e Descartes, como já mencionado anteriormente. O método é o experimental, que consiste na observação dos fatos, formulação de hipóteses, experimentação, e estabelecimento de leis. A escola positivista considera impossível conhecer as causas ou razões dos fenômenos, estabelecendo que as leis e a ordem natural simplesmente existe, sendo imutáveis e independentes da ação humana (BORGES,2003).

Assim, para o positivismo, a ciência se apresenta como: conhecimento objetivo; controlado; válido; com procedimentos bem definidos; cumulativo-progressivo; preciso; impessoal; capaz de combinar raciocínio e experiência; hipotético; explicativo e prospectivo; dentre outras características (BORGES, 2003). Este aspecto de “rigor” e validade acabam por superestimar a utilização de suas metodologias em outras áreas do conhecimento, que foi a abordagem de Comte nas ciências sociais (COMTE, 1978).

Para Comte, o positivismo se revela uma ideologia que pode ser aplicada às demais áreas do conhecimento. Portanto, ao passar pelos três “estados” (teológico, metafísica e positivo), as ciências sociais se caracterizariam como neutras e livres de juízos de valor - objetivas e progressivas. O que está presente é o domínio das ciências naturais sobre as demais formas de conhecimento que se instauram e, até hoje, continua sendo alvo de debates na educação.

Um aspecto marcante na educação, está no fato de o nascimento do positivismo coincidir com o processo de ampliação da escolarização no contexto europeu, um contexto marcado por conflitos econômicos, sociais e políticos. Seu lema “Ordem e Progresso” influenciou fortemente as orientações assumidas pelos sistemas educacionais emergentes, seja no contexto europeu, seja nos países latino-americanos ao longo do século XX (SAVIANI, 1999).

A instauração do positivismo na escola é tratado por Saviani (1999) em seu livro “Escola Democracia”. Ao problematizar os movimentos da “Pedagogia tradicional” e da “Pedagogia Nova”, apresenta como os aspectos do método científico influenciam tanto no trabalho na escola, quanto no trabalho da sala de aula. Assim, ao analisar a estrutura de ensino, o autor infere que:

[...] esse ensino dito tradicional se estruturou através de um método pedagógico, que é o método expositivo, que todos conhecem, todos passaram por ele, e muitos estão passando ainda, cuja matriz teórica pode ser identificada nos cinco passos formais de Herbart. Esses passos, que são o passo da preparação, o passo da apresentação, da comparação e assimilação, da generalização e, por último, da aplicação, correspondem ao esquema do método científico indutivo, tal como fora formulado por Bacon, método que podemos esquematizar em três momentos fundamentais: a observação, a generalização e a confirmação. (SAVIANI, 1999, p.54-55).

A partir disso, cada passo mencionado teria suas implicações na estruturação dos sistemas de ensino e na obtenção do resultado da “aprendizagem”, que viria como resposta do aluno ao “método”. Começando pela recordação da lição anterior (preparação); abordagem de um novo conhecimento (apresentação) para ser assimilado; comparação do novo com o velho conhecimento (assimilação-comparação); generalização, assimilação do novo conhecimento aplicando-o a outros fenômenos; e, por fim, a lição de casa ou resolução de um problema (confirmação) através da manipulação do que assimilou, confirmando seu aprendizado.

Além da relação com a pedagogia, as idéias positivistas também transcorrem a estruturação do ensino tradicional. Nesta metodologia de ensino, a função do professor fica focada na transmissão dos conteúdos e nos aspectos lógicos. O professor domina o conteúdo e tem por função transmitir os conhecimentos obtidos pela ciência, conhecimento este já sistematizado/compendiado (SAVIANI, 1999; BORGES, 1991).

Na “educação científica” (abordagem do ensino de ciências), as ideias positivistas têm por sustentação, a utilização do “método científico”. Devido a sua funcionalidade e estrutura em forma de “receita”, as ideias de hierarquizar variáveis, controlar e prever efeitos sobre fenômenos, sistematizar critérios de avaliação, retirar dados confiáveis de experimentos, dentre outros aspectos, são atitudes valorizadas pela educação científica (CACHAPUZ et al., 2011; GIORDAN, 1999).

As críticas às ideias apresentadas até o momento vêm do fato de que é preciso assumir a não neutralidade das práticas pedagógicas, e os contextos em que elas se desenvolvem. Portanto, é possível evidenciar o caráter social da educação escolar (SAVIANI, 1999). Como também é apontado por Damis (1990),

[...] não sendo neutras, a teoria e a prática de uma forma de ensino articulam as finalidades individuais de educação do homem a um modelo de sociedade, por meio da atividade de quem ensina, de quem aprende, de como ensina e os meios utilizados, e contribuem para manutenção-superação da prática social mais ampla. (p.10).

Esta análise é feita por Saviani (1999), com relação ao questionamento do papel da educação em relação aos aspectos sociais. Ao tratar sobre a interpretação da “marginalidade” e a função da escola frente a este problema, questiona a função da escola diante de um “modelo” de sociedade em que prevalecem os interesses das classes dominantes. Castanho e Castanho (1996) também destacam que “A educação só pode ser entendida no contexto das relações sociais de que nasce”. (p.53), interpretando a educação como transmissão de cultura, com seus objetivos de “formação” estruturados em meio a organizações da sociedade e de seus “interesses” e conflitos. Neste contexto, a transmissão da cultura se dá através das práticas formalizadas, seja nas organizações primitivas com seus rituais, seja na sociedade moderna com seus corpos de conhecimentos e seus agentes formadores (professores).

Nas atividades de ensino ciências, a concepção positivista também tem se manifestado no uso de atividades experimentais. No ensino de Física, o uso desta prática pedagógica se apóia nos aspectos positivos deste procedimento. Na literatura destacam-se: o estímulo e o maior interesse dos alunos; diminuição das dificuldades de aprender e também ensinar conceitos abstratos; o ensino de procedimentos em investigações; e, a possibilidade de abordar a natureza das ciências. (ARAUJO e ABIB, 2003; HIGA e OLIVEIRA, 2012; WESENDONK e TERRAZZAN, 2016). Muitas destas práticas se fundamentam na concepção empirista de ciência, em que na experimentação, diante das evidências observacionais e experimentais, se espera que os estudantes venham a descobrir ou redescobrir leis e princípios científicos.

As críticas à concepção positivista não aparecem apenas ao problematizar o ensino, elas estão presentes nas próprias concepções de ciência. Chrétien (1994), problematiza a relação entre ciência e sociedade, afirmando que é preciso compreender que:

[...] a ciência não goza de nenhuma extraterritorialidade com relação à sociedade que a produz e a usa. Ela é entre outras atividades sociais, integrada ao funcionamento e ao equilíbrio da vida coletiva; ela é mesmo, como se viu, a expressão de um determinado tipo de sociedade[...]. (p.78).

Desta forma, nos debates atuais, a ciência passa a ser entendida como uma atividade social, e é da sociedade que a ciência cria seu “modelo”, sua estrutura. Deve-se compreender que seus interesses não são “espirituais e desencarnados” (p.78), ou seja, a ciência que, por assim dizer, não produz apenas benefícios, é carregada de princípios e valores, é reflexo da sociedade na qual se insere, influenciada por suas características sociais, econômicas, políticas e culturais. Esta temática do caráter social da ciência já é analisada na história do pensamento científico ao se compreender a existência de concepções “externalistas” e “internalistas” da ciência (concepções mais gerais) que ocorrem até mesmo dentro das comunidades científicas. (BORGES, 1991).

Assim, ao se analisar a influência da ciência na educação e na sociedade, percebe-se quanto o discurso da “ciência moderna”, iniciado com Galileu e Bacon, influenciam nas esferas sociais ainda hoje. Não obstante, instaura-se um debate frente a ciência como uma “ideologia” produzida no interior da sociedade, e, portanto, de sua responsabilidade (CHRÉTIEN, 1994). Por fim, aparecem discussões

frente às concepções deformadas das ciências presentes no ensino. Como já foi abordado, a ciência no decorrer da história passou por rupturas e, com a epistemologia contemporânea e a História da ciências, as análises frente a sua construção sofreram e ainda sofrem modificações (GIORDAN, 1999; PEREZ, et al., 2001).

2.2 ALGUMAS PROBLEMATIZAÇÕES: REFLEXÕES DA CIÊNCIA NA SOCIEDADE

No âmbito da ciência e da epistemologia contemporânea, problematizar práticas que se utilizam do “método científico” para orientar o ensino da ciência, especificamente as investigações científicas realizadas pelos estudantes, têm ocorrido sob diferentes concepções de ciência, de ensino e de aprendizagem. Os enfoques em diferentes referenciais teóricos têm expandido as pesquisas e trabalhos nas áreas de ensino (CACHAPUZ, et al, 2011).

De um modo geral, tem-se duas perspectivas no ensino da ciência. A primeira, parte do princípio de que o conhecimento científico pode ser considerado como uma descoberta, em que o sujeito tem papel passivo, ou seja, apreende os dados que a natureza oferece. A segunda, compreende o conhecimento científico como uma construção mental, cujo sujeito interage com a natureza, interpretando-a (BORGES, 2003). Portanto, de forma resumida, tem-se uma visão “empirista” que se opõe a visão “construtivista” do conhecimento.

De forma breve, as duas visões de produção do conhecimento científico correspondem a duas abordagens refletidas na educação científica. Uma predominantemente internalista (epistemológica), que dá ênfase aos trabalhos e debates protagonizados por comunidades de cientistas. A outra externalista (sócio-histórica e política), que são reflexões que consideram os fatores externos às comunidades científicas como influenciadores ou determinantes, sendo estes os fatores econômicos, sociais, religiosos, políticos (CHALMERS, 1993).

Na abordagem “internalista” (que será adotada neste trabalho) estão presentes duas grandes categorias que são, em geral, problematizadas nas pesquisas do ensino de ciências. O empirismo, associado à visão tradicional (problematizado no tópico anterior deste trabalho), em que a observação dos fenômenos e a realização de experimentos precedem a formulação de teorias, apoiada numa “visão indutivista”, onde “o método científico parte da observação a

elaboração de hipóteses, seguida de experimentos (repetidos diversas vezes pelos pesquisadores) e conclusões, para chegar à teorias e leis.” (BORGES, 1991, p.105). E o construtivismo, em que a teoria precede observações, influenciando-as, tornando-se explícita a relação que existe entre sujeito e “objeto” da pesquisa. A concepção construtivista, onde estão presentes diversas variações, dentre as quais: o Falseacionismo (Popper); o Contextualismo (Kuhn); o Racionalismo aplicado/Racionalismo dialético (Bachelard); e, o Anarquismo epistemológico (Feyerabend) (BORGES, 1991). Todas essas abordagens conferem um papel mais ativo ao sujeito do conhecimento, baseado numa nova compreensão do sujeito e do objeto e das relações que se estabelecem entre estes.

Na abordagem externalista, a prioridade recai sobre a análise das questões externas à comunidade científica. Mas, vale ressaltar que algumas concepções são consideradas complementares a internalista, presente em alguns autores que, apesar de tomar a epistemologia como análise, exploram os condicionantes sociais, econômicos, religiosos e culturais. Isso ocorre por compreenderem que “O conhecimento científico é um tema demasiado complexo para ser analisado de forma unilateral”. (BORGES, 1991,p.53).

Para Cachapuz et.al (2011), “A perspectiva epistemológica quase sempre implícita e, algumas vezes, explícita, em currículos de ciências é de raiz tendencialmente empirista-indutivista”. (p.81). Esta concepção, que é herdada do positivismo, reflete nas recomendações propostas para que o aluno realize em sua formação em ciências, dentre elas, o fazer observações repetidas, observar atentamente, selecionar informações advindas da observação, encontrar no fenômeno observado as explicações, e aplicar a outras observações.

As estruturações dos discursos internalista e externalista se refletem nas interpretações relacionadas à compreensão de como o conhecimento científico é construído, no papel da teoria, da experiência e da observação na ciência. Por consequência, uma maior compreensão da atividade científica, pelos docentes, deve ser de fundamental importância para a formação de futuros cidadãos, que estão inseridos em um mundo que está impregnado de ciência e tecnologia (CACHAPUZ, et al., 2011).

A indagação sobre o que é a formação científica e o que se espera dela é permeada pelas concepções de ciência. Desta indagação, aparecem discursos que oscilam entre uma formação voltada para a preparação de futuros cientistas e uma

formação voltada para a cidadania, ou seja, formar cidadãos críticos e reflexivos com relação às produções científicas (CACHAPUZ, et al, 2011). Nesse contexto, a prática pedagógica escolar passa a desempenhar funções de transmissora de saberes elaborados e, também, de assimilação de visões de mundo. Ou seja, a função do ensino na educação científica passa a ser compreendida como um processo de “produção-reprodução-transformação” do mundo, produzido historicamente pela humanidade (DAMIS,1990).

Ainda em relação ao papel da educação científica na sociedade atual, emerge um debate sobre a “Alfabetização Científica e Tecnológica”. Este termo, “Alfabetização Científica”, surge da analogia com a alfabetização na educação básica, com o pressuposto de uma “ciência para todos”. O aprofundamento neste debate, irá mostrar o caráter metafórico ligado ao seu significado, analisando-se que, por trás deste movimento com a compreensão da sua aplicação, pode ser pensado no esclarecimento dos objetivos básicos de uma educação científica que engloba os aspectos técnicos e sociais da ciência (CACHAPUZ, et al., 2011, p.21-30).

Outra importância para o debate são estudos sobre a natureza das ciências. Na educação em ciências existem ideias que articulam os referenciais da epistemologia e da educação em ciência. Segundo Praia, et al (2002), “[...] a educação em ciências, enquanto área emergente do saber, em estreita conexão com a ciência, necessita da epistemologia para uma orientação fundamentada, devendo ser ainda um referencial seguro para uma construção mais adequada das suas análises.” (p.128).

A reflexão epistemológica, preocupação de grande importância para a didática das ciências, se propõe a examinar a estrutura do saber ensinado, isso não apenas na transposição dos conteúdos mas também nas práticas de investigação científica. (ASTOLFI e DEVELAY, 2001; ACEVEDO 2005; ARAUJO e ABIB, 2003; CACHAPUZ, et al., 2011; RISOTO, 2003). A busca por compreender estas relações também é apontada por Borges (2003) e, portanto, será necessário tornar mais consciente as relações entre a epistemologia e o ensino de ciências no decorrer do trabalho.

3 EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: PRIMEIRAS APROXIMAÇÕES

No presente capítulo propomo-nos a estabelecer um diálogo inicial com os debates atuais acerca das relações que se estabelecem entre a epistemologia e o ensino de ciências. O seu desenvolvimento se dá em torno das seguintes questões: a) qual a natureza da ciência e como esta impacta o seu ensino? b) quais os desafios que emergem deste debate para o ensino de ciências?

3.1 EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: AS TENDÊNCIAS DO DEBATE NO CONTEXTO ATUAL

O debate epistemológico contemporâneo na área do ensino de ciências é bastante rico e diversificado. Embora todos compartilhem o reconhecimento da importância da reflexão epistemológica, o fazem a partir de diferentes olhares, ora focando sobre a natureza da ciência, ora sobre os aspectos didáticos e pedagógicos relacionados ao seu ensino, ora estabelecendo relações entre estes dois universos. No conjunto, tais reflexões se complementam entre si e contribuem, cada uma a seu modo, com o reconhecimento da necessidade de tornar as relações entre o ensino e a aprendizagem e entre a teoria e a prática mais explicitadas.

Com relação à primeira abordagem, focada na natureza da ciência, o debate epistemológico está voltado para a análise e problematização das visões deformadas da ciência transmitidas pelo ensino. Acredita-se que a epistemologia, na análise do ensino, possa contribuir com a identificação de possíveis fracassos da educação científica e a recusa ao aprendizado da ciência por parte dos estudantes. Isso porque a visão de ciência transmitida no ensino pode ser um obstáculo à aprendizagem, como afirmam Cachapuz, et al (2011, p.38): “Visões empobrecidas e distorcidas que criam o desinteresse, quando não a rejeição, de muitos estudantes e se convertem num obstáculo para a aprendizagem.” As concepções epistemológicas inadequadas por parte de quem “transpõe” o conhecimento, são ainda, segundo os autores, “um dos principais obstáculos aos movimentos de renovação da Educação Científica” (idem, p.38).

De acordo com esta abordagem, a relação entre a epistemologia e o ensino se traduz na necessidade de modificarmos a compreensão epistemológica dos professores. Compreender esta imagem “mais correta” da ciência, vamos assim dizer, exige estudar sua natureza coerente com a epistemologia atual. Neste caso, a

epistemologia dá suporte para o estudo das possíveis visões deformadas da ciência, presentes no ensino, e requer a sua reformulação.

Uma segunda abordagem referente às relações entre a epistemologia e o ensino, bem próxima do primeiro aspecto mencionado, está focada nos aspectos didáticos do ensino de ciências. Segundo Astolfi & Develay (2012),

A reflexão epistemológica propõe-se um exame da estrutura do saber ensinado: quais são os principais conceitos que funcionam na disciplina, quais relações unem esses conceitos (qual é então o status numa disciplina dada a noção de lei, de teoria), quais retificações sucessivas de sentido se produzem numa história desses conceitos (quais obstáculos foram levantados em sua estrutura). (p.15).

Nesta perspectiva, está se analisando como a reflexão epistemológica recai sobre o saber ensinado. Eis que os autores a colocam como “epistemologia escolar”, ou seja, as preocupações com os atos didáticos. Tais reflexões podem ser sistematizadas em torno de quatro perguntas: “O que é um conceito científico?”; “Qual o lugar dos fatos na descoberta?”; “Qual pode ser a função didática da noção de obstáculo epistemológico?” e; “Como pensar as leis e as teorias?”. Assim estaríamos analisando as contribuições da epistemologia na didática, buscando constatar os princípios psicopedagógicos sobre os quais a escola se baseia para instaurar as aprendizagens científicas (ASTOLFI & DEVELAY, 2012).

Uma terceira abordagem encontrada na literatura e que aproxima a epistemologia do ensino é a “epistemologia pedagógica”, cujo foco recai sobre as características do aprendizado do aluno. Segundo Tesser (1994),

A Epistemologia Pedagógica consiste em ensinar aos alunos a pensar criticamente, ir além das interpretações literárias e dos modos fragmentados de raciocínio. Aprender não apenas a compreender, mas ter acima de tudo a capacidade e competência de problematizar dialeticamente a teoria e a práxis educacional. (p.97).

De acordo com o autor, entende-se por epistemologia pedagógica aquela que o aluno deveria ter acesso/aprender. Segundo essa abordagem, é preciso diferenciar entre a forma de acesso do aluno à epistemologia da ciência, que logicamente não é a mesma com que o professor opera na organização de sua atividade. A escola, como mediadora entre o conhecimento “acumulado” e o aluno, seja ele o conhecimento científico/e ou epistemológico, tem na figura do professor o sujeito mediador efetivo da formação. Este irá embasar suas aulas não apenas nos

conteúdos curriculares específicos, mas também na origem histórica e nas problematizações epistemológicas dos conceitos. Diferentemente ocorre com os alunos aprendizes. De acordo com Tesser (1994),

Os alunos deverão aprender uma Epistemologia que lhes permita a busca de elementos de diferentes áreas do conhecimento, e de engajar-se em novos tipos de questionamentos, de formulação de problemas apropriados para a transformação da realidade educacional. (p. 97).

Higa e Oliveira (2012), ao tomarem como base as ideias de Amaral (1997), apresentam o contexto “epistemológico-pedagógico” defendido pelo autor, fazendo uma diferenciação entre os aspectos epistemológicos e pedagógicos. Enquanto o primeiro está relacionado com as concepções de ciência, o segundo se relaciona com as concepções de aprendizagem, que articula o conteúdo e o método, incluindo o posicionamento do professor frente aos conhecimentos prévios apresentados pelos alunos. Além disso, inclui também a importância da reflexão em torno de qual modelo de educação científica se pretende utilizar, como mencionado inicialmente.

3.2 EPISTEMOLOGIA E ENSINO DE CIÊNCIAS: OS DESAFIOS EMERGENTES

As análises precedentes, permitirão identificar a natureza do debate epistemológico na área do ensino de ciências, que evidencia a necessidade de articular as reflexões epistemológicas e pedagógicas na ação educativa. Nasce, assim, um conjunto de novos desafios para o ensino de ciências e para a formação do professor.

Praia, et al (2002), destacam a relação entre a educação e a epistemologia, afirmando que:

[...] a educação em ciência enquanto área emergente do saber em estreita conexão com a ciência necessita da epistemologia para uma fundamentada orientação, devendo ser ainda um referencial seguro para uma mais adequada construção das suas análises. (p. 128).

Assim, a epistemologia se apresenta como a “problematizadora” do fazer ciência, buscando refletir sobre a produção da ciência, seus fundamentos e métodos, os contextos históricos em que o conhecimento se desenvolve, dentre outros aspectos. Não sendo um pensar sobre a educação, a epistemologia é voltada

para a reflexão crítica da ciência do cientista. A educação, por tratar da transmissão e da assimilação dos conhecimentos da ciência, necessita da epistemologia para orientar suas práticas de ensino. A epistemologia irá trazer uma reflexão sobre aspectos históricos que influenciaram na concepção, aplicação e aceitação de determinado conceito, o papel da observação, da hipótese, da teoria, da experimentação, e, ainda, suas relações com a sociedade, como elementos formativos a serem incorporados à prática pedagógica (CACHAPUZ, et al, 2011; FONSECA, 2008).

Praia et al. (2002) ao parafrasear Burbules & Linn (1991) explicitam essa relação entre a epistemologia e o ensino, dizendo que “O reconhecimento da existência de relações entre a epistemologia e o ensino e aprendizagem das ciências faz parte de uma espécie de consenso, às vezes tácito, às vezes explícito, dentro da comunidade científica que trabalha no âmbito da educação em ciência”. (p.128). Um dos desafios é, precisamente, torná-la mais explícita e consciente.

3.3 EPISTEMOLOGIA E OS DESAFIOS DA EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO

Na educação científica, a experimentação dinamiza as aulas e é tida como motivadora para os alunos. No entanto, esta atividade por si só não garante o aprendizado por parte dos alunos, pois como já abordado, a ciência produzida pelo cientista integra uma concepção de ciência, de homem e natureza, de método compartilhados por uma comunidade científica, e é carregada de interesses social e historicamente determinados. Para a compreensão epistemológica sobre as produções científica, é preciso compreender que os métodos de fazer ciência passaram por modificações, sendo necessário problematizá-las no ensino.

Para Hodson (1990 apud CACHAPUZ. p.257) “[...] muitos professores acreditam que o trabalho experimental ensina os estudantes sobre o que é a ciência e a sua metodologia.” Para este autor, estes professores têm sido uns “entusiastas” ao acreditar que o caminho para aprender ciência, os seus métodos e processos é “descobrir aprendendo” ou “aprender fazendo”. A proposição é que a utilização de atividade experimental, sem uma adequada reflexão pelo professor, reproduz o mito que esta atividade é a solução para os problemas de aprendizagem em ambiente laboratorial. Esta reflexão distorcida, que tem por base pressupostos

epistemológicos, psicológicos e didáticos, passa a corresponder a um programa em “regressão epistemológica”, ou seja, uma epistemologia que se volte para os aspectos da corrente filosófica positivista.

Um dos apontamentos feitos por parte dos professores, sobre a experimentação, refere-se ao desenvolvimento de “atitudes científicas” ou “procedimentos”, trazendo consigo aspectos de objetividade, a ausência de juízos de valor, a neutralidade e a abertura de espírito. Esta perspectiva da experiência científica se torna inadequada quando realizada na sala de aula, ao não se analisar e refletir os resultados à luz do quadro teórico e das hipóteses enunciadas. Constata-se, portanto, o que é previsível, que os alunos apenas são induzidos a conclusões fechadas, onde a repetição dos experimentos traduz uma forma de confirmação da teoria.

Neste aspecto, Praia et al. (2002) destacam que:

[...]de forte pendor empirista, a experiência surge, quase sempre, como algo episódico, ligada a uma visão heróica do cientista; ignora, pois, os contextos sociais, tecnológicos e culturais da construção e produção científica, que o professor tem de conhecer e não se pode alhear, deixando à margem das suas aulas. (p. 258).

Nesta perspectiva, Tesser (1994) sustenta que “A ciência e a tecnologia são frutos da cultura moderna e pós-moderna, envolvendo o universo empirista e pragmatista da pesquisa aplicada, daí surge a importância da epistemologia em nossos dias”.(p.91). Destaca um novo debate, que surge com o aprimoramento das “técnicas” e suas utilidades, que avançam constantemente na produção de novas tecnologias. Assim, as orientações de uma educação voltada para compreender os avanços tecnológicos e formar estudantes atuantes de forma consciente, exige a presença da epistemologia das ciências no ensino. É preciso, portanto, inserir os alunos nos contextos em que os conhecimentos vêm sendo desenvolvidos (Praia, et al 2002).

A perspectiva experimental tradicional, empirista, com base no positivismo, requer que o aluno, diante das observações e experimentação, descubra ou perceba a relação entre as leis e os princípios científicos, mas acaba deixando de lado suas concepções alternativas que o levariam a interpretações variadas sobre o fenômeno. Em contrapartida, de modo geral, tem-se a concepção construtivista da ciência, onde não se aceita o conhecimento como acabado, dogmático, e sim espera-se que o

aluno a abandone o nível empírico valorizando a criatividade, a imaginação buscando uma “emancipação” enquanto indivíduo (BORGES, 1991; CACHAPUZ et al., 2011).

Pela importância da experimentação para produção dos conhecimentos científicos, e sua grande utilidade nas aulas de Física, é necessário refletirmos sobre a epistemologia das ciências nessa prática (AZEVEDO, 2005). Este procedimento assumido como um elo da teoria com o cotidiano do aluno, muitas vezes ocasiona a produção de representações errôneas do que é a ciência e como esta produz seus conhecimentos. Assim, a função do ensino de ciências é permitir aos alunos responderem a questões científicas e técnicas em seu cotidiano, e ainda desenvolver métodos de pensamento que se aproximem dos utilizados pela ciência (ASTOLFI e DEVELAY, 2001).

Com relação a utilização da “metodologia científica”, Gonçalves e Marques (2006) também apontam que,

[...] a utilização do método científico para orientar a construção do conhecimento parece insustentável na Ciência e na educação científica. A idéia da observação como independente da teoria, como propõem os defensores do método científico, favorecendo a obtenção de dados puros e verdadeiros, é problematizada pelas discussões de cunho epistemológico que salientam justamente o contrário: a relação entre observação e interpretação não é neutra. (p.220).

O papel das atividades experimentais, no ensino, vem ganhando uma nova variedade de possibilidades. As principais utilidades deste procedimento, estruturada em investigações, tem por objetivo verificar leis e teorias, ou levar os alunos a refletirem sobre os conceitos abordados e estruturarem modelos explicativos aos fenômenos (ARAUJO, 2003; ALVES FILHO, 2000).

Problematizar práticas que se utilizam do “método científico” para orientar as aulas de Física, especificamente as investigações científicas realizadas pelos estudantes, tem ocorrido sob diferentes concepções de ciência, de ensino e de aprendizagem. Os enfoques em diferentes referenciais teóricos têm expandido as pesquisas e trabalhos nas áreas de ensino (CACHAPUZ, et al., 2011). Portanto, repensar a transposição didática dessas práticas nas aulas de Física é uma das preocupações da didática das ciências (ASTOLFI e DEVELAY, 2001). As diferentes possibilidades de se trabalhar a experimentação e as variadas formas de aplicação são apontadas por Alves Filho (2000), com a proposta de tipos de “laboratório

didático” e também por Risoto (2003). A definição etimológica de experimentação em comparação com as definições precedentes, nos recentes trabalhos, apresentam variadas formas de interpretações e aplicações, além de diferentes correntes teóricas que as fundamentam. Daí o problema em querer propor uma “forma correta” de como ela deve ser realizada.

Diante dos apontamentos sobre a experimentação, reforça-se a necessidade de repensar o sentido formativo da experimentação a partir da problematização epistemológica, como é apontado por Tesser (1994), onde

A tarefa principal da epistemologia consiste na reconstrução racional do conhecimento científico, conhecer, analisar, todo o processo gnosiológico da ciência do ponto de vista lógico, lingüístico, sociológico, interdisciplinar, político, filosófico e histórico. (p. 92).

Nesta perspectiva, a epistemologia é entendida como a teoria, ou discurso, sobre a ciência, que contrasta com a concepção positivista, em que prevalece o “discurso da ciência”, pretensamente único e universal. Entender a epistemologia das ciências, para reconstrução e entendimento da experimentação e suas aplicações, permite entender a ciência em seu processo de construção. Esta inesgotável necessidade de situar a ciência num processo complexo, e influenciada por inúmeros aspectos da sociedade, é uma atividade que deve ser realizada tanto pelos professores quanto pelos alunos.

Seguindo esta tendência do debate, apresentamos uma análise das contribuições de um racionalismo aplicado, de uma epistemologia em constante reconstrução, que utiliza aspectos da história da ciência para problematizar como ela se constrói e como é apropriada pelo ensino. No material teórico-epistemológico de Gaston Bachelard, possível encontrar contribuições, seja do ponto de vista de uma epistemologia histórica, ou da sua relação com o ensino, que contribua para reflexões ligadas à experimentação.

Em Bachelard, encontra-se uma análise profunda sobre o dualismo presente no debate “teoria e prática” e suas implicações na organização e no processamento do trabalho escolar. Em “O racionalismo aplicado”, o autor propõem um diálogo filosófico entre o realismo e o racionalismo. E, lançando as bases para elaboração de atos pedagógicos, em seu livro “A formação do espírito científico”, ele busca

explorar os obstáculos na formação do espírito científico, propondo-se a superá-los, abrindo uma abordagem semelhante no de ensino de ciência.

Segundo Costa (2012), Bachelard está propondo o princípio da “racionalidade ensinada” e isto pressupõe a existência de um “racionalismo docente”. Nas palavras da autora, “Ocorre então uma “dialética professor-aluno”, um rico inter-racionalismo em formação, sendo responsabilidade do professor levar o aluno à racionalidade científica[...]”(aspas do autor, p.11).

4 AS CONTRIBUIÇÕES DE GASTON BACHELARD PARA A EXPERIMENTAÇÃO NO ENSINO DE FÍSICA

Tomando por base as tendências do debate da epistemologia das ciências e as problematizações que permeiam a educação científica, neste capítulo adotamos para análise os materiais de Gaston Bachelard. A investigação irá buscar neste cientista, professor, filósofo e poeta, contribuições advindas da epistemologia para o desenvolvimento da didática das ciências, mais especificamente para a experimentação no ensino de Física. Temos conhecimento da importância das contribuições do autor e da amplitude dos debates que emergem da sua epistemologia, mas nos aproximamos mais da relação entre teoria e prática, que se apoia na re-significação entre a razão e o real.

4.1 A DESCONTINUIDADE NA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD

Gaston Bachelard foi um dos filósofos da ciência que empregou duras críticas a ciência positivista. Suas ideias se destacam pela defesa da filosofia do inexato, onde contesta a ideia empírico-indutivista de que só se conhece aquilo que se mede. Suas produções chegam a vinte e cinco obras publicadas, e hoje, com algumas traduzidas para o português (BARBOSA & BULCÃO, 2011).

Para compreender melhor sua epistemologia, é de fundamental importância apresentar a relação entre a vida e a obra de Bachelard, destacada por alguns autores, embora ele próprio tenha se manifestado em contrário, reconhecendo os limites de tais interpretações, em conformidade com sua concepção epistemológica. Os acontecimentos históricos, sociais, culturais e existenciais que marcaram sua vida, estabeleceram as coordenadas e contornos para a emergência de suas ideias,

e seus escritos hoje são analisadas por vários campos de conhecimentos, não se detendo apenas a epistemologia da ciência.

Bachelard nasceu em 1884, em Bar-sur-Auge uma pequena cidade na França. Descendente de uma família pobre, ainda assim tem uma infância feliz em contato com a natureza. Acaba deixando o campo já adulto. Forma-se em matemática Bacharelado, e é obrigado a trabalhar nos correios pesando cartas, mas continua com seus estudos concluindo sua licenciatura em matemática. O prosseguimento de sua carreira acadêmica é interrompido pela primeira guerra mundial, quando foi convocado a servir. Após a guerra volta casado e com uma filha e abandona a ambição de ser engenheiro. Passa então a lecionar aulas de ciências no ensino secundário. Aos 35 anos inicia os estudos de filosofia, e também passa a lecioná-la. Em 1928 publica suas primeiras teses, traduzidas como “Ensaio sobre o conhecimento aproximado” e “Estudo sobre a evolução de um problema de Física: a propagação térmica dos sólidos”. Em 1930 passa a lecionar filosofia das ciências na Faculdade de Letras de Dijon. Em 1940 muda para Paris para lecionar na Universidade de Sorbonne, onde permaneceu até sua morte em 1962. (BARBOSA & BULCÃO, 2011).

Neste pequeno relato abreviado de sua trajetória de vida e estudos, é destacado, de um modo geral, a vida que é construída em decontinuidades, passando por inúmeras rupturas, tendo seus estudos interrompidos diversas vezes. A infância no campo e a maturidade em Paris, sua vivência da passagem de dois séculos com grandes revoluções, são os fatores marcantes que estruturaram seu pensamento, de certo modo “dual”, e que designa sua obra “...como uma filosofia do instante” (BARBOSA & BULCÃO, p. 19). Outro aspecto sobre a dualidade em Bachelard é pela ruptura em sua obra, desenvolvendo uma filosofia diurna (da ciência) e uma noturna (da poetica).

Uma outra relação fundamental entre as duas filosofias de Bachelard (filosofia que está dividida desta forma por quem o estuda), é o verdadeiro sentido da imagem e da imaginação, algo que será marcante na sua concepção do real. Por mais que suas ideias vagueiam entre o real e o surreal, elas são complementares, compreendendo:

Ciência e poética, antagônicas como o dia e a noite, mas, ao mesmo tempo, complementares, pois nos instauram num mundo novo e surreal, elevando-nos enquanto homem em sua plenitude, pois é transitando nos dois caminhos que se alcança a formação integral. (BARBOSA & BULCÃO, 2011, p. 20).

A ideia de complementaridade é fundamental na concepção de ciência apresentada por Bachelard. Em sua relação com outras filosofias das ciências, destaca que elas podem sim ser complementares. A originalidade, em suas obras, também abarca a exigência de uma nova filosofia das ciências após a revolução científica do século XX, advindas com a Teoria da Relatividade e a Física Quântica. É neste contexto em que Bachelard destaca que esta “nova filosofia” deveria abarcar a produção de uma “nova ciência” e criar novas “raízes”.(SILVA, 2007).

Para Barbosa & Bulcão (2011), “Bachelard, ao analisar o procedimento das ciências contemporâneas, constata a existência de um novo espírito científico e percebe a necessidade de uma nova filosofia da ciência que deve se constituir contra uma concepção clássica de razão e realidade”. (p.28). Na concepção clássica e positivista de ciência tinha-se a razão em contraposição a realidade, “...a realidade era vista como uma coisa pronta e acabada; assim a função da ciência consistia em captar esta realidade e tentar reproduzi-la o mais fiel possível” (idem, p.28). Segundo Bachelard “Acreditava-se que a ciência era real por seus objetos, e hipotética pelas ligações estabelecidas entre os objetos”. (BACHELARD, 1977, p.15)

Em sua tese, Borges (1991), destaca que, em Bachelard, a descontinuidade, reconhecida pelo autor na história da ciência, é a tese principal da sua epistemologia. Neste perspectiva “O essencial não é a acumulação de fatos e documentos, mas a reconstrução, através de atos epistemológicos que re-organizam e transformam inesperadamente, a evolução de uma determinada área das ciências”.(1991,p.28). Isto acontece, pelo fato de que no pensamento contemporâneo a “verdade” passa a ser circunstancial, a universalidade passa a ser questionada e a certeza desaparece. Acaba prevalecendo portanto o discurso sobre o real, que está interligado ao momento histórico de sua concepção (BARBOSA & BULCÃO, 2011).

Analisando Bachelard, Fonseca (2008) em seu artigo, destaca que

A epistemologia de Bachelard tem, pois, uma consequência na forma de produzir ciência e na construção epistemológica centrada na idéia do conhecimento construído historicamente e reconstruído a partir de retificações permanentes. Todas essas questões constituem um suporte para as discussões metodológicas e para uma prática científica aberta, crítica e reflexiva no campo da Pedagogia e da Formação Docente.(p.370).

A epistemologia bachelardiana, parte assim da reflexão histórica, fundamental para análises do conhecimento, propondo assim uma “pedagogia” do pensamento científico descontinuísta que precisa a todo tempo ser retificado. Na perspectiva educacional, “Entre os filósofos das ciências, Bachelard é quem mais se envolve com a educação, pela sua própria condição de professor e em coerência com a sua epistemologia, que é, ao mesmo tempo, uma pedagogia”.(BORGES, 1991,p.162). As contribuições deste autor auxiliam a refletir em relação a práticas pedagógicas conservadoras e a-críticas da realidade social e a superar a visão do discurso da ciência moderna, que tem bases na ciência positivista (FONSECA, 2008; SILVA, 2007).

A partir do exposto até o momento, propõe-se a realização de uma reflexão em torno da “metodologia experimental” presente na história da ciência e transposta no ensino de Física, a partir da compreensão da “pedagogia do pensamento científico” bachelardiana. Para tal, faz-se necessário se iniciar com o entendimento da epistemologia de Bachelard como uma concepção histórica, para na sequência trazer a tona as discussões entendidas como fundamentais para orientar a re-elaboração de atividades experimentais no ensino de física.

4.2 A HISTORICIDADE NA EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD

Para Bachelard, a ciência é descontínua, e suas rupturas são fundamentais para a reconstruções e recomeços. A sua epistemologia histórica se constrói na retificação dos erros, na reconstrução dos conhecimentos, e para tal faz-se necessário “revoluções” e rupturas. Nesta perspectiva de “ruptura”, e em contraponto à concepção positivista, Bachelard (1996), divide (a grosso modo) o pensamento científico em três estados:

- O estado pré-científico, compreenderia tanto a antiguidade clássica quanto os séculos de renascimento e de novas buscas, como os séculos XVI, XVII e até XVIII.

- O estado científico, em preparação no fim do século XVIII, que se estenderia por todo o século XIX e início do século XX.
- O Novo espírito científico, iniciado em 1905, quando Einstein deforma conceitos primordiais (tidos como fixos), com sua teoria da Relatividade.

Neste sentido, o que torna singular o pensamento de Bachelard é a forma como ele irá definir a evolução do pensamento científico. Segundo Silva (2007), para Bachelard o progresso da ciência não se dá de forma retilínea, consecutiva e acumulativa, e sim por “saltos” . No estágio definido como “novo espírito científico”, estabelece uma ruptura com a ciência anterior, trazendo novas bases para a filosofia contemporânea. Para Bachelard, o desenvolvimento da ciência, historicamente, se depara com obstáculos epistemológicos e, para a superação destes, é preciso aplicar atos epistemológicos.

O período pré-científico, em sua obra, segundo Costa (2012),

[...] é dominado pelo que Bachelard designa de obstáculos epistemológicos, pois, no nascedouro da ciência, a visão concreta e imediata do mundo fenomênico, transmitida por uma linguagem metafórica, por imagens e generalizações, embaçava o processo de abstração para a formação do espírito científico. (p.4).

Em suas ideias, Bachelard estipula sete obstáculos epistemológicos, sendo eles: a experiência primeira, o conhecimento geral, o obstáculo verbal (metáforas), o conhecimento unitário e pragmático, o obstáculo substancialista (substancialismo), o obstáculo animista (animismo), o conhecimento quantitativo. Para o autor, “A noção de *obstáculo epistemológico* pode ser estruturada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática da educação.”(*itálico do autor*, 1996, p.21). Os obstáculos epistemológicos se apresentam ao cientista empirista (pré-científico), devendo ser superados para atingir os estados seguintes. Na formação do sujeito, “[...] o conhecimento se faz por meio de rupturas e vencendo obstáculos epistemológicos”. (COSTA, 2012, p.4).

Para Barbosa & Bulcão (2011),

Bachelard, ao analisar o procedimento das ciências contemporâneas, constata a existência de um novo espírito científico e percebe a necessidade de uma nova filosofia da ciência que deve se constituir contra uma concepção clássica de razão e realidade. (p.28).

Até o período de ruptura com o novo espírito científico tinha-se a razão em contraposição a realidade, "...a realidade era vista como uma coisa pronta e acabada; assim a função da ciência consistia em captar esta realidade e tentar reproduzi-la o mais fiel possível". (idem, p.28). Segundo Bachelard, "Acreditava-se que a ciência era real por seus objetos, e hipotética pelas ligações estabelecidas entre os objetos". (1977, p.15).

Buscando uma análise em problemas particulares, sem preocupação com a ordem histórica, em seu livro "A formação do espírito científico", Bachelard estipula uma "lei dos três estados" para o espírito científico, caracterizados como:

1º O *estado concreto*, em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apoia numa literatura filosófica que exalta a Natureza, louvando curiosamente ao mesmo tempo a unidade do mundo e sua rica diversidade.

2º O *estado concreto-abstrato*, em que o espírito acrescenta à experiência física esquemas geométricos e se apoia 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.

3º O *estado abstrato*, em que o espírito adota informações voluntariamente subtraídas à intuição do espaço real, voluntariamente desligadas da experiência imediata e até em polémica declarada com a realidade primeira, sempre impura, sempre informe. (1996, p. 12).

A construção dos "estados" é histórica, nestes períodos estão presentes os aspectos que os diferenciam. A formação do novo espírito científico passaria por estes três estados, buscando mostrar o seu percurso até o pensamento abstrato. Associa sua teoria com as revoluções científicas que ocorreram nos estados pré-científico, científico e novo espírito científico e as concepções filosóficas vigentes. Portanto, tem-se a passagem das pesquisas e descobertas, com uma linguagem mais comum/simples (empirismo), para uma linguagem própria/específica (física matemática). O que no nascimento da ciência eram observação dos fenômenos e desenvolvimento de teorias, passa a ser representado por termos mais técnicos, fórmulas e seus conceitos relacionados com construções matemáticas mais complexas (o raciocínio abstrato).

Ainda neste contexto, Bachelard ressalta que, para caracterizar os três estados, é preciso considerar os "*interesses*" que estão relacionados a construção da base afetiva do espírito. Portanto, o sujeito não se apresenta neutro em relação ao objeto estudado, e seu conhecimento prévio precisa ser levado em consideração. Segundo Costa (2012), para Bachelard, "Nessa trajetória de formação, são

fundamentais os interesses do espírito, a paciência científica, o prazer, o amor pelo saber, o constante perguntar e responder”. (p.3). Além disso, Bachelard acrescenta na noção de lei dos três estados do espírito a “lei dos três estados da alma”, que é tratado ao se estabelecer “a psicologia da paciência científica” (p.12), estando relacionada aos interesses.

O primeiro estado é “alma pueril ou mundana”. Consiste na alma ingênua, curiosa, brincando com a física, passiva na faculdade de pensar. O segundo, a “alma professoral”, que prefera o imóvel, sem muitas mudanças, que repete ano após anos seus saber, impondo seus saberes e demonstrações. E por último, “a alma com dificuldade de abstrair e de chegar à quintessência”, se caracteriza como a consciência que sofre, já que está sempre perturbada pelas objeções da razão, e ao mesmo tempo segura de que a abstração é um dever (BACHELARD, 1996). É neste ponto da abstração que Bachelard defende a necessidade de um racionalismo que não seja findado e universal, pois a razão deve estar sempre alerta, o que se estruturou em seu pensamento como “racionalismo dialético”.

Como sustentação para a aplicação dos obstáculos epistemológicos na educação, Bachelard alega que “A noção de obstáculo epistemológico pode ser estudada no desenvolvimento histórico do pensamento científico e na prática educativa. Num caso como no outro, esse estudo não é fácil” (1977,p.149). Mas, acrescenta a noção de “obstáculos pedagógicos”, apontando que,

Os professores de ciências imaginam que o espírito começa como uma aula, que é sempre possível reconstruir uma cultura falha pela repetição da lição, que se pode fazer entender uma demonstração repetindo-a ponto a ponto. Não leva em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já construídos: 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. (Itálico do autor, 1996, p.23).

Portanto, apresenta algumas críticas ao ensino de ciências, que tem por base o positivismo lógico. A ciência que foi produzida até o séculos XX não deu conta de responder os problemas por ela investigados, e seu método científico reflete e muitas vezes é reproduzido fielmente ainda no ensino de ciências. Não se está propondo a abandonar ao conhecimento passado e o progresso advindo do positivismo, mas buscar que a formação dos alunos os levem a abstração e a racionalização. Nesta perspectiva, “De fato, conhecemos contra o conhecimento

anterior, destruindo conhecimentos mal feitos, superando-se o que no próprio espírito, cria obstáculos à espiritualização”.(BACHELARD,1997, p.147). Eis a necessidade de mostrar os diversos métodos adotados pelos cientistas, e colocando a abstração como um dever, buscando incentivar o espírito do aluno a querer saber.

4.3 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICO-EPISTEMOLÓGICAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Como já fora mencionado, a epistemologia histórica de Bachelard permite compreender como a conhecimento científico passou por rupturas e reconstruções, não se apresentado como dogmático, neutro e universal. A partir das discussões no campo teórico-epistemológico, em Bachelard, é possível restabelecer alguns debates e proporcionar novos “caminhos” para incorporação da epistemologia ao ensino das ciências. Apesar da classificação como “internalista” (abordada anteriormente), suas “psicanálise do conhecimento” incorpora aspectos externalistas na construção do espírito, como as questões sociais que envolvem o sujeito e as comunidades científicas. Sua pedagogia científica valoriza o sujeito, estimula a criatividade e a imaginação, com seus pensamentos perpassando as áreas da pedagogia educacional e as relações de aprendizagem na didática.

4. 3. 1 Contribuições históricas: a re-significação dos conceitos de realidade e de razão

Assim como em Comte, em Bachelard está presente a estruturação do pensamento em “estados” históricos. Contudo, a bachelardiana se diferencia pela ideia de ruptura, ausente na concepção positivista, onde todo o processo histórico precedente prepara o caminho e culmina na objetividade científica moderna. Um dos diferenciais é que Bachelard, adentrando nas relações de construção do conhecimento pelo sujeito histórico, rompendo com a concepção positivista de ciência. Bachelard reconhece o sujeito do conhecimento como parte integrante do processo histórico, razão pela qual não compreende a ciência como um conhecimento contínuo, descritivo, cumulativo e progressivo. Sua filosofia é identificada (por quem o estuda) como “filosofia do inexato”, dos “instantes” e da

“negação”. Estes aspectos, a ele empregados, advém em muito, da grande influência dos acontecimentos revolucionários da ciência no século XIX e XX, nos quais esteve presente. Para Barbosa (2003), “Bachelard é um filósofo da ciência que inaugura um modo novo de discursividade. Ele parte da atualidade da ciência para refletir o seu passado”. (p.33).

Segundo Silva (2007), “Para Bachelard, o objeto da ciência contemporânea, objeto construído, é um complexo de relações e, assim sendo, somente pode ser apreendido por um racionalismo complexo que, em lugar de buscar a redução dos fenômenos, procura complicar suas noções”. (p.35). Ao buscar bases para um “nova filosofia”, Bachelard infere que a abordagem do conhecimento científico não deve ser feita apenas sobre um “método”, pois é preciso compreender que o conhecimento se modificou no decorrer da história, e como nunca, a análise do real frente a razão, se tornou algo mais complexo (SILVA, 2007). No ensino de ciência, isso implica na utilização de métodos variados, e se analisa o dever de levar os alunos a abstração, uma das características importantes, talvez a mais marcante da ciência contemporânea.

Iniciando este caminho que pretende levar o espírito ao estado “abstrato”, Bachelard (1996) estipula “obstáculos epistemológicos”, pelos quais o espírito passaria no período pré-científico. Para o autor, “Um obstáculo epistemológico se incrusta no conhecimento não questionado” (p.19), ou seja, um espírito que aceita o que seus sentidos lhe apresentam. Não estando ligado apenas ao conhecimento produzido pela ciência, a noção de “obstáculos”, pode e já é interpretado e analisado em outras áreas de conhecimento (BARBOSA & BULCAO, 2011). Mas é preciso compreender, na perspectiva bachelardiana, que os obstáculos surgem quando se procura condições psicológicas do progresso científico, que se caracteriza como a “psicanálise do conhecimento científico”. (BACHELARD, 1996).

Voltados ao ensino, os obstáculos epistemológicos se apresentam ao espírito do aluno, onde este passaria por estágios semelhantes (estágio concreto, concreto-abstrato e abstrato). Desta forma, para superá-los, são necessários “atos pedagógicos”, que possibilitem a “superação” destes obstáculos e levem os alunos à compreensão das bases do pensamento científico contemporâneo (FONSECA, 2008). Com a necessidade de levar o espírito do aluno à abstração, é preciso assim uma “racionalidade ensinada”, necessária também ao professor (COSTA, 2012).

Para compreender essa “racionalidade ensinada”, é preciso que o professor desenvolva um racionalismo aplicado, essencial para ensinar a ciência. Afunilando a análise de Bachelard para aspectos ligados a experimentação, inicia-se por compreender que, na história da ciência, existem relações entre a experiência e a racionalidade, com proximidades nas análises entre o real e a razão. Para Bachelard, as dicotomias entre os aspectos do real e da razão já não podem ser sustentados pelas bases da ciência positivista (BARBOSA, 2003). Até o século XX, o conhecimento científico apresentava um caráter empiricamente unificado. Nesta perspectiva, segundo Bachelard (1977),

[...] a unidade da experiência surge sob duplo ponto de vista: para os empiristas, a experiência é uniforme em sua essência, visto que tudo advém da sensação; para os idealistas, a experiência é uniforme, visto que refratária à razão. [...] a ciência do século passado apresentava-se como conhecimento homogêneo, como a ciência do nosso próprio mundo, no contato da experiência quotidiana, organizada por uma razão universal e estável [...]. (p.13).

Em seus trabalhos, Bachelard lança críticas as filosofias que defendem este modo de pensar a ciência, pois é preciso superar este estado do pensamento científico. Daí a importância de se analisar a ciência experimental presente no ensino, pois “Ver para compreender, esse era o ideal dessa estranha pedagogia”.(1997,p.14). Bachelard compreende esta “pedagogia”, como a forma que o espírito aprende, e assim irá propor uma nova “pedagogia científica” (BARBOSA, 2003).

Segundo Barbosa (2003), para Bachelard, “A atividade científica demanda uma relação de imbricação entre o racional e o real e não uma relação de antagonismo[...]”(p.33). Esta mudança de pedagogia irá trazer aspectos marcantes presente em sua proposta de um “racionalismo aplicado”, onde experiência e razão são compreendidas como dialéticas, diferente das propostas deterministas, idealistas e positivistas.

Sobre o concepção de “racionalismo aplicado”, Barbosa e Bulcão (2011) analisam Bachelard, inferindo que:

O racionalismo aplicado não tem uma base geral, como o pensamento tradicional do racionalismo. É um racionalismo que não pretende ser entendido por princípios, mas pelo seu poder de aplicação.[...] Sua preocupação é analisar a zona de passagem do empirismo, ou seja, estabelecer a constituição racional de diferentes domínios da experiência.(p.33).

Em seus escritos, Bachelard estipula que existem “racionalismos regionais”, que são determinados pela reflexão. Presentes nos domínios específicos (seja da Química, da Física, e de suas subáreas), compreende que em cada domínio do conhecimento estão presentes problemas específicos e reflexões diferentes. As regiões onde se formam os racionalismos regionais seriam então definidos pela “cidade científica” (BACHELARD, 1997). Desta forma seu racionalismo também apresenta uma “extensão” e dialoga com as “fronteiras” dos conhecimentos, mas é preciso compreendê-los como integrados por um racionalismo geral, que deve ser dialético. (BARBOSA & BULCÃO,2011).

Bachelard está a propor um racionalismo que dê conta de compreender a ciência contemporânea, e não em determinar um racionalismo universal. Desta forma, um fenômeno seria estruturado por uma consciência de interpretação instrumental e teórica, estabelecido por uma razão dinâmica. Deixa de existir a dicotomia entre o pensamento experimental puro e uma teoria pura, em que se estruturava o pensamento positivista, e a dinâmica da razão permite criar fenômenos mais complexos e regenerar dimensões despercebidas pelo espírito (BARBOSA & BULCÃO, 2011; FONSECA, 2008; SILVA, 2007).

No pensamento bachelardiano, o “novo espírito científico” que a ciência contemporânea exige, precisa que o empirismo seja compreendido, e o racionalismo seja aplicado (BARBOSA & BULCÃO, 2011). As relações entre observação, teoria e experimentação já não se apresentam da mesma forma que era defendida pela corrente filosófica positivista. Ao “psicanalisar” o conhecimento científico, Bachelard percebe que a experimentação já não pode ser compreendida como na ciência antiga. Para Costa (2012), “A psicanálise do conhecimento em Bachelard consiste no trabalho científico sobre o conhecimento comum, no sentido de superá-lo, de ultrapassá-lo a fim de se atingir o nível da razão, rompendo obstáculos”. (p.12).

Utilizando-se do exemplo da física moderna (microfísica), Bachelard compreende que é o modelo teórico que comanda a experiência, e esta passa a ser feita previamente por um modelo matemático. Assim, “uma medida exata é

sempre uma medida complexa: logo é uma experiência organizada racionalmente”. (BACHELARD, 2008, p.13).

Em comparação com a ciência do século XIX, Bachelard destaca as relações entre teoria, fenômeno e método.

É evidente que o fenômeno primitivamente considerado só pode ser tomado como o instante particular de um método. Logo se modificará o método e, em consequência, o fenômeno para atingir uma sequência fecunda de experiências. [...] Aliás, os vínculos matemáticos não seguem de modo algum as ligações que poderiam aparecer na ligação primeira [...] são objetos de um pensamento coordenado antes de ser objeto de uma verificação experimental.”(2008,p.14).

Desta forma, na passagem dos estágios, o aluno modificaria o seu racionalismo, possibilitando compreender as ligações da matemática com a descrição do fenômeno. É preciso trabalhar não apenas no “real”, levar a compreensão que a experiência não tem sua finalidade em si mesma, e que o interesse da experiência se concentra no método de ligação entre real e razão. Para tal, é preciso perceber possíveis obstáculos epistemológicos que se apresentam ao aluno, para que ele possa ultrapassar a concepção empirista de ciência, e chegar a abstração.

Buscando desenvolver um racionalismo aplicado, com relação a experimentação, exige-se inicialmente compreender racionalmente como os obstáculos epistemológicos podem estar presente nestas práticas. Pode-se até inferir, que os obstáculos se apresentam ao espírito do aluno, caracterizados como “obstáculos didáticos”, pois é da transposição didática do professor que o aluno receberá bases sobre o conhecimento científico. Assim, exige-se uma análise profunda sobre os obstáculos epistemológicos, que será feita no próximo item com o primeiro obstáculo - “A experiência primeira”.

4. 3. 2 Análise do primeiro obstáculo epistemológico: a experiência primeira

Assim como para o cientista, na educação, os obstáculos necessitam passar por uma “psicanálise dos conhecimentos”. Como o próprio Bachelard alega, esta não é uma tarefa simples. Parte-se então, do pressuposto, que aplicar uma racionalidade sobre suas contribuições teórico-epistemológica, permite trazer contribuições para

estabelecer as relações entre a epistemologia e o ensino de Física, o que será compreendido como a necessidade de “racionalização da experiência”.

Os obstáculos epistemológicos propostos por Bachelard, estão definidos na passagem/superação do empirismo ingênuo, presente no período pré-científico e, conseqüentemente, no estado concreto. Com base na história da ciência, o cientista também apresenta as características destes obstáculos refletidos nos estágios do pensamento. Ele precisa então superar estes obstáculos, para atingir o estado “concreto-abstrato”. Na educação, isto seria aplicado às concepções dos alunos, que estão construindo seu “espírito” e precisa superar os obstáculos que a ele se apresentam ao aprender ciência (FONSECA, 2008; FÁVERO & CONSALTÉR, 2017).

Detendo-se ao primeiro obstáculo, é possível destacar como Bachelard reconhece a força da “experiência primeira”. Ao fazer o exercício de análise deste obstáculo para a experimentação, é inegável a sua existência nos alunos. Na perspectiva do autor, estas “imagens” vindas das experiências diárias, não constituem uma base segura para o sujeito. Bachelard estipula sua tese em que “o espírito científico deve formar-se *contra* a Natureza[...]”. (*italico do autor*, 1996, p.29). O espírito deve portanto se afastar do impulso natural, ir contra o que está presenciando, “contra o fato colorido e corriqueiro” (1996,p.29). Ao tratar sobre as experiências ligadas à fenômenos elétricos, mostra que a visão empírica não favorece uma construção adequada sobre o “desenho” e a descrição dos fenômenos. O principal, é que, por mais que estes “conhecimentos comuns” sejam um obstáculo, as concepções alternativas dos alunos não podem ser ignoradas, elas precisam ser problematizadas, colocadas em contraposição a outras concepções, para aí serem superadas (BORGES, 1991).

O aluno, portanto, não aprende acumulando suas experiências, mas sim provocando “ruptura” e “re-construindo” seu conhecimento. É necessário compreender que a superação de um obstáculo não é um “salto”, o conhecimento comum, de onde advém as primeiras experiências (cotidianas), deverá sempre ser retificado, pois nunca será superado por completo. Para Fávero e Consaltér (2017), “O conceito de “ruptura” implica afastar do processo investigativo a influência do senso comum, que conduz a uma compreensão ingênua, tanto quanto de práticas científicas centradas nos enfoques estritamente racionalistas positivistas”. (aspas do autor, p.275).

As experiências “comuns”, podem ser compreendidas na concepção empirista ingênua. Nesta perspectiva, experimentação leva à construção de uma visão, muitas vezes, de que as leis e fórmulas advêm da “beleza” da observação dos fatos e suas descrições, e que, portanto, para um fenômeno ser observado “não é preciso compreendê-lo, basta vê-lo.” (BACHELARD, 1996, p.37). Nesse processo de experimentação, o aluno buscaria aplicar suas observações aos demais fenômenos, procuraria a variedade de aplicações e não a variação do mesmo fenômeno (demarcado-o e limitando-o), levando ao pensamento de que quanto maior o número de aplicações mais “válido” seria este conhecimento. Já pelo contrário, na perspectiva de variações, se analisa um fenômeno em particular, tenta-se testar as variáveis, descrevê-las, geometrizá-las, para na sequência matematizar a experiência.

Este processo de passar da observação para a descrição ocorre tanto na ciência como no ensino. Para refutar o primeiro obstáculo, Bachelard (2004) alega que “A experiência primeira nunca foi analisada por suas características mais ou menos matemáticas, foi apenas simbolizada.”(p.14). Para ele, “Conhecer é descrever para re-conhecer” (Idem,p.13), esta seria a finalidade da ciência. A descrição é muitas vezes a tarefa mais presente na ciência, e por consequência, no seu ensino. Uma consequência da descrição é que ela permite limitar um conhecimento a seus esquemas, generalizá-los e utilizá-los sem verificações, se justificando pela comodidade e clareza. Bachelard, no entanto, pretende retomar a descrição, entendendo ser possível trabalhar em níveis abstratos, variar esquemas e hipóteses, e quando estas se afastam demais, será possível voltar ao concreto (descrição do problema inicial).

Por mais que se espere afastar o espírito do “tradicional”, sobre a descrição, Bachelard afirma que “De Fato, a descrição exige uma técnica que insensivelmente conduz às vias tradicionais do progresso científico”. (2004,p.15). No entanto, isso permite explorar e ordenar as descrições, organizar pontos de referência, que busquem levar o conhecimento a se desenvolver em direção a “extensão máxima”, limitando assim um conjunto de condições que permitem então estabelecer vínculos lógicos ao real, vínculos racionais. Na descrição, ainda é possível se analisar as tendências intuitivas, presentes nos sujeitos, pois ela se ordena em torno dos interesses do espírito.

Outro aspecto que pode se apresentar como um obstáculo a aprendizagem, é a proposta de experiências “esquisitas” e “chamativas”, criticadas por Bachelard, pois “[...] quase sempre, a experiência violenta basta a si mesma e provoca lembranças exageradamente valorizadas”. (1996, p.50). Desta forma, os alunos lembram e dão mais atenção para os acontecimentos no momento da experiência, como uma explosão, um choque, um colega assustado. Estas experiências se caracterizam como falsos centros de interesse, e portanto “É indispensável que o professor passe continuamente da mesa de experiência para a lousa, a fim de extrair o mais de pressa o abstrato do concreto”. (BACHELARD, 1996, p.50).

Na tentativa de superar as primeiras imagens advindas do conhecimento do cotidiano e das experiências chamativas, é necessário a formulação de um problema de pesquisa, pois

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*. [...](itálico do autor, BACHELARD, 1996, p.51).

A formulação de um problema busca manter o espírito sempre questionador, deixando-o em alerta com relação do real e sua percepção. Desta forma, a experiência comum seria temporariamente superada, pois ela, diferente da experimentação, não se caracteriza como um recurso para uma construção racional, já que “A experiência comum não é de fato construída; no máximo é feita de observações justapostas[...]”. (BACHELARD, 1996, p.14). Nesta perspectiva, Silva (2007), que

[...] para Bachelard, a pesquisa é a forma elementar e mais fecunda de se construir saber. Não se aprende um saber dado, repassado, senão, que se aprende elaborando saber através de pesquisa[...]. Mas, não se pesquisa qualquer coisa ou a partir do nada; se pesquisa a partir de um problema bem-formulado e a formulação de um problema se dá à medida que , justamente se complica, se nega, um saber já estabelecido. (p.41).

É preciso a “razão” para romper com o “conhecimento comum”, que é entendido como “inconsciência” do espírito. Busca-se assim, reavivar o espírito no aluno, para na sequência facilitar a superação do empirismo ingênuo, e por conseguinte, as concepções deterministas, idealistas e positivistas de ciência. É

preciso portanto negar os conhecimentos pré-estabelecidos e valorizar os erros que se apresentam no decorrer de pesquisas investigativas no ensino.

Na superação de atividades que tem por objetivos apenas a acumalação, verificação, e demonstração, impõe-se a necessidade de levar o aluno a abstração, e é onde se faz importante a imaginação. Eis neste ponto que, a filosofia do realismo e do racionalismo da ciência “clássica”, não podem mais ser levados literalmente pelo ensino, pois tem-se a emergência de se compreender que os fenômenos estudados pela física contemporânea não são uma “imagem real”, eles são organizações racionais. O objetivo é levar o espírito do aluno ao “novo espírito científico”, para isso é preciso desenvolver uma pedagogia científica para o espírito (BARBOSA & BULCÃO, 2011; SILVA, 2007).

Na experimentação, portanto, é preciso superar o conhecimento “comum”, mas não “atrofiando” a imaginação, mais ainda, é preciso ter cautela com a formação de imagens pitorescas, pois, “Uma vez entregue ao reino das imagens contraditórias, a fantasia reúne com facilidade tudo o que há de espantoso”. (BACHELARD, 1996, p.45). Desta forma é preciso que haja um diálogo entre o empírico e o abstrato (FONSECA, 2008; COSTA, 2012). Está, assim, a se desenvolver a “racionalização da experiência”. Bachelard (1996) aponta que “Para que, de fato, se possa falar de *racionalização da experiência*, não basta que se encontre *uma razão* para um *fato*.” (*italico do autor*, p.51). As “racionalizações” prematuras ou imediatas levam o espírito a uma “*vontade* de ter razão” (idem, p.52), ou seja, dar valor ao fato sem uma prova explícita, sem uma discussão, reafirmando a importância do questionar.

É importante destacar, neste ponto da análise, a complexidade que o termo “razão” ganha nas colocações do autor. Para Bachelard, “A razão é uma atividade psicológica essencialmente politrópica: procura revirar os problemas, variá-los, ligar uns aos outros, fazê-los proliferar. Para ser racionalizada, a experiência precisa ser inserida num jogo de *razões múltiplas*” (*italico do autor*, 1996, p.51), indo contra a racionalização, que faz com que apareçam no espírito as convicções primeiras, a busca e a necessidade de certezas imediatas, os conhecimentos primários “assentados” pelo esforço escolar, a necessidade de acreditar que partiu do correto e que encontrará uma resposta correta, dentre outras características. É preciso assim, ter um cuidado com as racionalizações apressadas e mal feitas, pois “Parece que nenhuma experiência nova, nenhuma crítica pode dissolver certas afirmações

primeiras. No máximo, as experiências primeiras podem ser retificadas e explicitadas por novas experiências”. (BACHELARD, 1996, p.52).

Está análise do primeiro obstáculo ressalta como a interpretação das “primeiras experiências” e as primeiras tentativas de descrição dos fenômenos se apresentam ao cientista e podem ser analisadas no ensino. O aprofundamento maior na epistemologia bachelardiana permite compreender melhor o desenvolvimento de uma razão no espírito do aluno e como ela pode ser estruturada na interpretação do “real”, de forma que no decorrer dos processos de ensino ele possa atingir o nível abstrato. É preciso considerar que as contribuições de Bachelard, ligadas às experiências, salientam a necessidade de se desenvolver um racionalismo aplicado para superar estes impasses da razão. Este racionalismo passa a ser interpretado na educação como um “racionalismo docente” que o professor precisa ter, e que chegar a este ponto de racionalidade não é uma tarefa fácil mas necessária (FONSECA, 2008; COSTA, 2012).

Os demais obstáculos epistemológicos, que aqui não foram abordados, precisam ser analisados nas atividades experimentais para se chegar a uma compreensão coerente sobre esta prática do ensino. Segundo Costa (2012), “Os vários obstáculos epistemológicos estão interligados, um alicerçado em outro(s), em complementaridade”.(p.02). É preciso compreender os obstáculos, analisar como eles se apresentam ao aluno e propor atos pedagógicos para superá-los. Outro aspecto importante a ser destacado é o professor ter clareza que a experimentação isolada não determina a construção do conhecimento, mas que o que precisa ser feito é levar o espírito do aluno à abstração, a partir da realização da descrição dos fenômenos, e a desenvolver uma “racionalização da experimentação”.

Para mostrar a relação entre teoria e experimentação, Borges (1991), ao citar indiretamente Zylbersztajn (1985), aponta que:

Experimentos também não bastam, pois, se a experimentação pudesse evidenciar uma teoria, as mudanças paradigmáticas não seriam tão difíceis. Mas supõe-se que, após identificar, expressar e debater suas ideias prévias, reconhecendo a importância de tê-las elaborado, os alunos, colocados em situações conflitantes, fiquem receptivos a teorias propostas por cientistas, dispostos a testá-las e aplicá-las em novas situações.(p.161).

A experimentação, portanto, pode servir para mudar as concepções básicas das teorias científicas por parte dos alunos, ao colocar o alunos em situações que

suas imagens primeiras do fenômeno, ou fenômeno parecido, entrem em conflito. De forma semelhante, Bachelard propõe que o espírito científico precisa passar por rupturas e chegar a estado mais avançado do pensamento científico. Encontram-se também na experimentação potencialidades que permitem a superação e análise do primeiro obstáculo epistemológico proposto por Bachelard. É possível ainda destacar a importância das práticas experimentais, enquanto atividades que não reforcem os demais obstáculos, e sim que busquem explorá-los e superá-los.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando as contribuições teórico-epistemológicas presente nos escritos de Gaston Bachelard, amparado em seus escritos e em autores que analisam sua epistemologia, focalizamos nosso estudo na compreensão de como a relação entre epistemologia e ensino podem ser estruturantes para o desenvolvimento de um racionalismo docente, necessário para se propor atividades experimentais. Como há muito já vem se problematizando nos estudos e pesquisas de ensino de ciências, as abordagens no ensino ainda são bastante marcadas pelas concepções positivistas, que não dão conta da compreensão da historicidade, da descontinuidade, da dialética entre razão e realidade e da provisoriedade do conhecimento que constituem a ciência contemporânea. É preciso portanto aprofundar os debates sobre o ensino, em diálogo com as concepções contemporâneas da ciência.

Com relação à experimentação no ensino de Física, que tomamos para análise em específico, é preciso compreender a prática experimental não como uma “parte” do método científico, mas que seu desenvolvimento se instaura um debate “racionalista” e “realista”, que se contrapõe à concepção tradicional de ciência amparada no método científico positivista-empirista. A compreensão do “real” frente à “razão” passa a receber novas interpretações pela epistemologia e pela ciência contemporânea, o que requer que sejam abordadas de forma coerente no ensino. Em Bachelard, esta dicotomia recebe uma relação dialética, não “desprezando” a importância das demais concepções, mas propondo um “racionalismo aplicado”.

Focamos a análise no primeiro obstáculo epistemológico - a experiência primeira. A partir das discussões apresentadas, é possível identificar que algumas características deste obstáculo podem ser exploradas no desenvolvimento de atividades experimentais que busquem colocar em conflito os conhecimentos prévios

dos alunos e auxiliá-los na superação das “primeiras imagens”. Além disso, permite alertar para os riscos de tentar “impressionar” com atividades chamativas, que acabam constituindo imagens carregadas de significados e que reforçam este obstáculo. Outro fato, é perceber que os conhecimentos prévios dos alunos se constituem como obstáculos e que precisam ser retificados e reconstruídos.

Outro aspecto importante destacado é a contribuição do autor ao incluir a experimentação numa dimensão psicológica. A experimentação, quando busca resolver um problema, permite ao espírito que este experimente, descreva o fenômeno, mude as variáveis, erre, tente novamente, mantendo o aluno comprometido em buscar o saber. Neste processo, o sujeito compreende que a ciência é uma produção humana, que precisa mobilizar conhecimentos para corrigir erros advindos da representação do fenômeno, de sua observação, e de “imagens primeiras” pré-estabelecidas no sujeito. Caso ocorra o contrário, “[...] quanto mais breve for o processo de identificação, mais fraco será o pensamento experimental”.(BACHELARD, 1996,p.71).

Uma das possibilidades de aprofundamento da análise dos obstáculos epistemológicos é pesquisá-los como “obstáculos didáticos”. Com uma “psicanálise” do conhecimento escolar, estes obstáculos se apresentariam ao espírito do aluno, podendo ser analisados na experimentação em Física, compreendendo para isso a experimentação não apenas como a comprovação de uma teoria, mas um complexo de informações, e como minimizadora dos obstáculos ao espírito do aluno.

Avançando na análise, identificamos a importância da “descrição” dos fenômenos que, quando bem estruturada, pode servir para uma organização racional, podendo expandir as variações em um mesmo fenômeno, servir de base para o espírito retornar (quando seus resultados não forem coerentes) e permitir auxiliar a transição do espírito do aluno do estágio “concreto” para o concreto “abstrato”. E que, portanto, as primeiras experiências não se caracterizam como experiência por não serem simbolizadas sistematicamente, não apresentarem uma descrição.

Como na concepção bachelardiana o objetivo é levar o espírito à abstração, é preciso desenvolver assim uma “razão múltipla”, discursiva e complexa. Embasada numa perspectiva psicológica, esta razão se torna complexa, pois cada sujeito apresenta “resistências” para modificar seus conhecimentos. Nessa trajetória de formação do espírito, é de fundamental importância levar em consideração os seus

interesses, o espírito precisa desenvolver a paciência científica, sempre se questionar, ter amor pelo saber, e perceber que o conhecimento científico não é neutro, dogmático e universal, mas sim uma aproximação feita pelo uso de uma “razão” que dialoga com o “real” (BACHELARD, 1996). Nestas perspectivas, a experimentação pode ser desenvolvida se estruturando um problema, buscando desenvolver no espírito do aluno uma “racionalização da experiência”, que permita encontrar soluções na tentativa de “derrubar” impressões primeiras que estão arraigadas no seu espírito.

Para Fonseca (2008), “O espírito científico é, essencialmente, uma retificação do saber, um alargamento dos quadros do conhecimento. Julga seu passado histórico, condenando-o. Sua estrutura é a consciência de suas faltas históricas”. (p.369). Portanto, o objetivo de Bachelard, não é propor uma “metodologia”, mas sim fazer o espírito passar por mudanças, percebendo que os métodos adotados pela ciência, são válidos no instante de sua aplicação e que suas abordagens precisam ser superadas. Assim, percebemos a prática da experimentação como uma possibilidade de se desenvolver algumas retificações, buscando a solução de problemas de pesquisa por métodos variados.

Com relação aos obstáculos epistemológicos, as atividades experimentais no ensino precisam fazer com que o espírito do aluno os supere e que se mantenha sempre aberto. Desta forma, não apenas na experimentação, mas no ensino da ciência, é precisa auxiliar o aluno na passagem dos “estados” do pensamento científico, pois o ensino que tem por base a ciência que vai da concepção empirista até a positivista não é suficientes para levar o aluno para o estágio denominado por Bachelard de “novo espírito científico”. A ciência moderna já não se utiliza da natureza, do real e da razão da mesma forma que a “ciência clássica”, é preciso portanto ultrapassar os estados do desenvolvimento do conhecimento científico, para que seja possível compreender como é produzida esta “nova ciência”.

Por fim, destacamos que este trabalho se propunha a trazer as contribuições do autor para a experimentação no ensino de Física. Acreditamos ter conseguido trazer algumas contribuições do autor nas análises. Até o ponto de análise, do primeiro obstáculo e da necessidade de uma racionalização experimental, percebemos que para dar conta da complexidade de seus estudos são necessárias novas leituras e estudos mais aprofundados, que constituem objeto de outras investigações. Inferimos, assim, que a proposta de pesquisa permite articular a

análise de como uma experimentação que tenha por base o racionalismo bachelardiano pode auxiliar na superação dos obstáculos epistemológicos que se apresentam ao espírito do aluno. Isso permitiria desenvolver um diálogo entre a teoria e a prática na educação científica.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 25, n. 2, p. 176-194, June 2003 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172003000200007&lng=en&nrm=iso>. access on 22 May 2016.

ACEVEDO, J. A. et al . Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a Natureza da Ciência no ensino das ciências. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 11, n. 1, p. 1-15, Apr. 2005 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132005000100001&lng=en&nrm=iso>. access on 21 May 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132005000100001>.

ALVES FILHO, José de Pinho. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/9064/9118>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

ASTOLFI, Jean-Pierre e DEVELAY, Michel. A didática das ciências 6 ed. Trad. Magda S. S. Fonseca. Campinas: Papirus, 2001.

BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. Tradução Estela dos santos Abreu.- Rio de Janeiro: contraponto, 1996. 314 p.

_____. Ensaio sobre o conhecimento aproximado. tradução Tradução Estela dos Santos Abreu.- Rio de Janeiro: contraponto, 2004. p. 9-70.

_____. Estudos. Apresentação Georges Canguilhem; tradução Estela dos Santos Abreu.- Rio de Janeiro: contraponto, 2008. 86 p.

_____. Epistemologia - Trechos escolhidos por Dominique Lecourt; tradução Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar, 1977. 96 p.

BARBOSA, Elyana & BULCÃO, Marly. Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação. 2. ed. --Petrópolis, RJ : Vozes, 2011. p.102.

BARBOSA, Elyana. Gaston Bachelard e o racionalismo aplicado. Revista Cronos, [S.l.], v. 4, n. 1/2, jan. 2003. ISSN 1982-5560. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/cronos/article/view/3265>>. Acesso em: 03 abr. 2017.

BRASIL, Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN + Ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

BORGES, Regina Maria Rabello. Em debate: cientificidade e educação em ciências. 2º ed. rev. ampl. - Porto Alegre; EDIPUCRS, 2007. p.118.

BORGES, Regina Maria Rabello. A natureza do conhecimento científico e a educação em ciências. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Ciências da Educação. 1991.p.235. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/75817>>. Acesso em 15 out 2017.

BORGES, Regina Maria Rabello; MORAES, R. Repensando o ensino de ciências. **Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas**, p. 209-230, 2000.

CACHAPUZ, Antônio et al. A necessária renovação do ensino das ciências. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2011. p.263.

CASTANHO, Maria Eugênia & CASTANHO, Sérgio E. M. Revisando os objetivos da educação. In: VEIGA, Lima passos Alencastro (Org.). Didática: o ensino e suas relações. Campinas, SP : Papyrus, 1996. p.53-76.

CHALMERS, A. F. O que é ciência afinal? Editora Brasiliense, São Paulo, 226 p, 1993.

CHINELLI, Maura Ventura; FERREIRA, Marcus Vinícius da Silva; AGUIAR, Luiz Edmundo Vargas de. Epistemologia em sala de aula: a natureza da ciência e da atividade científica na prática profissional de professores de ciências. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 16, n. 1, p. 17-35, 2010 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000100002&lng=en&nrm=iso>. access on 26 Mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132010000100002>.

CHRÉTIEN, Claude A ciência em ação : mitos e limites / Claude Chrétien ; tradução de Maria Lúcia Pereira. -- Campinas, SP : Papyrus, 1994. - (Coleção Filosofar no Presente). p.259.

COSTA, Celma Laurinda Freitas. O pensamento científico em Bachelard. 2012. Disponível em: http://educonse.com.br/2012/eixo_15/PDF/7.pdf>. Acesso em: 19 set. 2017.

DAMIS, Olga Teixeira. Didática e sociedade: o conteúdo implícito do ato de ensinar. In: VEIGA, Lima passos Alencastro (Org.). Didática: o ensino e suas relações. Campinas, SP : Papyrus, 1996. p.7-31.

DE AZEVEDO, Maria Cristina P. Stella. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. **Ensino de Ciências-unindo a pesquisa e a prática**, p. 19, 2004.

FAVERO, Altair Alberto; CONSALTER, Evandro. Bachelard e a negação á pedagogia das aparências: proposicoes para a construcão de urna pedagogia científica. **Espac. blanco, Ser. indagaciones**, Tandil , v. 27, n. 2, p. 273-288, dic. 2017 . Disponible en

<http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1515-94852017000200008&lng=en&nrm=iso>. accedido en 09 nov. 2017.

FONSECA, Dirce Mendes da. A pedagogia científica de Bachelard: uma reflexão a favor da qualidade da prática e da pesquisa docente. **Educ. Pesqui.**, São Paulo, v. 34, n. 2, p. 361-370, Aug. 2008. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-97022008000200010&lng=en&nrm=iso>. access on 24 May 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1517-97022008000200010>.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID130/v10_n2_a2005.pdf>. Acesso em: 22 mai. 2016.

GIORDAN, marcelo. O papel da experimentação no ensino de ciências. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/iienpec/Dados/trabalhos/A33.pdf>>. Acesso em 19 set. 2017.

GONÇALVES, Fábio Peres; MARQUES, Carlos Alberto. Contribuições pedagógicas e epistemológicas em textos de experimentação no ensino de química. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 11, n. 2, p. 219-238, 2006. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID151/v11_n2_a2006>. Acesso em: 23 mai. 2016.

HIGA, Ivanilda; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educ. rev.**, Curitiba, n. 44, p. 75-92, June 2012. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602012000200006&lng=en&nrm=iso>. access on 21 May 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-40602012000200006>.

MOREIRA, Marco Antonio. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de física. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99**, 2000. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/116896>>. Acesso em: 25 mai. 2016.

PERAFAN ECHEVERRI, Gerardo Andrés. Bachelard: libido, razón, conocimiento y espíritu científico. Hacia una comprensión alternativa de la noción de obstáculo epistemológico. **Folios**, Bogotá, n. 42, p. 55-69, July 2015. Available from <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-48702015000200005&lng=en&nrm=iso>. access on 29 Mar. 2017.

PEREZ, Daniel Gil et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132001000200001&lng=en&nrm=iso>. access on 15 May 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>.

PRAIA, João Felix; CACHAPUZ, António Francisco Carrelhas; GIL-PEREZ, Daniel. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. *Ciênc. educ. (Bauru)*, Bauru, v. 8, n. 1, p. 127-145, 2002. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132002000100010&lng=en&nrm=iso>. access on 28 Nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132002000100010>.

PRAIA, João; CACHAPUZ, António; GIL-PEREZ, Daniel. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciênc. educ. (Bauru)*, Bauru, v. 8, n. 2, p. 253-262, 2002. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132002000200009&lng=en&nrm=iso>. access on 15 May 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-73132002000200009>.

RIBEIRO, Jair Lúcio Prados; VERDEAUX, Maria de Fátima da Silva. Atividades experimentais no ensino de óptica: uma revisão. *Rev. Bras. Ensino Fís.*, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 1-10, Dec. 2012. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172012000400021&lng=en&nrm=iso>. access on 22 May 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/S1806-11172012000400021>.

RICHTER, Sandra. Bachelard e a experiência poética como dimensão educativa da arte. *Educação (UFSM)*, Santa Maria, jul. 2010. ISSN 1984-6444. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reeducacao/article/view/1541/853>>. Acesso em: 30 mar. 2017.

ROSITO, Berenice A. Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas. Edipucrs, 2003.

TESSER, Gelson João. Principais linhas epistemológicas contemporâneas. *Educ. rev.*, Curitiba, n. 10, p. 91-98, Dec. 1994. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40601994000100012&lng=en&nrm=iso>. access on 26 Mar. 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-4060.131>

SAVIANI, Demerval. Escola e democracia: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política. 32. ed.- Campinas, SP: Autores Associados, 1944. p.1- 90.- (Coleção polêmicas do nosso tempo; v.5).

SANTOS, Boaventura de Sousa. Um discurso sobre as ciências na transição para uma ciência pós-moderna. *Estud. av.*, São Paulo, v. 2, n. 2, p. 46-71, Aug. 1988. Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40141988000200007&lng=en&nrm=iso>. access on 24 Nov. 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141988000200007>.

SILVA, Ilton Benoni da. Inter-Relação : a pedagogia da ciência : uma leitura do discurso epistemológico de Gaston Bachelard. 2. ed. Ijuí : Ed. Unijui, 2007.--176p. -- (Coleção fronteiras da educação).

WESENDONK, Fernanda Sauzem; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo. Caracterização dos focos de estudo da produção acadêmico-científica brasileira sobre experimentação no Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 779-821, dez. 2016. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n3p779/32990>>. Acesso em: 11 jul. 2017. doi:<http://dx.doi.org/10.5007/43154>.