



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
INSTITUTO DE FÍSICA  
MESTRADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS  
CIÊNCIAS**

**JOSÉ ERNANE CARNEIRO CARVALHO FILHO**

**GASTON BACHELARD:**

**Uma Pedagogia Aberta**

**SALVADOR**

**2005**

**JOSÉ ERNANE CARNEIRO CARVALHO FILHO**

**GASTON BACHELARD:**

**Uma Pedagogia Aberta**

Dissertação apresentada ao Mestrado em Ensino,  
Filosofia e História das Ciências da Universidade  
Federal da Bahia para obtenção do Título de Mestre em  
Ensino, Filosofia e História das Ciências.

Orientadora: Professora Doutora Elyana Barbosa

**SALVADOR**

**2005**

C331 Carvalho Filho, José Ernane Carneiro.

Gaston Bachelard: uma pedagogia aberta / José Ernane Carneiro Carvalho Filho . – Salvador: J. E. C. Carvalho Filho, 2005. 137f.

Orientador: Profª Draª Elyana Barbosa.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Física, 2005.

1. Ciência – Estudo e ensino. 2. Ciência – Filosofia. I. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Física. II. Barbosa, Elyana. III. Título.

CDU – 50(07)(043.3)

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

**JOSÉ ERNANE CARNEIRO CARVALHO FILHO**

**GASTON BACHELARD:**

**Uma Pedagogia Aberta**

Dissertação aprovada com distinção para a obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia pela seguinte banca examinadora:

Professor Doutor Aurino Ribeiro Filho – (IF-UFBA)

Professor Doutor Edvaldo Souza Couto – (FFCH-UFBA)

Professora Doutora Elyana Barbosa – (UEFS-UFBA)

Salvador, 28 de abril de 2005

**Aos**

**meus pais, Ozana e Ernane; meus irmãos, Patrícia e Elmo; minha esposa Simara e  
minha filha Sofia.**

## AGRADECIMENTOS

Agradecer a todas as pessoas e instituições que colaboraram na realização deste trabalho é bastante difícil, pois a lista de colaboradores é imensa; no entanto, é possível nomear aquelas que mais diretamente ajudaram na sua construção.

Gostaria, primeiramente, de agradecer aos amigos e parentes que me hospedaram em suas residências em Salvador, já que necessitei pernoitar na capital baiana dada a distância de Serrinha. Daí, agradeço a Luis Sena e Ducelina Sena, Gustavo dos Santos e Maria Verônica dos Santos, Cláudio Carneiro e Edinólia Mira.

Agradeço a todos que colaboraram na elaboração do projeto de pesquisa: André Luiz Peixinho, Olival Freire Júnior, João Carlos Salles, Robson Tenório e José Carlos Barreto.

Uma colaboração muito importante na preparação desta pesquisa de Mestrado foram as correções realizadas por colegas de trabalho, dentre elas, Obdália Ferraz, Mônica Maria Carvalho e Mônica Ferreira.

Finalmente, a minha gratidão à professora Dr<sup>a</sup> Elyana Barbosa pelo apoio e assistência, durante todo o processo de construção: desde a formulação do projeto à elaboração da dissertação. Durante todo o percurso, a professora Elyana demonstrou uma grande competência e eficiência na condução da orientação, caracterizada por atitude extremamente ética, sem determinar as suas posições, mas sempre dando as orientações necessárias.

***“Descobrir é a única maneira ativa de conhecer. Correlatamente, fazer com que se descubra é o único método de ensinar.”***  
**(BACHELARD, 1977a, p. 49)**

## RESUMO

Este trabalho procurou perceber a concepção de ensino de ciências de Gaston Bachelard através da consulta de suas obras. A metodologia adotada nesta pesquisa foi uma extensa consulta à obra do autor, levando-se em consideração o desenvolvimento lógico de suas idéias e desconsiderando-se a linearidade temporal. A concepção obtida através desta pesquisa permitiu chegar a três importantes conclusões sobre as idéias deste pensador a respeito do ensino de ciências: inicialmente, procurou-se caracterizar a epistemologia bachelardiana para alicerçar as conclusões sobre educação obtidas durante a pesquisa. A primeira conclusão diz respeito à obrigação de um vínculo epistemológico entre ciências e o ensino de ciências, pois não deve existir uma ruptura entre os pressupostos que orientam o fazer da ciência moderna e a ciência ensinada na escola. Um outro caminho trilhado foi à idéia de Bachelard de que ensino de ciências é formação, ou seja, o processo educacional não deve privilegiar o acúmulo de conteúdos, mas uma mudança na constituição psíquica do sujeito, para que ocorra uma efetiva aprendizagem através da superação dos obstáculos que dificultam a aquisição do conhecimento. A última linha de argumentação refere-se à proposta da epistemologia bachelardiana de que há uma encruzilhada na busca do conhecimento, isto é, não há um único caminho na obtenção do saber; por isso, o professor deve desenvolver um ensino que proporcione ao estudante oportunidades de escolha dentre as várias alternativas existentes. Percebe-se, portanto, que as idéias oriundas da epistemologia bachelardiana poderão dar uma grande contribuição ao ensino de ciências, ao propor uma nova visão sobre os processos de ensino e o que caracteriza a aprendizagem.

**Palavras-chave:** Vínculo epistemológico; Obstáculo epistemológico; Formação; Racionalismo aplicado; Dialética (diálogo).



## ABSTRACT

This dissertation aims to understand Gaston Bachelard's sciences teaching conception through the analysis of his works. A comprehensive review of the author's work was the adopted methodology in this work, considering the logical development of his ideas, not the time linearity. The research achieved three main conclusions about this author's conception about science teaching, after characterizing Bachelard's epistemology to support the conclusion about education. The first conclusion is about the epistemological link that is supposed to exist between sciences and science teaching, as there should be no rupture between modern science and science taught at school. Another path was Bachelard's idea that science teaching is formation, i. e., the educational process shall not aim the accumulation of knowledge, but a change in the psychological constitution of the subject in order to allow effective learning through the overcome of obstacles that hinder knowledge acquisition. The last argumentation path refers to Bachelard's epistemological proposal of crossroads in the search for knowledge, i. e., there's no single path in the way to knowledge, therefore the teacher is supposed to develop teaching strategies that allow the students to choose among several existing possibilities. According to this it is self-evident that Bachelard's epistemology is extremely helpful to science teaching because it proposes a new view about teaching processes and learning characteristics.

**Keywords:** epistemological link, epistemological obstacle; formation; applied Rationalism; Dialectics (dialogue).

## SUMÁRIO

INTRODUÇÃO _____	11
CAPÍTULO I – Pressupostos Epistemológicos _____	22
CAPÍTULO II – Vínculo Epistemológico Entre Ciência e Ensino de Ciências _____	45
CAPÍTULO III – Ensino Enquanto Formação _____	71
CAPÍTULO IV – Pedagogia Aberta _____	99
CONCLUSÃO _____	119
REFERÊNCIAS _____	133

## INTRODUÇÃO

**“Ora, como o conhecimento objetivo nunca está terminado, com *objetos* novos vêm continuamente trazer assuntos a discutir no diálogo do espírito e das coisas, todo ensino científico se for vivo, estará sujeito ao fluxo e refluxo do empirismo e do racionalismo.” (BACHELARD, 2001, p. 302).**

O pensamento bachelardiano tornou-se muito conhecido no final do século XX com o declínio do positivismo e do materialismo histórico. Por ser uma epistemologia que criticava essas duas teorias não foi possível que despontasse enquanto elas estavam em pleno vigor. Com o declínio das teorias tradicionais, o pensamento bachelardiano ganhou reconhecimento e tornou-se amplamente conhecido na França e no mundo<sup>1</sup>.

As idéias de Bachelard mostram-se de grande fecundidade, ao propor uma nova filosofia das ciências que dê conta dos avanços da Física Relativista e Quântica. As conclusões a que chegaram os físicos no início do século XX exigiam uma nova forma de tratar as concepções que tínhamos sobre a realidade e sobre a ciência.

Baseado nestas teorias, propõe uma filosofia que consiga explicar os grandes paradoxos surgidos no âmbito científico. Um exemplo desses paradoxos é o fato da luz se comportar ora como onda, ora como partícula. Esse comportamento dual da luz não cabia nos

---

<sup>1</sup> Conforme Bachelard dans le monde, disponível no site Centre Gaston Bachelard.

princípios vigentes da ciência positivista porque ela possuía duas características antagônicas para o mesmo fenômeno. Outro exemplo da complexidade da ciência atual são as explicações da Teoria da Relatividade, que coloca em xeque os conceitos clássicos da teoria newtoniana de tempo e espaço. O tempo-espaço einsteniano não eram independentes, como afirmava Newton, mas se fundiam numa estrutura espaço-tempo de quatro dimensões.

Essas idéias necessitam de uma nova maneira de tratá-las e Bachelard se propõe a fazer isto. A primeira coisa que ele percebe é que o surgimento das novas teorias não é uma continuidade das primeiras, mas uma ruptura com as teorias existentes. Por isso construiu o conceito de ruptura para explicar que o conhecimento científico não se dá por acumulação, mas por rompimento com as explicações anteriores.

Para provar essas idéias, demonstrou que a Teoria da Relatividade não é a continuação da teoria newtoniana, por estar partindo não das falhas ou lacunas desta, mas da análise de conceitos ditos como claros, e demonstrando que eles não eram tão evidentes como pareciam. Quando a Teoria da Relatividade põe em xeque a idéia de simultaneidade, ao afirmar que ela não existe sem adoção de um referencial, porque não há um tempo único para todos os fenômenos, isto é, o tempo varia de lugar e de fenômeno para fenômeno, contradizendo a teoria newtoniana de que o tempo era absoluto, vê-se que a relatividade “nasceu de uma reflexão sobre os conceitos iniciais, de uma colocação em dúvida das idéias evidentes, de um desdobramento funcional das idéias simples” (BACHELARD, 1968, p. 44). Percebe-se, portanto, que o surgimento da Teoria da Relatividade não parte das lacunas da teoria de Newton, mas de uma outra problematização, como a referida idéia de simultaneidade.

Já em relação à Mecânica Quântica, Bachelard levanta a questão clássica quanto à localização de um objeto no espaço. Os conceitos de localização e identidade da Física aristotélica foram ultrapassados pelas conclusões dos físicos quânticos. Segundo Louis de Broglie, “na Mecânica Ondulatória não se concebe mais o ponto material como uma

entidade estática não interessando senão uma região ínfima do espaço, mas como o centro de um fenômeno periódico inteiramente espalhado à sua volta” (BACHELARD, 1968, p. 81). Neste sentido, não é possível determinar a localização exata de uma partícula e também o seu momentum porque os estudos dos fenômenos quânticos implicam que “o encontro de um fóton e de um elétron modifica a frequência de ambos. Esta coincidência no espaço de dois objetos geométricos tem, pois, conseqüências nas propriedades temporais desses objetos” (BACHELARD, 1968, p. 70). Nota-se, portanto, que não há a interação mecânica entre os entes quânticos, mas uma interação de campos entre eles.

Esta visão sugere que o conhecimento oriundo da Física levou à criação de uma nova Filosofia das ciências que fosse capaz de dar conta do intrigante mundo da relatividade e da microfísica. Ficou evidente, então, que não era possível ter uma visão direta dos fenômenos e que os conceitos que tínhamos sobre o mundo não se constituíam em verdade por si mesmas; era necessária a construção de uma relação, para que eles ganhassem vida. Diante disso, Bachelard afirma que “tornar indireto o que era direto, encontrar o mediato no imediato, o complexo no simples, eis a medida exata da revolução do empirismo produzida pela Mecânica Ondulatória” (BACHELARD, 1968, p. 81).

Esta forma de tratar o processo de construção da ciência contemporânea, por Bachelard, levou-o a formular o conceito de racionalismo aplicado. Este conceito apresenta duas variantes. Uma afirma que a ciência atual não está fundada na dicotomia então existente entre o empirismo e o racionalismo, pois o empirismo afirma que o conhecimento é fruto da experiência e, o racionalismo, por sua vez, defendia que o saber era resultado de construções racionais sobre a realidade. Bachelard, com o advento da nova Física, afirma que o saber não pode ser fruto de uma separação entre essas duas maneiras de tratar a realidade. Para ele, o conhecimento científico é possível graças à interação que existe entre estas duas modalidades de tratar os fenômenos. O processo de construção do saber se dá a partir de formulações teóricas que precisam ser testadas na realidade, para verificar o valor, enquanto teorias, que

explicam o mundo. Não é possível pensar em teorias que não se aplicam à realidade, como também não é possível pensar em experiências sem um contexto teórico que lhes dê sustentação. Desta forma, o pensamento científico atual é animado por um duplo movimento: o empirismo e o racionalismo, por isso “o empirismo precisa de ser compreendido; o racionalismo precisa de ser aplicado”(BACHELARD, 1972, p. 11). Assim,

Um empirismo sem leis claras, sem leis coordenadas, sem leis dedutivas não pode ser pensado nem ensinado; um racionalismo sem provas palpáveis, sem aplicação à realidade imediata não pode convencer plenamente. O valor de uma lei empírica prova-se fazendo dela a base de um raciocínio. Legitima-se um raciocínio fazendo dele a base de uma experiência. A ciência, soma de provas e de experiências, soma de regras e de leis, soma de fatos, tem pois necessidade de uma filosofia com dois pólos (BACHELARD, 1972, p. 11).

Outra, seria a forma de encarar a realidade científica que levou Bachelard a defender um rompimento total entre a ciência e o saber originário da experiência imediata. O conhecimento, fruto da experiência imediata das pessoas, não se constitui num saber relevante, porque é resultado dos sentidos humanos e estes são muito limitados para dar conta da complexidade da realidade. O saber oriundo dos sentidos não se encaixa numa problemática, já que é resultado do simples contato com a realidade imediata e não se funda num problema para a ciência, isto é, “os ensinamentos da realidade não valem senão enquanto sugerem realizações racionais” (BACHELARD, 1968, p. 17). Sendo assim, a superficialidade da experiência primeira não consegue abarcar toda a dimensão do fenômeno científico, porque, “conhecer-se-á tanto melhor os laços do real quanto deles se fizer um tecido mais cerrado, quanto se multiplicar as relações, as funções, as interações” (BACHELARD, 1968, p. 138).

Partindo do pressuposto de que a aquisição do conhecimento científico exige uma ruptura com o saber originário da experiência imediata, Bachelard construiu o conceito de obstáculo epistemológico, para dar conta dos impedimentos que dificultam o avanço do conhecimento científico. Os obstáculos ao progresso do conhecimento não são fatores externos como a complexidade, a fugacidade dos fenômenos e a fragilidade dos sentidos humanos, mas as condições psicológicas. Segundo ele, o processo de construção do saber científico sofre retardos devido à dificuldade que o sujeito tem de romper com os obstáculos

que o impedem de pensar de acordo com as novas descobertas. Normalmente, a ciência constrói um conhecimento que é contra-indutivo, isto é, ele nega aquilo que pensamos sobre a realidade e isto faz com que tenhamos dificuldade em aceitar as novas descobertas da ciência.

Uma outra maneira em que esses impedimentos se expressam no campo científico é quando um conhecimento novo choca-se com o anterior, ou seja, termina negando aquilo que os cientistas acreditavam ser a verdade. Assim, quando o homem não consegue mudar a sua forma de pensar, revela “que vive ruminando o mesmo conhecimento adquirido, a mesma cultura, e que se torna, como todo avaro, vítima do ouro acariciado” (BACHELARD, 2001, p. 10). Por isso, nunca se deve achar que se obteve o conhecimento definitivo da verdade, mas que esta se constitui numa constante busca que jamais terá fim.

Por causa deste constante aprimoramento da ciência, Bachelard formulou o conceito de retificação. Como não é possível chegar a uma verdade definitiva, se faz necessário um permanente aprimoramento do saber construído, aperfeiçoamento este que se dará com a retificação contínua do conhecimento anterior. Neste sentido, um saber pode ser tido como válido e até “verdadeiro” em um dado momento da história, mas, num outro, com os processos de retificação, constatar-se-á que este saber não era “verdadeiro”.

A perspectiva que Bachelard abre com a percepção de que não se chega a uma verdade definitiva é a de que o erro torna-se um elemento constituinte do processo de construção do saber. Se aceitarmos um conhecimento como verdadeiro e depois percebemos que ele não é, então há algum erro inculcado naquele saber. Por isso, o erro na epistemologia bachelardiana torna-se um elemento muito importante, porque é o motor do conhecimento. Quando a experiência não corresponde ao que foi previsto pela teoria, é a constatação de que existe um erro na construção teórica que procura explicar aquele fenômeno. A identificação do erro exige uma nova pesquisa e o aprimoramento do saber. Diante dessas considerações Barbosa afirma que “para a filosofia científica, o problema do erro é mais importante que o problema da verdade, pois é o erro, na perspectiva bachelardiana, que conduz ao

conhecimento” (BARBOSA, 1996, p. 113).

Esses conceitos nos introduz num novo jeito de ver e compreender a ciência hodierna. Uma ciência que se caracteriza pela suma mutabilidade e constante aperfeiçoamento, dá a perspectiva de que nunca iremos conhecer a realidade final da natureza, mas que sempre estaremos em uma constante busca para alcançá-la.

E devido a esse estilo característico e novo de ver a realidade científica que se torna importante compreender o que Bachelard entende por ensino de ciências. Como sua epistemologia trata da construção do conhecimento científico, é natural que ele proponha uma forma de promover a educação.

Bachelard sempre foi professor, e como tal se preocupou muito com as questões relativas ao ensino de ciências, percebendo todas as suas limitações e problemas. Diante das questões que surgiam em sala de aula, foi desenvolvendo um conjunto de orientações para a melhoria do ensino.

Bachelard não escreve uma obra específica sobre o ensino de ciências, mas em todo o seu conjunto deixou aparecer uma série de comentários sobre a melhor maneira de realizar um ensino de qualidade. No decorrer de sua extensa produção, aparecem críticas ao modelo educacional vigente, propondo novas maneiras de tratar o conteúdo exposto, defendendo que o importante não é o acúmulo de conhecimento, mas a maneira como estes são tratados. Na realidade, o que Bachelard propõe é que o ensino de ciências não esteja desconectando com o jeito de fazer ciências, porque a aquisição do conhecimento só terá valor se estiver inserida nos padrões da ciência atual.

Na perspectiva bachelardiana, o sujeito consegue aprender quando supera os obstáculos que impedem a apropriação de um novo saber. Normalmente, esse saber inovador choca-se com o conhecimento comum e com o conhecimento científico vigente. Desta forma, para se alcançar o saber é adequado o rompimento com a realidade imediata e, muitas vezes, uma mudança nos pressupostos científicos que estão em vigência. Essa maneira de ver o



processo de aprendizagem é interessante porque atribui ao ato de educar não o acúmulo de conhecimento, mas uma transformação na própria estrutura psíquica do sujeito.

Neste sentido, a educação se constitui num procedimento de mudança do sujeito e não na busca de uma verdade imutável. Como o ensino de ciências deve estar conectado epistemologicamente com a ciência ensinada, então a metodologia educacional adotada não deve primar por um ensino com verdade definitiva e com a transmissão de um conteúdo sem a sua devida problematização. Na verdade, Bachelard propõe que não haja a simples transmissão do conteúdo, mas a criação de uma problemática para ser solucionada pelo estudante. Esta é a sua visão quanto ao modo de lecionar ciências em sala de aula.

Sendo assim, o processo de ensino-aprendizagem deve ser desenvolvido a partir da problematização de seus conteúdos, para estimular os estudantes a encontrarem as soluções e fomentar neles o espírito de investigação e construção abstrata da natureza. O ensino em sala de aula deve caminhar para a abstração, como o conhecimento científico contemporâneo. Segundo essa visão, toda experiência realizada em laboratório deve estar dentro de uma teoria que lhe dê suporte e possa fazer o estudante compreender os fenômenos matemáticos relacionados a essas ciências (a Física e a Química matemáticas).

Nota-se, portanto, que Bachelard enfoca a problemática do ensino de ciências por ângulos diferentes, dos até então estudados. A riqueza de detalhes e a segurança como trata o assunto demonstram uma experiência e uma reflexão bastante madura, de um professor e epistemólogo das ciências naturais.

Ao partir das formulações da Teoria da Relatividade de Albert Einstein e da Mecânica Quântica, Bachelard construiu uma visão de educação que não se enquadrava nos limites das concepções usuais. Segundo ele, para que um estudante seja capaz de entender os fenômenos quânticos e relativísticos é conveniente uma educação que esteja aberta para a dúvida e a incerteza, pois não há uma realidade fechada e estanque, mas aberta, ilimitada e dinâmica.

Nessa perspectiva, é necessária uma visão educacional que desenvolva, no estudante, uma postura que este seja capaz de ler os fenômenos dentro do paradoxo da incerteza, pois “nunca se pode conhecer ao mesmo tempo a figura e o movimento” (BACHELARD, 1968, p. 123), ou seja, a educação não deve fechar, acabar com os problemas, mas propor a abertura, o sem limite, para que os estudantes sejam continuamente estimulados a uma realidade que não é estática, mas um eterno vir a ser.

As idéias bachelardianas são atuais, pois revelam a sua utilidade num mundo em constante mutação e desenvolvimento. Sabemos que qualquer projeto educacional que se proponha útil terá que promover nos educandos a capacidade de atualização e abertura para as constantes mudanças que acontecem.

Não é mais possível pensar, pois, profissionais que estejam “fechados” em conceitos bastante antigos, mas que sejam capazes de acompanhar as transformações que ocorrem. Deste modo, a pedagogia proposta por Bachelard se adapta perfeitamente às novas exigências, porque é bastante crítica e revolucionária, ao propor que os estudantes sejam capazes de pensar uma realidade que não é definitiva e dada, mas que está em constante processo de mudança.

Logo, um estudante que esteja acostumado a viver tais experiências terá facilidade em viver na sociedade atual e adaptar-se-á com maior facilidade às exigências do mercado de trabalho.

Diante de um pensamento tão fecundo sobre o ensino de ciências é que se torna imprescindível estudar a produção bachelardiana sobre o assunto. É importante investigar as suas conclusões, que poderão colaborar para a melhoria do ensino nesta área e enriquecer as propostas já existentes. Além do mais, ele vincula o conhecimento obtido em sala de aula ao conhecimento científico formal, ao ir de encontro à idéia de simplificação da realidade e ao espetáculo das experimentações em aula.

A sua epistemologia possui uma riqueza muito grande e as análises que faz sobre

educação são bastante coerentes, é preciso que se desenvolva uma pesquisa para determinar qual é a sua concepção de ensino de ciências. É por isso que este trabalho procura identificar como Bachelard vê o ensino de ciências e quais as suas sugestões para a construção de uma educação científica mais eficiente. É lógico que a sua proposta não soluciona os problemas existentes no ensino de ciências, mas se torna uma contribuição importante na solução da “crise” que emerge no ensino de ciências.

Com esta pesquisa poderemos entender, a partir da concepção de ensino de ciências de Bachelard, a relação existente entre ciências e ensino de ciências, para poder identificar a conexão existente entre o conhecimento científico e o ensinado na escola, entender o tratamento dado aos conteúdos e como o livro didático é utilizado; verificar as metodologias sugeridas e como são utilizados os recursos, como as experiências em sala de aula e a História das ciências; perceber que imagem de ciência é construída junto aos estudantes, além de compreender como ele entende a relação entre sociedade e ensino de ciências, devido à carga de conhecimentos prévios que os estudantes trazem, fruto do senso comum, e entender como a epistemologia bachelardiana vê os aspectos cognitivos dos educandos, para compreendermos o que é aprender, nesta abordagem.

Uma pesquisa que extraia da extensa produção de Bachelard sua compreensão do que é ensino de ciências será muito útil para educadores e estudiosos da Filosofia das ciências. Para os educadores, será mais uma interpretação sobre a problemática do ensino de ciências, com um leque extenso de propostas profundas que estão inteiramente vinculadas a produção da ciência atual. Para os filósofos, será importante, porque poderão perceber como as idéias oriundas da Filosofia das ciências têm impacto na realidade social em que se vive, ao propor um modelo de ensino-aprendizagem adequado ao padrão de fazer ciência contemporânea. Para determinar a concepção de ensino de ciências que emerge do pensamento de Gaston Bachelard será necessário analisar os livros e artigos publicados por ele.

A metodologia aplicada na identificação da concepção de ensino de ciências deste

pensador será a que os filósofos consideram uma pesquisa internalista, por tratar-se de um estudo teórico da obra de um filósofo, onde se irá buscar compreender a concepção de Bachelard sobre o ensino de ciências em suas obras.

Esse estudo exigiu a utilização do tempo lógico, porque considera a produção do pensador dentro da estrutura de construção de seu pensamento, não levando em consideração o tempo cronológico, mas atento a ele, dadas as possíveis mudanças de opinião do filósofo durante a sua existência. A partir desta perspectiva, o papel do pesquisador consistirá em “restituir a unidade indissolúvel deste pensamento que inventa teses, praticando um método” (PEREIRA, 1970, p. 141), mesmo que essa produção não se dê numa linearidade, mas em movimentos descontínuos no decorrer de sua existência.

Sendo assim, esta pesquisa buscará identificar a concepção de ensino de ciências sem se preocupar em relacioná-las com as diversas teorias de aprendizagem existentes, porque nossa meta não é encaixar as idéias de Bachelard nos modelos existentes, mas apenas identificá-las. Para alcançar o referido objetivo, este trabalho ficou estruturado em quatro capítulos e uma conclusão.

No primeiro capítulo foram desenvolvidos os princípios epistemológicos, descrevendo os conceitos que compõem a epistemologia bachelardiana. Procura-se demonstrar as circunstâncias que motivaram Bachelard a desenvolver a sua Filosofia das ciências, ao descrever os avanços da Física no campo da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica, caracterizando cada um dos conceitos que serão utilizados na estruturação da concepção de ensino de ciências deste pensador. Somente a partir da compreensão dos conceitos oriundos desta epistemologia será possível compreender as implicações educacionais destes princípios.

No capítulo segundo buscamos mostrar um vínculo epistemológico entre ciência e ensino de ciências, isto é, não é possível pensar um ensino de ciências que trate o conhecimento científico na escola fora dos princípios da ciência atual. É um texto no qual procura-se ressaltar que o ensino de ciências, ministrado nas escolas, não deve estar

desconectado dos princípios epistemológicos que orientam o fazer da ciência atual, ao perceber que não é possível a execução de uma educação que não consiga formar pessoas dotadas de um raciocínio capaz de entender a construção do conhecimento científico.

O terceiro capítulo trará exposta a idéia de que o ensino de ciências é *formação*, isto é, para ocorrer um efetivo processo de ensino-aprendizagem é profícuo que se dê uma modificação interna na constituição do sujeito, ou seja, aprender é uma superação dos obstáculos que impedem a obtenção de um conhecimento novo. Não é admissível um processo de ensino-aprendizagem que esteja centrado na simples transmissão do conteúdo sem uma conseqüente transformação do sujeito. Aprender é modificar-se internamente. É a partir do conceito de obstáculo epistemológico, foi desenvolvida toda uma explicação que orienta a atuação do professor, em classe.

O último capítulo versará sobre a emergência de uma pedagogia aberta. Pedagogia aberta no sentido de que um ensino de ciências efetivo deve trabalhar na formação de sujeitos capazes de discernir entre várias alternativas possíveis, a partir de um amplo leque de possibilidades. É muito comum o ensino das respostas, onde só existe uma alternativa para a construção do conhecimento, mas Bachelard defende que há várias possibilidades na construção do saber e por isso ele defende a idéia de encruzilhada, isto é, que não há um único caminho e não há uma verdade definitiva na busca do saber, mas que existem diversos caminhos para a obtenção do conhecimento.

Na conclusão retomar-se-á aos aspectos epistemológicos do pensamento bachelardiano, com o efetivo entrelaçamento com os aspectos educacionais. Procurar-se-á expor como o pensamento de Bachelard implica numa mudança de perspectiva educacional e como está intrinsecamente ligado a uma concepção de ensino de ciências. Os impasses percebidos durante a pesquisa como a exclusão da Matemática no ensino de Física e a dificuldade de mudança na percepção dos professores sobre o ensino de ciências e a realidade científica, e as possíveis soluções para os problemas levantados.

## CAPÍTULO I

### PRESSUPOSTOS EPISTEMOLÓGICOS

**A ciência moderna dedica-se a construir um mundo à imagem da razão (BACHELARD, 1968, p. 19).**

O escocês lorde Kelvin proclamou, em 1900, que tudo de fundamental que haveria de ser descoberto pela Física já havia sido e que faltavam apenas alguns detalhes para as gerações futuras de físicos. Mas o lorde Kelvin não percebeu as enormes questões que rondavam a comunidade científica de Física, da época, tais como:

Os gases e os objetos a altas temperaturas emit[em] luz devido ao movimento de cargas elétricas, o que eram essas cargas em movimento? Será que os átomos realmente existiam? Por que diferentes elementos químicos emitem luz de cores diferentes? E o éter? Existia ou não? (GLEISER, 1997, p. 248).

Essas e outras questões provocariam uma revolução conceitual jamais vista na Física. Essa revolução começou com a Teoria da Relatividade e com a Física Quântica, que colocaram em xeque toda a Física Clássica, inclusive a teoria newtoniana.

A Teoria da Relatividade Especial de Einstein, que trata do movimento relativo com velocidade constante, rompeu com as noções newtonianas de tempo e espaço absolutos.

Para Newton, o espaço absoluto é o lugar onde ocorrem todos os fenômenos físicos, sem interferência neste espaço; e, por tempo absoluto, ele entendia o fluxo contínuo e sempre no mesmo ritmo, indiferente aos fenômenos ocorridos. Assim, quando a Teoria da Relatividade Especial postula que a simultaneidade é relativa, isto é, que dois eventos simultâneos para um observador pode não ser para um outro; isso significa, que o tempo não é absoluto para todos os observadores, como afirmava Isaac Newton, pois, cada observador tem seu tempo particular. Já o espaço-tempo einsteiniano se contrai a altas velocidades, porque quando um raio luminoso, por exemplo, tem que cobrir uma distância maior em um móvel, mas gastando o mesmo tempo de uma distância menor, conclui-se que o espaço se contrai quando está em movimento, demonstrando que o espaço também não é absoluto, como defendia a teoria newtoniana. A Teoria da Relatividade Especial levou à formulação de um novo ente: o espaço-tempo, no qual uma distância envolve coordenadas espaciais e temporais para todos os observadores inerciais. Isto significa que um outro observador, a partir de parâmetros inerciais diferentes, terá outras coordenadas espaciais e temporais. Para abarcar os movimentos acelerados, Einstein formulou a Teoria da Relatividade Geral, que afirma que uma grande massa consegue alterar a geometria do espaço e o fluxo do tempo, levando o espaço-tempo a encurvar-se. Nesse sentido, diz-nos Freire Júnior que

O tipo de curvatura do espaço einsteiniano é determinado pela distribuição de massas, de modo que no universo relativístico matéria, espaço e tempo são facetas de uma única grandeza, que pode ser resumida em um conceito matemático denominado de 'métrica' do espaço. (FREIRE JÚNIOR, 2002, p. 294).

Isto significa que a distância menor entre dois pontos não é uma reta, como afirmava Euclides, mas uma geodésica. Enfim, o espaço-tempo da Relatividade Geral se contrai a altas velocidades e é curvo, destruindo totalmente a concepção de espaço absoluto de Newton.

Enquanto a Teoria da Relatividade Especial de Einstein colocava em questão a teoria newtoniana, ele e outros físicos formulavam outras teorias para dar conta dos

fenômenos microscópicos da matéria. Eles procuravam explicar as anomalias<sup>1</sup> referentes ao estudo da luz que diziam respeito a fenômenos, como o efeito fotoelétrico. Einstein afirmava que a luz, ao entrar em contato com a matéria, um metal, por exemplo, interagia com ele e provocava uma ação sobre seus elétrons. Esta ação sobre o metal variava a partir da frequência da luz e não de acordo com a sua intensidade. O raio luminoso, ao atingir a barra de metal, remove alguns elétrons, tornando-a positiva. Esse comportamento da luz contrariava a visão tradicional, que achava que ela se comportava como onda, pois a solução proposta por Einstein previa que a luz tinha um comportamento corpuscular. As previsões feitas por Einstein foram comprovadas experimentalmente pelo físico Robert Millikan, em 1915.

Essas descobertas da Física provocaram uma crise na visão que se tinha da natureza. A luz poderia se comportar de uma maneira dual: ora como onda, ora como partícula. O aspecto ondulatório da luz se expressa em fenômenos como reflexão, refração, difração, interferência e efeito Doppler. Já o aspecto corpuscular da luz se dá em experimentos como o efeito fotoelétrico e o efeito Compton.

O mais intrigante de tudo isso era que a característica dual da luz, onda ou partícula, se apresentaria a partir do experimento efetivado. Se o pesquisador montasse um experimento de difração, encontraria a luz em seu aspecto ondulatório; se montasse uma experiência do tipo efeito fotoelétrico, perceberia a luz como corpúsculo.

O físico francês Louis de Broglie estendeu a concepção dual da luz para a matéria. Segundo ele, elétrons e prótons podem se comportar como onda ou

Como partícula, dependendo de como decidimos testar suas propriedades. Elétrons, portanto, interagem em colisões com outras partículas como 'pequenas bolas de bilhar', mas também podem exibir padrões de interferência qualitativamente idênticos aos produzidos por ondas eletromagnéticas após atingir um cristal. (GLEISER, 1997, p. 299).

Esta característica atribuída à luz e à matéria, como um todo, contraria toda a

---

<sup>1</sup> Anomalia foi empregada a partir da definição de Thomas S. Kuhn, apresentada no livro "A estrutura das revoluções científicas". Para Kuhn, anomalia ocorre quando "a natureza violou as expectativas paradigmáticas que governam a ciência normal" (KUHN, 2003, p. 78), ou seja, quando eventos isolados não são previstos pela teoria científica em vigor.



concepção que se tinha sobre os objetos do mundo físico. Segundo a Lógica aristotélica, um mesmo objeto não pode possuir duas qualidades antagônicas, como onda ou partícula, isto é, ou ele se comporta como onda ou como partícula. Mas a realidade descortinada pela Física dos Quanta demonstra, de forma inequívoca, através de teorias e experiências, que a natureza tem um comportamento dual. Neste sentido, Bachelard defende uma Lógica não-aristotélica. Nesta lógica, o sujeito nunca está no absoluto, ou seja, “surge a possibilidade de escrever proposições do tipo: (i) ‘em certos casos, a função eletrônica resume-se numa forma corpuscular’; (ii) ‘em certos casos, a função eletrônica desenvolve-se numa forma ondulatória’”(RIBEIRO FILHO & VASCONCELOS, 2002, p. 49). Fica patente que o conhecimento, fruto da Física do século XX, exigiu a construção de um novo referencial filosófico, diante de suas intrigantes conclusões.

Uma outra face que emergia do mundo microfísico era a incapacidade de determinar com precisão a posição e o momentum de um objeto quântico simultaneamente. Com a teoria newtoniana era possível determinar a posição e a velocidade de um determinado corpo, mas no universo quântico não é possível tal procedimento. Segundo Aurino Ribeiro Filho, o Princípio da Incerteza de Heisenberg afirma que

É impossível determinar com precisão a posição ( $x$ ) e o momentum ( $p_x$ ) de um objeto quântico, ao mesmo tempo. O que, em síntese, está contido em tal princípio é que, em laboratório, ao se elaborar uma experiência com a finalidade de determinar com clareza a posição, a medição do momentum (ou da velocidade) fica bastante incerta. Quando se tenta, ao contrário, medir-se rigorosamente o momentum (ou velocidade), a posição se torna bastante imprecisa. (RIBEIRO FILHO, 2002, p. 339).

Essa concepção não foi assimilada pelo paradigma<sup>2</sup> predominante, que não aceitava que a matéria pudesse ter ao mesmo tempo duas características antagônicas. Os cientistas achavam que havia algum problema nos modelos teóricos que procuravam explicar a realidade. Mas as experiências eram claras: dependendo da escolha do experimento, de uma interferência do sujeito, a luz ou a matéria se comportaria ora como onda ora como partícula.

---

<sup>2</sup> O termo paradigma é um termo criado por Thomas Kuhn, ao conceituá-lo como “as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência” (KUHN, 2003, p. 13).

Quanto à interferência do sujeito no processo de pesquisa científica, o teorema de Bell enuncia que a realidade não é local, pois

O ato de medir não é um ato privado, e sim, um acontecimento público de cujos detalhes participam, instantaneamente, grandes porções do universo. Para Bell, quando estudamos o momentum de um átomo, utilizando um instrumento de medida específico para tal finalidade, o momentum real do átomo é perturbado, de acordo com o seu teorema, não só pelo instrumento utilizado, mas também por uma grande quantidade de eventos distantes, os quais estão ocorrendo no instante da medição em outros locais, outros países, outras galáxias... (RIBEIRO FILHO, 2002, p. 354).

A Física àquela época não admitia a possibilidade do sujeito interferir no processo de pesquisa. Os cientistas estavam impregnados pelo modelo cartesiano, onde a interferência da subjetividade do pesquisador seria característica de má ciência. Uma pesquisa de qualidade não poderia conter fatores subjetivos. Isso era característica das ciências humanas.

Foi a partir de experiências realizadas com os fenômenos microfísicos, que os cientistas perceberam que não era possível entendê-los sob a ótica cartesiana, que até então vigorava. Como é que se poderia estudar um fenômeno que, ao iniciar o processo de investigação, terminássemos por interferir em sua constituição? Segundo Heisenberg, ao estudar um elétron é preciso iluminá-lo com um fóton, mas o “encontro do fóton e do elétron modifica o lugar do elétron; modifica, aliás, a frequência do fóton” (BACHELARD, 1968, p. 109). Desta forma, estamos diante de algo incomum para a concepção de ciência atual, onde o fenômeno é influenciado pelo instrumento de pesquisa.

Bachelard, ao entrar em contato com os avanços da ciência contemporânea, da Teoria da Relatividade e da Física Quântica, percebe a necessidade de desenvolver uma nova concepção de ciência. Essa visão de ciência desenvolvida é consequência direta do impacto causado pelas teorias da Física, no entendimento que se tinha sobre o conhecimento e o seu processo de construção.

Bachelard rompe com a visão tradicional de ciência oriunda do cartesianismo, que marcou toda a modernidade. Segundo este filósofo, somente com a elaboração de uma nova filosofia científica é que se conseguiria dar conta dos paradoxos oriundos das últimas descobertas da Física.

É a partir dessa situação que Bachelard iniciou uma investigação sobre os pressupostos da ciência e começou a fazer uma crítica, com o intuito de construir uma concepção de ciência inovadora e revolucionária, que marcaria a epistemologia contemporânea.

Bachelard, diante desta problemática, deu um “salto quântico” na maneira como a Filosofia das ciências tratava a realidade, e procurou demonstrar que não há nada de errado com a natureza, pois era a mentalidade de produzir ciência que deveria ser modificada. Bachelard iria, então, demonstrar que a estrutura cartesiana de fazer ciência não era capaz de atender às exigências da ciência atual, que pressupõe uma outra estrutura filosófica, capaz de alcançar as demandas da produção científica que emergia no mundo.

Até então, a concepção filosófica, em vigor, afirmava que os únicos caminhos para a obtenção do conhecimento seriam o empirismo ou o racionalismo. O empirismo, embasado no indutivismo, afirmava que o conhecimento seria oriundo da experiência. O indutivismo é um método que, partindo de proposições particulares, pode formular afirmações universais ou particulares. Os dados obtidos não deveriam sofrer nenhuma influência de idéias preconcebidas. A partir de uma realidade externa ao indivíduo, o pesquisador realizava uma série de experimentos e, uma vez comprovados, poderia afirmar que tinha obtido um novo conhecimento. Era uma ciência fundamentada no que poderia ser observado e medido; enfim, quantificado. A experiência constituía-se no início e fim do processo de aquisição do conhecimento.

O racionalismo, por sua vez, adotava uma posição inversa, pois o conhecimento era produzido a partir de formulações teóricas sobre a realidade, utilizando o método dedutivo. Este método partia de proposições gerais e as decompunha em unidades menores, organizando-as em sua ordem lógica. O modelo de ciência, desenvolvido pelo filósofo francês René Descartes, afirmava que a ciência se construía através de um processo de simplificação e redução da realidade. Para Descartes, o melhor meio para se compreender o mundo seria

reduzindo-o a partes cada vez menores e isolando-as, para facilitar o seu estudo. Na visão cartesiana, o método seria o único meio de garantia de cientificidade de uma dada pesquisa. Assim, o método tinha um caráter universal e imutável no mundo da ciência. Sem método, não haveria ciência. Neste caso, a preocupação fundamental era a de decompor os fenômenos e classificá-los. Não havia uma problematização do real. No mundo da ciência de Descartes, os fenômenos eram vistos como isolados uns dos outros e seu estudo só se daria se conseguíssemos vê-los, separadamente, em seu aspecto de movimento ou de imobilidade. Não era possível entender o fenômeno em sua face dinâmica e relacional. O real, para o cartesianismo, era algo absoluto, que deveria ser captado e compreendido pela razão. O processo do conhecer consistia em entender o funcionamento da realidade que estava fora do pesquisador e imune à sua influência. Para essa corrente filosófica, o sujeito não deveria interferir no ato de conhecer. O conhecimento obtido por meio desse processo era tido como verdadeiro e definitivo. Não havia espaço para o equívoco, porque o método era o meio que garantia a segurança do saber obtido. Desta forma, conhecer era algo alcançado através de abstrações que muitas vezes ignoravam a própria realidade.

Bachelard vai de encontro a essas concepções, quando afirmou que a nova filosofia do espírito científico não prima nem por uma nem por outra corrente, mas pela fusão das duas. Segundo ele, não é possível formular um conhecimento que não esteja articulado nas duas formas de conhecer e que este processo de construção do conhecimento se dá do racional para o empírico.

Isto ocorre porque é a partir das formulações teóricas que o cientista passa a ter as ferramentas necessárias para efetivar o estudo dos fenômenos. Sem as ferramentas teóricas, o pesquisador não sabe o que está procurando e não vai encontrar nada, porque *o olhar humano é um olhar interessado*. Isto é, deve-se saber o que se está procurando. Assim, toda e qualquer teorização, para ter algum valor, é imprescindível que se aplique à realidade. Logo, o mundo real, para Bachelard, é sua verificação, ou seja, é o lugar onde se aplica o formulado. Deste

modo, qualquer experiência só tem valor se orientada por alguma teoria que lhe dê suporte e explique os resultados encontrados. “As relações entre a teoria e a experiência são tão estreitas que nenhum método, seja experimental, seja racional, não está seguro de manter seu valor” (BACHELARD, 1968, p. 17), pois são as formulações teóricas que darão sentido aos resultados encontrados na experiência realizada. A experiência, sem a teoria, é um amontoado de dados sem sentido, porque “sem teoria nunca saberíamos se aquilo que vemos e aquilo que sentimos correspondem ao mesmo fenômeno” (BACHELARD, 1972, p. 17). O papel desempenhado pelas teorias é imprescindível para o estudo dos fenômenos, pois são elas que orientam o processo de pesquisa. A teoria fornece os referenciais teóricos que permitirão interpretar e entender a realidade. No entanto, esses referenciais não devem ser entendidos como conhecimentos verdadeiros e definitivos, mas como construções humanas e que, portanto, sofrem limitações. Isso significa que, quando lidamos com a realidade, estamos tratando-a a partir de um referencial teórico limitado e que, portanto, não tornará a aquisição do conhecimento um fato definitivo e acabado. A experiência desempenha um papel diverso do estabelecido por Descartes. Para Bachelard, a experiência tem a finalidade de confirmar uma teoria pensada anteriormente, pois “a experiência científica é assim uma razão confirmada” (BACHELARD, 1968, p. 14). Assim, não há uma dicotomia entre experiência e razão. Bachelard postula que a dicotomia pensada pelo cartesianismo não existe, pois a razão precisa ser confirmada pela experiência e a experiência precisa ser raciocinada (BACHELARD, 1968, p. 13). Logo, a experiência, na filosofia bachelardiana, assumiu um papel dialógico com a razão, e não independente, como pensavam os empiristas. Sem o aval da razão não é possível realizar qualquer viagem ao mundo fenomênico, por faltar as ferramentas conceituais que orientarão o processo de conhecer.

Um exemplo da possibilidade teórica de uma teoria de prever um fenômeno não observado na natureza foi a formulação da Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein, quando previa que o raio luminoso teria sua rota desviada ao passar próximo de uma grande

massa, uma estrela por exemplo, demonstrando a verdade de um enunciado matemático da teoria antes mesmo da observação do fenômeno na natureza, o que somente ocorreria alguns anos depois.

Desta forma, a ciência atual alcançou um grau tão alto de eficiência que é possível prever fenômenos que não foram observados, graças a teorias cada vez mais complexas e eficientes para explicar o funcionamento de determinados fenômenos.

A argumentação de Bachelard, sobre a utilização da teoria no processo de análise dos dados, rompeu com a concepção empirista. Esta concepção defendia que era possível entender o fenômeno sem idéias que orientassem a pesquisa; mas ficou comprovada, pelos avanços da ciência contemporânea, que não é possível a compreensão dos dados obtidos na pesquisa sem um arcabouço teórico que lhe dê sustentação. A Física contemporânea avançou, de tal modo, que muitas das descobertas realizadas são resultados de abstrações matemáticas, e que são posteriormente confirmadas pela experiência. Na realidade, a experiência torna-se um momento de realização da teoria, porque o novo racionalismo é uma filosofia que admite o diálogo com a experiência, já que é preciso “*compreendermos a reciprocidade das dialéticas que vão, interminavelmente, do espírito às coisas e das coisas ao espírito*” (BACHELARD, 1977a, p. 8); ou seja, que a construção do saber passa inevitavelmente pela interação entre essas duas maneiras de tratar a realidade. Assim, o conhecimento teórico tem que se realizar no mundo prático. Se a experiência negar a teoria, é imprescindível rever os seus pressupostos, para se alcançar um conhecimento mais adequado da realidade.

Este diálogo entre teoria e razão, Bachelard nomeou de Racionalismo Aplicado, porque a realização da experiência é o instante onde a teoria é comprovada ou negada em seu valor de explicação. Então, o conhecimento científico não pode prescindir da teoria ou da experiência para estar seguro das suas conclusões. A dicotomia entre razão e experiência não pode produzir um conhecimento válido.

O Racionalismo Aplicado tem uma dimensão filosófica que permite a superação

da dicotomia empirismo/racionalismo e trata a formulação do conhecimento a partir de uma interação ampla e contínua entre razão e experiência. Esse racionalismo deve ser “suficientemente *aberto* para receber determinações novas das experiências” (BACHELARD, 1977a, p. 10), porque nem sempre o resultado da experiência confirma a teoria. Neste caso, o Racionalismo deve estar aberto para refazer-se e investigar as razões que levaram ao fracasso e procurar corrigí-lo. Neste sentido, a experiência não é algo trivial para o aspecto racional, mas um momento de retificação da teoria. O Racionalismo Aplicado defende que

Uma ciência incessantemente retificadora, em seus princípios e suas matérias, não pode receber designação filosófica unitária. Ela é dialética, não apenas no pormenor dos seus processos, mas ainda no duplo ideal de sua coerência teórica e de seu rigor experimental. (BACHELARD, 1977a, p. 16).

Percebe-se, por conseguinte, que o racionalismo só se realiza plenamente nesta interação interminável entre teoria e experiência, onde o rigor entre as formulações teóricas e os seus resultados experimentais sejam inquestionáveis.

Bachelard, ao reconhecer a preponderância que a teoria tem no processo de desenvolvimento do conhecimento, procurou demonstrar que a ciência humana é uma construção abstrata da realidade e não a descrição dela mesma. Partindo do pressuposto que todo conhecimento é oriundo de uma problematização, isto é, “no pensamento científico, a meditação do objeto pelo sujeito toma sempre a forma do projeto” (BACHELARD, 1968, p. 18), todo conhecimento é fruto de um conjunto de problemas que o pesquisador levante sobre a natureza e procure respondê-los. Para responder aos questionamentos, Bachelard argumentou que o homem cria modelos teóricos da natureza e procura testá-los, e, assim, vai construindo a ciência, pois “o ponto de partida da ciência contemporânea não é a experiência, mas o projeto, que permite a elaboração teórica em busca da realidade. É o modelo matemático que conduzirá à realidade” (BARBOSA, 1996, p. 71). É este modelo que norteará toda a ação do pesquisador no processo de pesquisa científica. Não há ciência sem um projeto que dê as diretrizes da pesquisa. É a partir da problematização que o cientista constrói um novo saber, ao romper com a realidade imediata que o cerca. Rompe com o imediato ao

procurar estudar os fundamentos matemáticos envolvidos nos fenômenos, para ordená-los e assim, torna-se uma ciência criadora. Cria, ao utilizar a Matemática para explicar realidades ainda não descobertas no mundo físico, como ao ser capaz de fazer ácidos não existentes. A Química contemporânea é capaz de criar produtos, como ácidos, não existentes na natureza, graças às construções matemáticas dos elementos, com base no arcabouço teórico existente. A partir do estudo da tabela de Mendeleiev foi possível, à Química atual, prever a existência de elementos químicos ainda não descobertos, graças às teorias existentes. Assim, a ciência contemporânea “perde o seu caráter de reprodutora da realidade e passa a *inventar* uma nova realidade” (BARBOSA, 1996, p. 63): a realidade científica.

Nesse mundo de abstração, a ciência trabalha com modelos matemáticos que procuram explicar o mundo, mas sem serem réplicas da realidade, ou seja, “demonstra-se o real, não se mostra o mesmo” (BACHELARD, 1968, p. 18). Logo, os conceitos formulados na ciência têm a função de representarem a descrição matemática da realidade e não o fenômeno em si. É uma ciência que não parte do real imediato, porque o real científico é fruto do pensamento e a ciência consiste na formulação de problemas para serem respondidos através de uma pesquisa incessante, onde o modelo matemático é o norteador do processo. A Matemática é a construtora da realidade científica. A ciência contemporânea não descobre a realidade, mas constrói uma. Nesta concepção, a ciência é uma construção do homem e como tal deve ser entendida como transitória, isto é, que está em constante reformulação e, portanto, não é detentora da verdade absoluta. Essa maneira de tratar o conhecimento científico, como algo inacabado e renovador, nos leva a entender que o conhecimento que temos não é definitivo e eterno, mas é extremamente mutável, porque a ciência, na perspectiva bachelardiana, não é a captação da realidade, mas uma construção humana, onde a razão comanda e orienta a experiência.

A história do conhecimento científico é sempre o avanço do mais simples para o mais complexo, ou seja, um saber mais amplo e completo sobre a realidade. No entanto, o



avançar da ciência pode significar o abandono de toda uma arquitetura científica existente, por outra. Bachelard entende que a evolução da ciência não se daria de forma contínua e acumulativa. Ele cita o caso da Física Einsteiniana, que não é a continuação da Física Newtoniana, porque as formulações teóricas defendidas por Einstein romperam e propuseram uma realidade que Newton não previra e que só seria possível com uma nova interpretação da realidade. Isto acontece porque “não se pode fazer uma ligação entre duas perspectivas diferentes, pois uma vez mudada a problemática, muda a perspectiva em que o objeto é estudado” (BARBOSA, 1996, p. 119).

A realidade construída pela Física contemporânea levou os cientistas e, principalmente, os filósofos das ciências a buscarem outras formas de compreender o mundo. É neste caminho que Bachelard procurou demonstrar que o conhecimento é uma construção humana e por isso há uma influência do pesquisador no processo da pesquisa. Até então, acreditava-se que a influência do pesquisador só se dava nas ciências humanas, mas as pesquisas na Física atual demonstram que o cientista tem um papel relevante ao poder interferir no resultado da pesquisa. Isto acontece porque, por exemplo, ao se estudar a natureza da matéria em seu aspecto dual, onda-partícula, o que vai definir o resultado do experimento é o objetivo final do experimentador. Ou seja, é o tipo de experiência que ele monta que vai determinar se a matéria se comportará como onda ou como partícula. A maneira como está estruturado o experimento vai definir o resultado. E quem escolhe como deve ser a experimentação é o cientista, ao tentar alcançar determinado objetivo. Esta forma de atuação do pesquisador está orientada pelos pressupostos teóricos que ele adota para “ler” os fenômenos físicos. O que o cientista deve fazer, portanto, é ser o mais rigoroso possível, para que sua pesquisa alcance uma excelente qualidade.

A partir de então, Bachelard procurou demonstrar que aquela visão de fenômenos isolados, defendidos por Descartes, não era capaz de responder às inquietantes questões oriundas do mundo da Física. Ele construiu uma visão de que o estudo da realidade não se dá

de forma isolada. Nesta concepção, ao realizar uma dada pesquisa, o sujeito cria a realidade.

Na visão tradicional, o ato de conhecer ocorreria sem uma modificação do objeto em estudo, pois se acreditava que se poderia captar a realidade, não percebendo que o real é fruto tanto das limitações dos sentidos humanos, como das restrições do conhecimento.

Como o real é fugaz e não é possível apreendê-lo em sua totalidade e instantaneidade, se faz necessário entender que a aquisição do conhecimento não é a construção de cópias teóricas idênticas à realidade, mas construções abstratas da mente humana, que tenta compreender o mundo, num processo de aproximação.

Como a aquisição do conhecimento de forma definitiva é impossível, o erro estará sempre presente no conhecimento. No entanto, o erro não deve ser visto como algo danoso ao conhecimento, mas como um instrumento impulsionador para a ciência. Assim, quando o cientista elabora uma teoria testando-a na realidade, pode ocorrer a confirmação teórica porque a teoria é prospectiva, ou seja, ela prevê o que a experiência pode comprovar. Por isso, o pesquisador elabora modelos teóricos e os testará, até obter um novo conhecimento. Desta forma, o erro surgido em uma pesquisa significa que a teoria não foi bem elaborada e termina funcionando como um mecanismo propulsor para a ciência ao exigir uma construção teórica mais bem elaborada.

Diante de uma realidade processual, Bachelard construiu o conceito de retificação, para demonstrar que, no processo de conhecer, o pesquisador sofre uma série de limitações: tanto humanas, como dos instrumentos de pesquisa e do conhecimento que lhe serve de referência. As limitações humanas são aquelas oriundas da própria constituição do homem, que não permite que ele enxergue, ouça ou perceba fenômenos que extrapolam o seu campo de visão ou de audição. Já o conhecimento, que orienta o pesquisador, é limitado e está em constante mudança, não podendo ser usado como uma ferramenta infalível.

Para superar o caráter mutável do conhecimento, é necessária uma constante retificação do saber. Essa retificação realiza-se contra o conhecimento já constituído, pois é

atacando a ciência já constituída, ou seja, mudando a sua constituição (BACHELARD, 1972, p. 44) que o homem consegue obter novos conhecimentos. É necessário questionar uma teoria vigente para identificar os aspectos da realidade que ela não consegue responder e possibilitar novas pesquisas, para que ocorra um progresso científico, isto porque “os progressos do pensamento científico contemporâneo determinam transformações nos próprios princípios do conhecimento” (BACHELARD, 1972, p. 14). O maior exemplo da ruptura do conhecimento científico contemporâneo foi o advento da Teoria da Relatividade, que rompeu radicalmente com a Teoria Newtoniana.

As questões que motivaram Einstein a formular a Teoria da Relatividade não foram as anomalias existentes na teoria newtoniana, mas o questionamento de princípios que eram tidos como evidentes e certos. No caso da teoria newtoniana, Einstein põe em dúvida os conceitos de tempo e espaço absolutos e demonstrou que a idéia primitiva de simultaneidade não era um dado universal, mas que era relativo ao referencial de tempo adotado. Ao questionar conceitos tidos como óbvios, ele conseguiu formular uma teoria que rompia com a visão que se tinha sobre tempo, espaço e simultaneidade na teoria de Newton. Na realidade, a Teoria da Relatividade não é uma continuação da teoria newtoniana, porque não partiu dos mesmos postulados, mas rompeu com eles.

A idéia de ruptura em Bachelard não está restrita apenas ao progresso do conhecimento, mas também diz respeito ao saber-fruto da experiência imediata da pessoa. Segundo a epistemologia bachelardiana, a experiência imediata não é capaz de fornecer elementos que implicam numa racionalização dos fenômenos naturais, já que a percepção do real pelos sentidos humanos é bastante limitada. Isto se deve ao fato de que

A experiência comum não é de fato *construída*; no máximo, é feita de observações justapostas, e é surpreendente que a antiga epistemologia tenha estabelecido um vínculo contínuo entre a observação e a experimentação, ao passo que a experimentação deve afastar-se das condições usuais da observação. Como a experiência comum não é construída, não poderá ser, achamos nós, efetivamente *verificada*. (BACHELARD, 2001, p. 14).

Este conhecimento oriundo da experiência imediata do sujeito não pode ser

utilizado como recurso na produção do conhecimento científico, porque ele não é fruto de uma problematização que oriente todo o caminho de realização deste saber e que lhe dê validade. Por isso, há a necessidade de uma ruptura total com o conhecimento comum para a obtenção do saber científico. “A experiência *científica* é portanto uma experiência que *contradiz* a experiência *comum*” (BACHELARD, 2001, p. 14), isto é, o conhecimento científico não confirma o saber-fruto da experiência imediata; pelo contrário, nega-o.

Nesse processo de alcançar um conhecimento cada vez mais apurado e para superar as próprias limitações, o homem recorre a instrumentos de pesquisas cada vez mais avançados para investigar fenômenos imperceptíveis aos sentidos. Esses instrumentos, por sua vez, são resultados de pesquisas que redundaram na confecção de instrumentos via tecnologia, para auxiliar a ciência. No entanto, quando o cientista utiliza esses equipamentos para estudar um dado fenômeno, está olhando para uma realidade através de uma “lente” construída por uma outra teoria; ou seja, ele não está “vendo” o fenômeno em si, mas através de uma tecnologia que reflete uma fenomenotecnia.

A ciência atual, ao romper com o dado imediato, necessita de uma complexa rede tecnológica que dê suporte às pesquisas. Isto acontece porque

Na fenomenotecnia, nenhum fenômeno aparece *naturalmente*, nenhum fenômeno é de primeiro aspecto, nenhum é *dado*. É *preciso construí-lo*. A técnica realiza plenamente o seu objeto; ela é uma intermediação entre a teoria e a realidade. O aparelho é construído a partir de uma relação matemática: não é a realidade que o sugere, como se poderia pensar; os elementos infinitesimais são produto de uma suposição. A *matematização* progressiva da técnica corresponde, assim, uma técnica ocasional; a verdadeira força reside nas formas cada vez mais racionalmente apropriadas à matéria e à ação. (BARBOSA, 1996, p. 143).

Desta forma, a ciência atual rompe totalmente com o conhecimento comum e com a idéia de que é possível construir um conhecimento a partir da observação. A fenomenotecnia possibilita o surgimento de fenômenos que não existiam antes e só poderiam existir, para o homem, após o surgimento de instrumentos que o leva a “ver” realidades antes imperceptíveis. Assim, a técnica permitiu ao homem ter acesso a fatos antes ignorados e que se estuda a partir de máquinas que são o resultado de estudos ulteriores e que refletem “*teorias materializadas*”

(BARBOSA, 1996, p. 143). Enfim, “a verdadeira fenomenologia científica é pois essencialmente uma fenomenotécnica” (BACHELARD, 1968, p. 19), ao permitir o estudo de fenômenos não perceptíveis aos sentidos, porque “o fenômeno científico é, agora, um fenômeno criado por uma técnica” (BARBOSA, 1996, p. 72) que dá acesso a realidades não acessíveis.

Bachelard argumentou que o processo do conhecimento exige uma mudança na estrutura psicológica do indivíduo. Segundo ele, “o espírito científico deve formar-se enquanto se reforma” (BACHELARD, 2001, p. 29), ou seja, há uma necessidade de mudança na concepção do pesquisador, para que haja efetivamente o conhecimento científico. Isto porque “é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado”. (BACHELARD, 2001, p. 17). Ele defende, muitas vezes, aquilo que impede o avanço da ciência são as idéias cristalizadas na mente do indivíduo, que dificultam a aquisição de novos conhecimentos e que exigem a mudança da mentalidade em vigor.

Esse processo de “catarse psíquica” do pesquisador determina uma mudança de atitude diante do real imediato, pois para Bachelard o fenômeno não revela os seus segredos internos pela aparência. Há uma tendência natural do ser humano em se encantar com a sedução da experiência primeira. Por isso, “o espírito científico deve formar-se *contra* a Natureza, contra o que é, em nós e fora de nós, o impulso e a informação da Natureza, contra o arrebatamento natural, contra o fato colorido e corriqueiro” (BACHELARD, 2001, p. 29), pois é no estudo da essência do fenômeno é que iremos compreender o seu funcionamento. Temos que superar as nossas concepções superficiais para adentrarmos no ambiente causal da realidade e compreender-lhe a sua existência.

Sendo assim, o desenvolvimento da ciência propugna não só o acúmulo de conhecimentos, mas um espírito aberto às mudanças, para perceber conceitos e fenômenos que não se encaixam no antigo espírito científico.

O cientista deve ficar atento para o perigo das *adesões simpáticas* e das *divagações ociosas* em relação ao conhecimento científico. Só uma psicanálise do conhecimento

objetivo permitirá ao cientista perceber os *obstáculos* que impedem o desenvolvimento do conhecimento científico, ajudando-o a tomar consciência dos seus *instintos* e trabalhar contra eles. (BARBOSA, 1996, p. 92).

Essa vigilância epistemológica protege o pesquisador dos encantos e permite que o mesmo adentre na essência do fenômeno e não se perca nas suas aparências, que fascinam mas não dizem nada do que realmente é o fenômeno. É lógico que os obstáculos que impedem o avanço do conhecimento científico não se restringem a fatores psíquicos, mas há elementos como a complexidade dos fenômenos, a fugacidade do real e a limitação dos sentidos humanos que estão presentes em todos os atos do conhecimento científico. Todos esses fatores contribuem para dificultar ou impedir o progresso da ciência e devem ser percebidos e considerados pelo cientista, para que seu trabalho, como produtor do conhecimento, não seja deturpado por esses obstáculos, pois “a verdade objetiva é algo que o homem conquista à medida que toma consciência de todos os fatores que impedem e que impediram o progresso do conhecimento científico” (BARBOSA, 1996, p. 103).

Os obstáculos que dificultam a conquista do conhecimento científico são inúmeros, dentre eles podemos citar a experiência primeira que se constitui numa “filosofia fácil, que se apóia no sensualismo mais ou menos declarado, mais ou menos romanceado, e que afirma receber suas lições diretamente do *dado* claro, nítido, seguro, constante, sempre ao alcance do espírito totalmente aberto” (BACHELARD, 2001, p. 29), isto é, não se deve valorizar a experiência imediata do sujeito na construção do conhecimento científico porque ele não parte do óbvio e do evidente, mas das “entranhas” do fenômeno para se fundar a ciência atual.

Já o obstáculo do geral, por sua vez, se baseia na idéia da generalização de princípios científicos ou filosóficos sem levar em consideração uma comprovação que dê base às afirmações. “A busca apressada da generalidade leva muitas vezes a generalidades mal colocadas, sem ligação com as funções matemáticas essenciais do fenômeno.” (BACHELARD, 2001, p. 70), isto é, o problema não está em generalizar, mas em realizá-la

apressadamente, sem cogitar das necessárias comprovações. Um exemplo bastante ilustrativo dos problemas gerados por este obstáculo ocorre quando se analisa a afirmação que os corpos pesados caem com uma velocidade maior que os mais leves; no entanto, se constatou, em experiências realizadas em laboratório, que no vácuo todos os corpos caem à mesma velocidade. Nota-se, portanto, que a generalização indiscriminada pode emperrar o progresso científico e não facilitá-lo. A ciência contemporânea

Baseia-se numa *compreensão matemática* do conceito fenomenal e se esforça para equiparar, nesse ponto, razão e experiência. O que lhe chama a atenção já não é o fenômeno geral, é o fenômeno orgânico, hierárquico, que traz a marca de essência e de forma, e, como tal, é permeável ao pensamento matemático. (BACHELARD, 2001., p. 82)

Um outro obstáculo levantado por Bachelard é o verbal. Segundo ele, é comum utilizar-se de palavras que têm o poder explicativo bastante amplo. A esponja é um exemplo verbal que tem a capacidade de explicar uma soma muito grande de fenômenos: o ar é como uma esponja, ao se deixar comprimir; ou a matéria comum como se fosse uma esponja para o fluido elétrico. “Nos fenômenos designados pela palavra *esponja*, o espírito não está sendo iludido por uma potência substancial. A função da *esponja* é de uma evidência clara e distinta, a tal ponto que não se sente a necessidade de explicá-la” (BACHELARD, 2001, p. 91). Neste entendimento, procura-se utilizar palavras genéricas e com uma carga de significados muito grandes para explicar os mais diversos fenômenos, sem se preocupar com as suas peculiaridades.

O conhecimento unitário e pragmático, por sua vez, é um obstáculo à ciência, porque termina utilizando um princípio, como a idéia de *natural*, para explicar os mais diversos fenômenos, desde a dificuldade de congelar de ácidos e água salgada ao sangue de animais que sobrevivem a baixas temperaturas. Enfim,

Para o espírito pré-científico, a unidade é um princípio sempre desejado, sempre realizado sem esforço. Para tal, basta uma maiúscula. As diversas atividades naturais tornam-se assim manifestações variadas de uma só e única Natureza. Não é concebível que a experiência se contradiga ou seja compartimentada. O que é verdadeiro para o grande deve ser verdadeiro para o pequeno, e vice-versa. À mínima dualidade, desconfia-se de erro. Essa necessidade de unidade traz uma multidão de falsos problemas. (BACHELARD, 2001., p. 107).

Mas este obstáculo apresenta uma outra face, o aspecto utilitário. Procura-se, sempre, uma utilidade humana para os fenômenos estudados, pois se acredita que com isto se estará dando uma razão ao objeto em estudo e uma explicação. Esta idéia de

Utilidade fornece uma espécie de indução muito especial que poderia ser chamada de indução utilitária. Ela leva a generalizações exageradas. Pode-se então partir de um fato verificado, pode-se até encontrar-lhe uma extensão feliz. Mas o impulso utilitário levará, quase infalivelmente, longe demais. Todo pragmatismo, pelo simples fato de ser um pensamento mutilado, acaba exagerando. O homem não sabe limitar o útil. O útil, por sua valorização, se capitaliza sem medida. (BACHELARD, 2001, p. 113-114).

Desta forma, procura explicar os fenômenos naturais partindo de um único princípio e dar-lhes funções não é o melhor caminho para a produção do conhecimento científico, porque as generalizações nem sempre conseguem dar conta da realidade e também os fenômenos não existem com funções para o homem, simplesmente.

No entanto, o obstáculo substancialista, por sua vez, defina-se a partir da idéia de que a substância interna de um material tem mais valor que o seu invólucro, ou seja, no estudo dos fenômenos naturais deve-se encontrar o que está no interior, na essência do objeto em estudo. Neste sentido, a compreensão da realidade se dará quando for capaz de determinar a substância interna da mesma. Logo, atribui-se

A substância qualidades diversas, tanto a qualidade superficial como a qualidade profunda, tanto a qualidade manifesta como a qualidade oculta. Seria possível falar de um substancialismo do oculto, de um substancialismo do íntimo, de um substancialismo da qualidade evidente. Mas, ainda uma vez, tais distinções levariam ao esquecimento do aspecto vago infinitamente tolerante da substancialização, ao descuido com o movimento epistemológico que é alternado, do interior para o exterior das substâncias, prevalecendo-se da experiência externa evidente, mas escapando à crítica pelo mergulho na intimidade. (BACHELARD, 2001, p. 121).

Percebe-se, portanto, que o conhecimento se daria se fosse isolada a substância interna de um dado material, não se preocupando em explicar as relações dos fenômenos, mas, tão simplesmente, em isolá-lo e descrevê-lo.

O obstáculo animista se traduz na transferência de conceitos ligados aos fenômenos da vida à matéria inerte. Era muito comum atribuir-se características vitais aos elementos materiais da natureza. Na realidade, “*vida é uma palavra mágica. É uma palavra valorizada. Qualquer outro princípio esmaece quando se pode invocar um princípio vital*”



(BACHELARD, 2001, p. 191). Um exemplo claro da transferência de conceitos vitais para a natureza inerte é o caso da eletricidade. Para estudiosos do século XVIII, a eletricidade era um princípio de vivacidade que animava os fenômenos. Era como se ela desse vida à natureza. Essa crença no aspecto vital da natureza era tão forte que Bachelard afirma que

O microscópio foi, no início, usado para examinar vegetais e animais. Seu *objeto* primitivo é a vida. Só por acidente e raramente, ele serve para examinar os minerais. Aí é que se pode perceber com clareza como se torna obstáculo epistemológico uma preocupação habitual: revela o microscópio uma estrutura dos seres vivos íntima e desconhecida? Logo se estabelece uma estranha recíproca: se o microscópio revela uma estrutura num mineral, essa estrutura – para o espírito pré-científico – é indício de vida mais ou menos obscura, mais ou menos lenta, adormecida ou latente. Às vezes, tal indício não engana: quando é descoberta a origem animal dos corais, o fato é recebido como natural. Mas, outras vezes, o indício leva a um erro total. (BACHELARD, 2001, p. 197).

Observa-se, portanto, que há uma transposição de conceitos entre o vivo e o não-vivo, que terminam dificultando uma compreensão mais abrangente dos fenômenos naturais.

Os obstáculos decorrentes do conhecimento quantitativo são bastante comuns na ciência. Acredita-se que os números são capazes de retratar com clareza os fenômenos naturais; no entanto, é adequado destacar que o método de medição deve ser enfatizado para avaliar os resultados da medida. Percebe-se, através da História das ciências, que os métodos de aferição vão se aprimorando e conseguindo englobar valores cada vez mais precisos; desta forma, é necessário entender que o resultado de uma medida não significa que alcançamos a leitura final sobre determinado fenômeno. Por isso, é importante relativizar o resultado obtido numa pesquisa para não se crer que se conseguiu compreender completamente uma realidade fenomênica.

Segundo Bachelard,

O realista pega logo na mão o objeto particular. Porque o possui, ele o descreve e mede. Esgota a medição até a última decimal, como o tabelião conta uma fortuna até o último centavo. Ao inverso, o cientista *aproxima-se* do objeto primitivamente mal definido. E, antes de tudo, *prepara-se* para medir. Pondera as condições de seu estudo; determina a sensibilidade e o alcance de seus instrumentos. Por fim, é o *seu método de medir*, mais do que o *objeto de sua mensuração*, que o cientista descreve. O objeto medido nada mais é que um grau particular da aproximação do método de mensuração. O cientista crê no *realismo* da medida mais do que na *realidade* do objeto. O objeto pode, então, mudar de natureza quando se muda o grau de aproximação. Pretender esgotar de uma só vez a determinação quantitativa é deixar escapar as *relações* do objeto. Quanto mais numerosas forem as relações do objeto com outros objetos, mais instrutivo será seu estudo. Mas, quando as relações são

numerosas, estão sujeitas a interferências e, bem depressa, a sondagem discursiva das aproximações torna-se uma necessidade metodológica. A objetividade é afirmada aquém da medida, enquanto método discursivo, e não além da medida, enquanto intuição direta de um objeto. É preciso refletir para medir, em vez de medir para refletir. (BACHELARD, 2001, p. 261-262).

Nota-se, assim, que a medida rigorosa de um determinado ente físico não garante a sua compreensão e pode tornar-se um obstáculo, pois na Física atual os objetos do mundo quântico sofrem influência do processo de medição e, portanto, não são os mesmos após a medida. Desta forma, é imprescindível que o cientista não confie cegamente nos resultados das medições, mas esteja atento ao processo de medir.

Percebe-se, portanto, que o processo de aquisição do conhecimento científico exige uma reforma nas estruturas psíquicas do sujeito para que consiga assimilar os postulados da ciência hodierna. Em princípio, a idéia é simples: “o objeto não pode ser designado como um ‘objetivo’ imediato; em outros termos, a marcha para o objeto não é inicialmente objetiva. É preciso, pois, aceitar uma verdadeira ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico” (BACHELARD, 2001, p. 294).

Na epistemologia bachelardiana, a superação dos obstáculos do conhecimento se dá com a retificação dos erros enraizados no ser; ou seja, não há um conhecimento certo e definitivo, mas saberes transitórios que podem ser modificados a qualquer momento. Então, o caminho para a obtenção do saber ocorre com a transformação de nossas visões equivocadas por um saber mais elaborado. Essa mudança aparece com a evolução do conhecimento científico através da construção de novas teorias e sua aplicação na realidade, para se formar um novo saber. Sendo assim, uma verdade em um dado momento pode ser questionada e torna-se um obstáculo ao avanço do conhecimento. Por isso é que se fala em erros retificados, porque de fato não existe a elaboração de um conhecimento certo, mas a construção de uma ciência mutável, devido às limitações do processo de conhecer.

Tomando por base as pesquisas da Física, verificou-se que o rigor da ciência perdeu a sua força ao ficar comprovado que o sujeito interfere no processo da experiência e,

portanto, não é possível um rigor que dê garantias de infalibilidade ao conhecimento. Até o século XX, acreditava-se que o único meio de se garantir cientificidade a uma dada pesquisa seria o método, mas as conclusões oriundas da Física contemporânea demonstraram que o método mais rigoroso possível não impede a interferência de fatores externos. Diante dessa realidade difícil para os cientistas, Bachelard defendeu que o método, por si só, não é garantia de cientificidade. Segundo ele, o método deve ser contemporâneo da pesquisa realizada, e não um programa de regras imutáveis. Ou seja, o método deve acompanhar os avanços da ciência para que possa ter utilidade na pesquisa.

A ciência “é estritamente contemporâne[a] do método explicitado” (BACHELARD, 1968, p. 121), porque tornar-se útil que o cientista descreva o método utilizado ao realizar a sua pesquisa, para que a comunidade avalie o seu trabalho e verifique se o caminho adotado é coerente com a pesquisa realizada. Desta forma, o método adquire a contingência da pesquisa em andamento e não tem um valor universal, mas meramente circunstancial. Como “os objetos são mutáveis, o método precisa acompanhar o seu movimento, logo, ele não pode ser estabelecido nem antes nem fora do trabalho científico” (BARBOSA, 1996, p. 104-105).

A ciência nascida dessas novas concepções rompe com uma antiga idéia arraigada de que o conhecimento científico era o conhecimento verdadeiro. A ciência contemporânea não trabalha com a busca de uma verdade definitiva, mas com construções racionais transitórias. O conhecimento científico atual é validado por uma comunidade científica, formada pelos cientistas que avaliam a produção do saber e validam ou não esse novo conhecimento.

A objetividade adquiriu um contexto diferente dos até então aceitos. Não há um método universal que torne a pesquisa científica válida, mas métodos que podem ser utilizados no decorrer da pesquisa. Na perspectiva bachelardiana, a objetividade é conseguida através de uma socialização da ciência. Para se chegar à objetividade é benéfico expor de uma “maneira

discursiva e detalhada um método de objetivação” (BACHELARD, 1968, p. 18), ou seja, o caminho seguido pelo cientista durante o processo de produção do saber.

A validação de um determinado saber é alcançada através de uma comunidade científica, que estabelece as regras e meios de formação de um pesquisador, para que ele seja aceito no meio e que as suas pesquisas tenham o caráter de cientificidade. “É a cidade científica que vai tornar possível a objetivação da realidade; trata-se, então, de compreender como se conquista a objetividade” (BARBOSA, 1996, p. 82), pois é a cidade científica que vai definir os caracteres que deverá ter a produção científica, para ser aceita como tal. Sendo assim, como não há um método definitivo, que defina o que é ciência do que não é, somente uma comunidade de homens, com regras pré-estabelecidas, é que poderá dar a garantia de cientificidade a uma dada pesquisa.

É importante destacar que a comunidade científica não garante a infalibilidade do conhecimento científico. Um caso histórico do erro de uma comunidade científica diz respeito à idéia aristotélica de que a Terra era o centro do Universo. Essa idéia foi aceita por mais de mil anos e quando foi questionada houve uma grande resistência para a sua mudança.

A Filosofia das ciências desenvolvida por Bachelard é uma alternativa às concepções existentes, e capaz de atender às necessidades epistemológicas da ciência atual. Ela nos permite compreender a emergência dos novos fenômenos, graças a uma mudança de postura diante da realidade. Nos faz ver a complexidade da aquisição do conhecimento e permite perceber que a ciência não possui uma verdade definitiva, mas que é através de um saber altamente mutável que iremos construindo um conhecimento cada vez mais adequado.

## CAPÍTULO II

### VÍNCULO EPISTEMOLÓGICO ENTRE CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIAS

**“Quanto mais difíceis se tornarem os problemas, tanto mais a cultura racional se aprofundará, e tanto mais visível – e mais útil – será esse desdobramento” (BACHELARD, 1977a, p. 35).**

A relação entre o ensino de ciências e a ciência ensinada em sala de aula é uma questão bastante complexa, que termina provocando um desencontro entre os pressupostos epistemológicos da ciência e a ciência ensinada. Esse desencontro acontece porque a crença na dificuldade da ciência impediria que fosse realizado um ensino de ciências vinculado à ciência em estudo. É correto que o conteúdo das ciências é de uma complexidade muito grande e não é possível ensiná-lo nas séries iniciais. Mas a questão a ser levantada não é a de discutir a profundidade do conteúdo a ser lecionado aos alunos, mas tratar os pressupostos epistemológicos que orientam o *fazer* da ciência em estudo. É necessário analisar o tratamento didático que se costuma transmitir em relação ao ensino de uma determinada ciência. A transmissão do conhecimento em sala de aula de uma forma simplificada pode levar o aluno a uma imagem equivocada da ciência, desligada do princípio epistemológico que conduz o

processo de construção da ciência ensinada.

A idéia central é definir a orientação epistemológica que deve ser dada ao ensino de ciências, em sala de aula. Essa orientação deve estar ligada intrinsecamente com a ciência ensinada, para que não ocorra uma ruptura entre aquele e este.

Como o ensino deve refletir as bases teóricas da disciplina em estudo, deve-se trabalhar o estudante para que desenvolva as ferramentas operacionais da matéria em curso. Bachelard não vê uma ruptura entre ciência e ensino de ciências, porque o ensino dado na escola não deve ser diferenciado do tratado nas universidades. *O que há é uma diferença de grau do conteúdo, mas não um tratamento epistemológico diferente da disciplina estudada.*

A escola é o meio privilegiado para o desenvolvimento das habilidades indispensáveis para que o estudante compreenda a disciplina em estudo, no seu aspecto científico. Ou seja, deve-se ensinar que na ciência há abstrações, complexidade, mutabilidade do conhecimento e a conseqüente retificação do saber. Somente um ensino de ciências enfocando esses aspectos da realidade científica será capaz de desenvolver no estudante uma compreensão segura do que é ciência, facultando-lhe uma eficiente formação científica.

O ensino de ciências deve estar ligado aos princípios epistemológicos da ciência contemporânea. Esses princípios levam em consideração as *características* e o *como fazer* da ciência atual. É esse vínculo entre ciência e ensino de ciências que é defendido por Bachelard.

Essa forma de entender a produção do saber científico é importante para sabermos como tratar corretamente os conteúdos e os meios utilizados em sala de aula, no ensino de ciências. Somente conhecendo os princípios epistemológicos da ciência contemporânea é que seremos capazes de promover um ensino conectado com o modelo atual de ciência. Não é possível promover uma educação com qualidade se não tivermos compreendido, com clareza, a estrutura do saber e a maneira como ele é produzido.

Astolfi e Develay defendem em seu livro “A didática das ciências” que é proveitoso

Dar aos alunos chaves essenciais permitindo-lhes responder a questões científicas e técnicas em sua vida cotidiana, e ao mesmo tempo desenvolvimento neles atitudes, métodos de pensamento que se aproximem dos que a ciência lança mão em seu laboratório. Na abordagem do real, o aluno deveria então se comportar de maneira semelhante a um douto... se as referências epistemológicas que caracterizam o trabalho deste último são fundadas e se as vias pelas quais se efetua a aprendizagem dessas referências também são confiáveis. Ora, dessas constatações apreende-se que os princípios psicopedagógicos sobre os quais se baseia a escola para instaurar aprendizagens científicas são características de uma epistemologia hoje amplamente recolocada em questão. (ASTOLFI & DEVELAY, 2001, p. 26-27).

Essa visão do ensino de ciências prima pela consonância entre os aspectos da ciência e da matéria ensinada. Porque o ensino-aprendizagem deve se preocupar em dotar os estudantes dos elementos necessários à compreensão da ciência contemporânea. Sendo assim, somente com o tratamento adequado dado à ciência é que iremos conseguir alcançar o objetivo de realizar uma eficiente alfabetização científica. A imagem de ciências a ser forjada junto aos estudantes deve ser a mais próxima possível do modelo da ciência atual. Qualquer outra imagem que se construa é inadequada por não estar relacionada ao real modo de fazer ciência.

É importante desenvolver uma prática pedagógica que seja capaz de atender às demandas da ciência contemporânea, se se quiser desenvolver nos estudantes uma habilidade bastante ampla para entender o que é a ciência atual e como ela se desenvolve. Uma pedagogia, que não enfoque as características mencionadas do conhecimento científico, não estará alcançando o seu objetivo: formar bons cidadãos.

Bachelard, ao tratar a questão do ensino de ciências, defende que é profícuo promover uma pedagogia que prime em realçar as características da ciência atual. Não seria uma pedagogia que supervalorize o conteúdo, mas uma pedagogia que dê destaque à real constituição da ciência. Por isso, defende-se um ensino de ciências vinculado às características da cientificidade contemporânea.

Este ensino de ciências fundamentado no *modus operandi* da cientificidade atual deve destacar o caráter interativo entre razão e experiência. Até o século XX, acreditava-se que razão e experiência tinham funções diversas no processo de aquisição do conhecimento. No entanto, com o advento da epistemologia bachelardiana, ficou evidente que não há ruptura

entre esses dois momentos do processo do saber, porque a realidade científica se “afirma na experiência assim como no raciocínio, ao mesmo tempo num contato com a realidade e numa referência à razão” (BACHELARD, 1968, p. 12).

O professor deverá dar um destaque bastante amplo à relação existente entre teoria e experiência. A ciência contemporânea não trata o fenômeno de uma forma teórica ou experimental, mas a partir de uma relação contínua, onde o aspecto teórico do processo de pesquisa dita o ritmo e o caminho a ser percorrido pelo pesquisador. “Pensar cientificamente é colocar-se no campo epistemológico intermediário entre teoria e prática, entre matemática e experiência. Conhecer cientificamente uma lei natural, é conhecê-la simultaneamente como fenômeno e como númeno” (BACHELARD, 1972, p.12).

Consoante com essa visão, o professor, ao focar a ciência atual, deve dar destaque a essa interação entre teoria e experiência. Este enfoque deve ressaltar que a teoria é que orienta o processo de construção do saber, pois o vetor epistemológico da ciência contemporânea é do “racional ao real e de nenhum modo, ao contrário, da realidade ao geral” (BACHELARD, 1968, p. 13). É importante que o professor demonstre, com exemplos, como se dá à formulação do conhecimento a partir da orientação dada pela teoria. Nesta perspectiva, o estudante entenderá na prática, isto é, através da História das ciências, como um determinado saber foi produzido e como a teoria foi eficiente em sua construção. Bachelard cita um exemplo bastante claro quanto à importância da teoria no processo de aquisição do saber, quando se refere à questão da temperatura. Ao lermos a temperatura num termômetro, não a sentimos; daí a necessidade de uma teoria para determinar se aquilo que se vê e aquilo que medimos corresponde ao mesmo fenômeno. Neste exemplo, fica evidente o papel decisivo da teoria na compreensão de um fenômeno corriqueiro no cotidiano das pessoas, mas que só foi possível o seu entendimento a partir de um conjunto de formulações teóricas que explicassem se aquilo que medimos realmente corresponde à realidade.

É importante destacar que a experiência tem um papel muito importante na



epistemologia bachelardiana, ao ser o instante onde a teoria é posta em teste. Por isso é importante que os estudantes entendam que a experiência é um momento relevante na pesquisa científica e não uma coisa dispensável. No entanto, deve-se ensinar que a experiência só tem valor num contexto teórico em que foi formulada, porque “a experiência científica é assim uma razão confirmada” (BACHELARD, 1968, p. 14).

As teses apresentadas acima não significam que iremos discutir, necessariamente, com o estudante os fundamentos epistemológicos que estão por trás desta problemática, mas defende-se que o professor, ao trabalhar os conteúdos de ciências, deve tratá-los a partir de uma certa concepção do que é ciência. Neste sentido é que se faz necessário demonstrar, para o estudante, a importância que tem uma teoria na compreensão da realidade.

Nesta linha de raciocínio, é valioso destacar que a ciência hodierna rompe com o senso comum. Para a ciência atual, o conhecimento não parte do saber comum, mas supera-o, porque o saber científico não se constitui numa evolução, mas em ruptura; isto é, não é possível existir uma continuidade entre o saber comum e o saber produzido pela ciência.

Desta forma, se o conhecimento científico não é uma continuação do saber comum, o ensino em classe deve desvincular-se dos saberes adquiridos pelos estudantes. O saber que o estudante traz para a aula não deve ser visto como algo positivo, mas como um empecilho à aquisição do conhecimento.

Bachelard defende que é necessária uma ruptura entre o conhecimento prévio dos alunos e o conhecimento ensinado na escola. Os conhecimentos prévios dos estudantes se tornam um obstáculo à aquisição do saber, porque impedem a compreensão das leis naturais que não correspondem à realidade vivida pelo estudante. “É preciso lutar contra as primeiras experiências, romper com o imediato, com a evidência, com as idéias claras” (BARBOSA, 1996, p. 95) para que as idéias científicas sejam construídas e compreendidas pelo educando. Não é possível uma continuidade entre o saber imediato das pessoas e os saberes oriundos de anos de pesquisa num laboratório de ciências.

Esta visão é importante porque há conteúdos de ciências que exigem uma ruptura com o entendimento que tínhamos sobre o mundo. A ciência, em seu desenvolvimento, procura explicar os fenômenos naturais e, muitas vezes, essas explicações fogem ao padrão admitido pelo conhecimento imediato. Um exemplo claro de ruptura com este saber é a explicação de que o movimento, na Física, depende do referencial adotado, isto é, uma pessoa pode estar em movimento ou repouso a depender do referencial. Isto pode parecer um paradoxo para um estudante que não esteja familiarizado com a linguagem da Física. Por isso, há o imperativo de se romper com o saber anterior para se apropriar do científico.

O conhecimento científico não é uma continuidade do senso comum porque não é possível confiar nas observações dos sentidos. Bachelard ao mencionar os comprimentos de onda das cores no livro o “Materialismo racional”, que a cor do ouro “é verde-amarelo acima de  $4\mu$ ; torna-se azul-verde, depois francamente verde cerca dos  $2,7\mu$  e finalmente rosa violácea cerca de  $1,5\mu$ ” (BACHELARD, 1990, p. 229). Isso ocorre porque “a cor de uma matéria é um fenômeno da extensão material ou, mais exatamente, da extensão da matéria” (BACHELARD, 1990, p. 229), não se constituindo em uma qualidade da matéria.

Para explicar ao estudante que aquilo que vemos não constitui a realidade das coisas, é solícito ensiná-lo a romper com o saber que traz antes de entrar na aula de ciências. O professor precisa fazer o educando mudar de atitude diante do fenômeno científico, deve existir uma mudança psicológica do estudante para que ele crie as possibilidades de aprender.

Uma pedagogia, a partir da concepção de ciências oriunda do pensamento bachelardiano, exige uma mudança na concepção que se tinha sobre o conhecimento anterior dos estudantes para que possa ocorrer uma efetiva aquisição do saber científico.

Pedagogicamente falando, há uma dificuldade muito grande em fazer com que os estudantes rompam com o conhecimento oriundo da sua experiência cotidiana. O professor deve estar atento para o fato de que o conhecimento científico não é o mesmo saber que caracteriza a vida do estudante, daí a necessidade de realizar estratégias educacionais que

permitam uma mudança na concepção do saber que eles trazem ao chegar à aula.

Assim sendo, percebe-se que não há uma continuação entre o conhecimento do senso comum e aquele produzido nos laboratórios de ciência. É importante desenvolver estratégias que aproximem o aluno do conhecimento científico e, por isso, a necessidade metodológica de se rescindir com o saber oriundo da experiência imediata. O conhecimento científico dá-se contra o saber comum, porque aquele é formado a partir de leis que explicam a realidade, enquanto este explica as aparências.

As estratégias que podem ser desenvolvidas pelo professor para alcançar o objetivo de fazer o estudante perceber que o saber que ele traz não corresponde ao saber científico podem ser realizadas a partir de experiências contra-indutivas, isto é, realizar experimentos que ponham em xeque o saber do aluno.

Um exemplo prático para alcançar esse objetivo seria o exemplo da temperatura. Pede-se ao estudante para verificar, através dos sentidos, a temperatura de uma porta de madeira e de uma maçaneta. Pergunta-se posteriormente qual deles possui uma temperatura maior. Certamente ele responderá que a porta está “mais quente” que a maçaneta. No entanto, o professor perguntará como isto pode ocorrer se a temperatura ambiente está igual para os dois objetos. Esta experiência provocará uma crise no saber do estudante, fazendo-o perceber que há problemas com o conhecimento que ele traz.

É conveniente destacar que o choque promovido entre o conhecimento comum e o conhecimento científico não garante que o aluno aderirá ao último, mas poderá, certamente, funcionar como um mecanismo de reflexão para ele; e cabe ao professor procurar explicar de forma eficiente o fenômeno estudado.

Barbosa salienta que é

Através dos objetos criados pelo homem, objetos científicos e os produtos da atividade artística, é possível penetrar o secreto do mundo, pois, para este filósofo [Bachelard], o que interessa não é o mundo aparente, transparente, mas o que está velado, o escondido. (...) sua meta: desvelar o escondido; o que será possível rompendo com o aparente. Este é o seu ponto de partida, daí ser considerado um *filósofo da ruptura*. A realidade que se oferece, a realidade imediata, só é importante

na medida em que indica uma outra realidade. Tanto a realidade como a experiência não devem ser consideradas um ponto de partida, mas uma finalidade. (BARBOSA, 1996, p. 15).

Daí a necessidade que o ensino de ciências tem em superar o empirismo, porque a ciência contemporânea não tem como meta à descrição do mundo em si. Sendo assim,

A ciência não é o pleonasma da experiência. Seus conceitos não são, de modo algum, os conceitos de um empirismo por princípio ligado aos objetos separados que a percepção apresenta. (...) O empirismo começa pelo registro dos fatos evidentes; a ciência declara essa evidência para descobrir as leis ocultas. Só *existe ciência do que está oculto*. (BACHELARD, 1977a, p. 49).

Esta forma de tratar a compreensão da realidade é muito importante, porque destaca um aspecto crucial da pesquisa científica, que é o papel preponderante da teoria na busca de se entender os fenômenos. Bachelard afirma que:

Diante de um real que não se vê, que não se toca, mas sobre o qual se fazem experiências que, do ponto de vista sensível, são manifestamente indiretas, não se poderia fechar a via das teorias racionais, sob pena de mutilar a própria existência. (BACHELARD, 1977a, p. 46).

Não há uma ciência descritiva do real, mas uma ciência que elabora teorias e testas na realidade, através de experiências previamente construídas a partir do modelo teórico em vigor. Assim, um ensino de ciências que valorize o empírico estará cometendo sérios erros metodológicos, porque o real científico não se encontra naquilo que é dado no imediato.

Barbosa afirma que:

No novo espírito científico, é preciso pensar uma *não-coisa*. O real da ciência contemporânea não aparece como fenômeno e sim como númeno. O númeno é um objeto de pensamento, e o fenômeno, um objeto da percepção. (BARBOSA, 1996, p. 63).

Por isso é benéfico o rompimento com o empírico, porque a ciência atual não se constitui numa descrição pura e simples da realidade, mas numa busca constante das leis que regem os fenômenos. Essas leis não se revelam facilmente, sendo necessário um esforço muito grande para que possamos compreendê-las.

Dessa forma, um professor atuando em sala de aula não deve valorizar os livros de ciências que enfatizam a descrição, pois a ciência atual não é a descrição de fenômenos, mas a compreensão de leis que regem os fenômenos. Segundo Bachelard,

Ao ler vários livros dedicados à ciência da eletricidade no século XVIII, o leitor

moderno perceberá, a nosso ver, a dificuldade que tiveram para deixar de lado o aspecto pitoresco da observação primeira, para descobrir o fenômeno elétrico, para expurgar da experiência os elementos parasitas e os aspectos irregulares. Ficará claro que a primeira visão empírica não oferece nem o *desenho* exato dos fenômenos, nem ao menos a descrição bem ordenada e hierarquizada dos fenômenos. (BACHELARD, 2001, p. 37).

Desta forma, o livro didático deve se encaixar numa perspectiva epistemológica que trate o conhecimento científico a partir de uma visão orgânica, enfocando a interação teoria-prática e rompendo com o empirismo. Por isso, os livros didáticos não devem apresentar as características descritas abaixo:

Os livros escolares transformaram, imediatamente, a lição do oxigênio num modelo de empirismo simples: basta aquecer numa retorta certos óxidos, por exemplo o óxido do magnésio, para obter o gás maravilhoso que reacende um fósforo não tendo mais ‘que um ponto de ignição’, para empregar a expressão consagrada que resume, muitas vezes – infelizmente! – o que resta na ‘cultura geral’ das propriedades do oxigênio. Esta *simplicidade de ensino* oculta a fina estrutura epistemológica de uma experiência primitivamente empenhada numa *problemática multiforme*. (BACHELARD, 1990, p. 93).

Sendo assim, o livro didático não deve ter “como *ponto de partida* a Natureza” (BACHELARD, 2001, p. 30), porque o conhecimento científico não toma o real imediato como a fonte do conhecimento, mas procura criar uma realidade científica, que é fruto da razão humana.

Um livro didático, que procurasse atender às demandas da concepção de ensino de ciências bachelardiana, deve ser um livro que rompesse com a descrição e procurasse tratar a ciência em suas bases conceituais e não em ressaltar o pitoresco, o fantástico do mundo fenomênico, porque isso não é ciência.

Bachelard entende que os livros de ciências da atualidade são melhores que os do período pré-científico, porque transmitem um conteúdo orgânico, ou seja, está inserido numa teoria ampla e geral que dá conta dos fenômenos expostos. Não é um amontoado de fatos soltos e sem nexos.

O livro didático deve tratar o conteúdo de ciências a partir de uma problemática que leve o estudante a entender que aquele conhecimento é resultado do trabalho de uma ou mais gerações de pesquisadores, ou seja, que há uma história na produção daquele saber. É

mister enfatizar o aspecto abstrato do saber, isto é, que a ciência não é a descrição da realidade, mas uma construção intelectual humana que tenta entender o funcionamento da natureza, e que esse saber não é definitivo, mas está em constante mudança.

Assim, a escolha do livro didático é o primeiro passo para a ruptura com o empirismo. A ruptura como o senso comum é uma grande meta profissional do educador de ciências, porque exige muita atenção por parte de sua prática educativa. Somos tentados a descrever os fenômenos, enquanto deveríamos enfatizar a compreensão de suas leis.

Bachelard argumenta que esse fascínio pelo fenômeno aparente é comum e deve estar cercado dos maiores cuidados pelo professor. Ele afirma que, ao se realizar experiências nas aulas de ciências, deve-se esforçar para extrair o aspecto matemático do fenômeno, e não em destacar o seu lado pitoresco.

O professor deve realizar experimentos em sala de aula, mas esses experimentos não devem se reduzir a simples ilustrações, ou em momentos de descontração de uma aula cansativa. Eles necessitam estar inseridos numa problemática que está sendo tratada na aula, para que enriqueçam a compreensão dos fenômenos estudados e os estudantes possam entender os mecanismos implícitos no fenômeno demonstrado. Não é a realização da experiência que deve ser o centro das atenções, mas as relações e suas implicações matemáticas que devem ser extraídas desta experiência.

Porquanto, as experiências não devem ser o centro do ensino de um conteúdo de ciências. Ele explica que, normalmente, os estudantes fixam com grande facilidade o aspecto espetacular da experiência, sem perceberem que o que é essencial em uma experiência é ilustrar um processo matemático que ocorre no fenômeno estudado. Ele ilustra bem esse caso no ensino de Química:

Para ilustrar a teoria dos radicais [íons] em química mineral, o professor obteve iodeto de amônio, passando várias vezes amoníaco sobre um filtro coberto com palhetas de iodo. O papel filtro; secado com cuidado, explode a partir daí ao mínimo contato, enquanto os alunos arregalam os olhos. Um professor de química perspicaz poderá então perceber qual o tipo de interesse dos alunos pela *explosão*, sobretudo quando a matéria explosiva é obtida com tanta facilidade. Parece que toda explosão

desperta no adolescente a vaga intenção de prejudicar, de assustar, de destruir. Interoguei muitas pessoas sobre suas recordações escolares. Pelos menos a metade lembrava-se da explosão em aula de química. Quase sempre as causas objetivas estavam esquecidas, mas todos se lembravam da 'cara' do professor, do susto de um colega tímido; o narrador nunca falava do próprio medo. O tom jovial com que eram evocadas essas lembranças mostrava a vontade de poder reprimidas, as tendências anárquicas e satânicas, a necessidade de dominar as causas para oprimir as pessoas. Quanto à fórmula do iodeto de amônio e à tão importante teoria dos radicais ilustrada por esse explosivo, não fazem elas partes da bagagem do homem culto – nem mesmo levado em conta o interesse tão especial provocado pela explosão. (BACHELARD, 2001, p. 49).

No caso mencionado acima, o estudante sempre lembra do aspecto pitoresco da experiência realizada, mas não lembra das leis matemáticas que regem o fenômeno estudado. Então, “o educador deve procurar, portanto, destacar sempre o observador de seu objeto, defender o aluno da massa de afetividade que se concentra em certos fenômenos rapidamente simbolizados e, de certa forma, *muito interessantes*” (BACHELARD, 2001, p.67-68). Portanto, o papel do professor é de não permitir a atração do aluno pelo aspecto fantasioso da experiência, mas procurar destacar os aspectos matemáticos envolvidos na experiência realizada.

Um professor de Química experiente deve destacar o lado essencial do fenômeno científico, para que os estudantes entendam o que foi exposto na aula. Não adianta realizar uma experiência apenas com o intuito de demonstrar o lado pitoresco da ciência, com a intenção de distrair os estudantes em uma aula maçante. Isto é inútil e prejudicial.

A ciência contemporânea não é construída através de experiências realizadas anarquicamente, mas construída a partir de um conjunto de teorias que orientam os caminhos da investigação. Neste sentido, uma experiência que não dê destaque ao aspecto matemático do fenômeno foi inócua e causa sérios prejuízos para a mente do aluno, porque este entenderá que o fundamental no conhecimento científico atual é a experiência, enquanto que, na realidade, é a interação teoria-prática.

Por isso o professor deve passar “continuamente da mesa de experiências para a lousa, a fim de extrair o mais depressa possível o abstrato do concreto. Quando voltar à experiência, estará mais preparado para distinguir os aspectos orgânicos do fenômeno”

(BACHELARD, 2001, p. 50). Atuando dessa maneira, o professor conseguirá sair da armadilha que a realização de experiências pode gerar numa aula de qualquer ciência, porque a função da experiência é ilustrar um princípio teórico e não demonstrar o aspecto evidente do fenômeno, que não é a preocupação central da ciência atual.

Esta forma de entender a realidade científica deve ser enfocada no ensino de ciências, principalmente quando o professor estiver realizando uma experiência para que ele não termine negando os princípios epistemológicos da ciência contemporânea que está lecionando.

Assim, o que fica certo é que o conhecimento científico é resultado de uma construção abstrata. Segundo Bachelard, esse conhecimento não reflete a natureza em si, mas é fruto da elaboração do homem. Portanto, o conhecimento científico não é a descrição da realidade, porque o real científico deixa de ser o real captado, para ser “um conjunto de fenômenos produzidos por uma experiência e pensados segundo uma estrutura matemática” (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 29). Enfim, o espírito científico contemporâneo flui do abstrato para o concreto. Tal é a lei da ciência atual.

A produção científica busca compreender melhor o mundo, no entanto não é possível uma compreensão total da realidade que nos cerca. Desta forma, o conhecimento humano é sempre mutável e não deve ser entendido com uma verdade final.

Devido ao caráter abstrato do saber, todo o arcabouço teórico que há sobre a natureza não é a sua descrição exata, mas a aproximação cada vez maior dela. A produção do conhecimento científico se dá a partir de formulações teóricas sobre a realidade que são testadas experimentalmente. Este tipo de Filosofia das ciências exige uma ruptura entre o conhecimento científico e o conhecimento do senso comum. A ciência atual é aquela que constrói um saber assentado em explicações a partir de formulações teóricas que não são a descrição da realidade, mas é a explicação dos fenômenos a partir das leis matemáticas essenciais. Muitas vezes a explicação científica para um dado fenômeno não corresponde em



nada a realidade em si, pois a formulação abstrata da realidade não corresponde a natureza em si, como, por exemplo, o conceito de átomo. Não se pode dizer que o átomo existe de fato, mas é uma construção racional usada para explicar o mundo da microfísica e que tem eficácia.

Essa percepção de ciência é relevante para o professor de ciências, ao tratar os conteúdos em sala de aula. Ele deve enfatizar que o saber é transitório e que é fruto da construção humana e não uma simples descrição da realidade. É conveniente explicar que os conceitos que a ciência utiliza são ferramentas para explicar o real. Esses conceitos são elaborações teóricas que os cientistas constroem e os aplica no estudo da natureza. Essa imagem de ciência deve ser explicitada aos estudantes para que eles compreendam como se dá a elaboração da ciência. Essa atitude de abordar a produção do saber deve ficar muito clara para os estudantes, se o professor de ciências estiver comprometido em dar uma alfabetização científica de qualidade aos seus alunos.

Bachelard afirma que a ciência contemporânea constrói uma nova realidade a partir da elaboração de teorias que são testadas no mundo real. As teorias que explicam os fenômenos não se constituem na reconstrução da realidade em si.

Para exemplificar o raciocínio de Bachelard sobre a construção abstrata da ciência ele cita o átomo.

Dizer que o átomo de carbono é uma pequena pirâmide, é fornecer uma ilustração em vez de uma realidade, é um excesso de filosofia realista. Quanto ao mais, esta falta de matriz é bem típica deste *ensino pelos únicos resultados*, ensino que nos priva da consciência dos problemas e do desenvolver histórico das suas difíceis soluções. Como nem ensino aberto – isto é, num verdadeiro ensino -, separar um *resultado* científico dos métodos que o originam dos problemas que dele partem? O coisismo quebra, em benefício de um empirismo incondicionado, o racionalismo ativo em toda a investigação que ultrapassa a simples descrição dos dados sensíveis. (BACHELARD, 1990, p. 141-142).

E, por fim, demonstra como o conceito de átomo está ligado à construção racional da ciência:

Deve saber-se qual é a *forma* de um átomo, ou antes, saber como é que este átomo se insere numa pluralidade de *sínteses* cada vez mais complicadas, como, por exemplo, numa segunda aproximação, a síntese suscita a forma, como a síntese, progressivamente mais complicada, deforma ligeiramente a forma que explicava a síntese antecedente, de maneira que, finalmente, seja sempre a construção que explica a estrutura? (BACHELARD, 1990, p. 142).

Essa concepção de que a ciência não descreve fielmente o mundo real precisa ser evidenciada para os estudantes em classe. O mestre pode elaborar atividades que destaquem essa faceta da realidade científica. Um bom exemplo, para demonstrar que as teorias não correspondem à realidade, é a superação de uma teoria por outra ao se explicar determinado fenômeno físico. O advento da Teoria da Relatividade de Einstein demonstra que a teoria newtoniana não conseguia explicar todos os enigmas do universo, mesmo sendo uma teoria com ampla gama de explicações. O professor necessita mostrar para o estudante que pode, inclusive, haver mais de uma teoria para explicar um mesmo fenômeno.

O ensino de ciências, atento a essas características do mundo científico, deve dar destaque à mutabilidade do saber humano. A marca maior do saber acadêmico é a sua transitoriedade e ela precisa ser ensinada em sala de aula. Concernente a isso, Elyana Barbosa enfatiza que

Não existem verdades imutáveis; é preciso contrariar as verdades permanentes, pois 'o erro aguarda o seu momento, pois a *segurança* nunca tinha sido atacada'. Apesar de defender a idéia de evolução, de progresso por descontinuidades, por retificações, Bachelard não abandona a idéia de revolução por acumulação, ao se referir ao estado abstrato a que deve chegar o *espírito* científico. (BARBOSA, 1996, p. 170).

O conhecimento atual se revela na sua constante mutabilidade. Hoje qualquer saber “se constitui por uma série de retificações” (BARBOSA, 1996, p. 41). Não há a produção de saber puro e definitivo. Tudo é transitório, porque o homem está em constante busca para compreender cada vez melhor o mundo em que vive e essa busca muda tudo o que sabemos a cada instante.

Essa transitoriedade do saber científico deve ser trabalhada com os estudantes de ciências. Eles devem entender que tudo o que sabemos hoje é resultado da pesquisa de homens que nos precederam e o que sabemos hoje será modificado amanhã. Dar um conhecimento como definitivo e certo é desconhecer a constituição da realidade científica.

A ciência ensinada deve destacar o aspecto transitório do saber e fazer o estudante perceber que esse conhecimento está em constante estado de mobilização. Não há a descoberta

definitiva, mas uma construção constante e que poderá ser modificada logo depois por novas descobertas.

Assim, o mais importante não é o conteúdo em si, mas a concepção que se tem deste conteúdo. Essa forma de abordar o conteúdo de ciências é importante porque o conhecimento científico é caracteristicamente mutável e não se constitui numa verdade definitiva e, portanto, não deve ser ensinado como uma verdade final.

Um estudante que entenda que o saber que ele está apreendendo é transitório, vai saber se comportar diante de novas descobertas no futuro e saberá se posicionar criticamente sobre elas. É muito comum a imprensa valorizar certas descobertas como se ocorressem fora de uma realidade científica e de uma problemática que a orientasse. Uma pessoa, com boa formação científica, compreenderá que essa descoberta não se constitui numa verdade final e que essa descoberta, que é vangloriada, poderá ser questionada e superada em algum momento. Ou seja, não retém aquela informação como uma verdade absoluta.

É a postura diante do saber produzido que é importante. “Para Bachelard, as *certezas* se constituem em *obstáculos epistemológicos*, pois elas impedem o progresso do conhecimento” (BARBOSA, 1996, p. 113). Certezas não impulsionam o saber, mas cristalizam-no. Torna-se vantajoso sempre duvidar do que sabemos para buscarmos mais, e isso deve ser ensinado, para estimularmos os estudantes a estarem sempre atentos ao que está ocorrendo no mundo científico e acharem que a verdade sobre determinada questão científica já foi solucionada porque o conhecimento anterior funciona como um obstáculo ao ato de conhecer: “Diante do real, aquilo que cremos saber com certeza ofusca o que devemos saber” (BACHELARD, 2001, p. 18).

Esse costume de achar que há uma verdade e que ela deve ser buscada, deve ser exorcizado do ensino. No mundo da ciência não há uma verdade final, mas um constante aprimoramento do conhecimento existente.

Como há não um saber definitivo e a ciência está em constante aperfeiçoamento, é

indispensável que o saber passe por um constante processo de retificação. Esse conceito de retificação do saber é uma prioridade na sua concepção de ciência e é importante que seja ensinada. A metodologia empregada no ensino de ciências deve focar o aspecto transitório do saber e sua constante renovação. O conteúdo ensinado é ministrado com uma técnica que permita ao estudante compreender que aquele saber não foi fruto de um ato isolado de um cientista e também não é a verdade definitiva.

Na concepção bachelardiana de ciência não há uma verdade definitiva, como acreditavam os primeiros racionalistas. Logo, a verdade é uma construção constante do saber e que está sempre sujeita a uma modificação. Na sua concepção, o que há é uma aproximação com o real e não a descrição do real em si.

Uma ciência marcada pelo constante aperfeiçoamento é também sujeita a uma série de erros em sua constituição. Desta forma, o erro na ciência deve ser tratado como um mecanismo que impulsiona o saber, porque ele revela que há algo na teoria que não consegue explicar o resultado obtido na experiência. Isto fica claro quando uma previsão científica não é confirmada pela experiência, significando que a idéia que fazíamos sobre aquele fenômeno não corresponde à realidade. Essa defasagem entre teoria e experiência exige novas pesquisas e uma nova construção do saber existente. Por isso é que o erro favorece o avanço do saber. Não há nenhuma vantagem em confirmar um saber existente, mas há em negá-lo e procurar as razões dessa negatividade.

Essa concepção de construção do saber científico deve ser trabalhada em sala de aula. A maneira que o professor trata os conteúdos ensinados é que vai dizer se o conhecimento científico é mutável ou definitivo. Não é conveniente ao professor abordar os assuntos como verdades, mas como um saber momentâneo, resultado da produção científica atual. Para reforçar a idéia da mutabilidade do saber, o professor pode utilizar a História das ciências para demonstrar como o conhecimento foi-se desenvolvendo através da História, com seus avanços e recuos.

Essa faceta da ciência de que não existe uma verdade definitiva para o conhecimento necessita estar ligado à idéia de retificação do saber. Como não é possível a aquisição de uma verdade definitiva, pressupõe-se que o conhecimento existente não se constitui uma verdade; então, o conhecimento existente é passível de ser modificado, de ser melhorado, é um conhecimento histórico. Esse aprimoramento se dá contra um saber preexistente. O processo de reformulação das ciências ocorre através da retificação do saber anterior. A retificação é o mecanismo pelo qual um conhecimento é aprimorado através de novas pesquisas. Bachelard elucida que

A aplicação está sujeita a sucessivas aproximações, pode-se afirmar que o conceito científico correspondente a um fenômeno particular é o *agrupamento* das aproximações sucessivas bem ordenadas. A conceitualização científica precisa de uma série de conceitos em via de aperfeiçoamento para chegar à dinâmica que pretendemos, para formar um eixo de pensamento inventivos. (BACHELARD, 2001, p. 76).

Nesse sentido, o erro no processo de produção do conhecimento científico funciona como um mecanismo inerente ao próprio processo de construção da ciência. Bachelard salienta que o erro faz parte do conhecimento, porque não há obtenção de uma verdade definitiva. Nesta perspectiva, o erro não é algo negativo, mas positivo, porque exige a busca de novos conhecimentos para suprir a lacuna existente na explicação de um determinado fenômeno.

Mas se o estudante perguntar que garantias se tem do conhecimento trabalhado em sala de aula, é mister demonstrar que esse conhecimento é validado por uma comunidade de cientistas que define o que é e o que não é ciência. Como não existe uma verdade definitiva, é importante que exista um grupo de pessoas que legitimem o saber produzido. A comunidade científica ou "*cidade científica*" é um conceito importante porque, é ele "que vai tornar possível à objetivação da realidade; trata-se, então, de compreender como se conquista a objetividade" (BARBOSA, 1996, p. 82).

Assim, é proveitoso que o professor reforce a idéia, junto aos estudantes, de que não há uma verdade definitiva, sendo preciso um conjunto de pessoas ou cientistas que

validem o conhecimento produzido. Esse fato revela uma faceta importante da produção científica, que é a construção humana do saber. A ciência não é a cópia da natureza, mas uma construção do homem e que, portanto, tem necessidade de uma validação do saber construído. Por isso é importante que o professor destaque o papel dessa comunidade na regulamentação da ciência.

O aspecto mais revelador da construção humana da ciência é o papel da técnica na formulação de novos fenômenos da natureza. É graças ao avanço tecnológico que o homem teve acesso a outros fenômenos que não são alcançáveis pelos seus sentidos. Devido à limitação dos sentidos, o homem necessitou criar aparelhos para ampliar a sua capacidade “visual” e conseguiu “enxergar” fenômenos até então não percebidos. Um exemplo claro dessa realidade é o estudo do mundo subatômico, celular ou dos abismos universais. “São fenômenos criados por uma técnica, são *fenômeno-técnicos*” (BARBOSA, 1996, p. 64). Não é possível pensar a ciência atual sem os seus aparelhos que medem, quantificam, identificam, enxergam, enfim, que facilitam e tornam possíveis pesquisas que não se tornariam realidade se não fossem os aparelhos criados pelo homem.

Barbosa afirma que:

O fenômeno da ciência é produzido por uma técnica, ou seja, ele não é dado, não pertence, é, construído pelo trabalho do cientista, construído por aparelhos, o que demonstra que se está diante de uma realidade de laboratório. O objeto da ciência é criado por uma técnica, é uma fenomenotecnia. O conhecimento imediato, intuitivo, perde o seu sentido na ciência contemporânea. (BARBOSA, 1996, p. 99).

Diante do avanço tecnológico recente, é importante que o educador demonstre, para o estudante, que muitos fenômenos existentes para o homem não existiriam caso não tivesse ocorrido o crescimento da tecnologia que permitisse descortinar realidades antes inimagináveis. Então, é preciso que o professor reforce essa faceta da ciência, para que os alunos compreendam que os fenômenos estudados pela ciência não são acessíveis à percepção humana. Que são preciso aparelhos que ampliem os limitados sentidos humanos e possibilitem a compreensão de uma realidade cada vez mais imperceptível.

Essa idéia de construção de aparelhos para a compreensão da natureza no processo científico pode ser revelada pela História das ciências. A História das ciências é rica em fatos que explicam como os cientistas foram elaborando as suas teorias e como construíram aparelhos para auxiliarem na comprovação de suas teses, já que:

Os acontecimentos da ciência encadeiam-se numa verdade incessantemente aumentada. É evidente que, por vezes, no progresso da ciência, as verdades aparecem parciais, incompletas, mas porque são absorvidas por verdades maiores, mais claras, mais gerais. A ciência *crece*: (...) O tempo da ciência está submetido à dinâmica de um essencial crescimento. (...) Os momentos da história geral não atingem normalmente a objetividade *inegável* dos momentos da história das ciências. (BACHELARD, 1990, p. 105-106).

Desta forma, a História das ciências permite compreender em que contexto aquele conhecimento foi produzido e quais foram os problemas que os cientistas tentavam resolver e as dificuldades enfrentadas. O enfoque oriundo da História das ciências permite ao estudante compreender que a ciência produzida não é fruto de seres privilegiados e revelam as limitações e avanços alcançados pelo novo saber.

O papel da História das ciências no ensino de ciências, na perspectiva bachelardiana, pode ser bastante fecundo se partimos dos pressupostos que a História das ciências tem para ele. Bachelard argumenta que

A história do conhecimento é sempre a história do progresso do conhecimento, sempre uma descrição do mais simples ao mais complexo, sempre um conhecimento (...). Seu progresso não se dá por acumulação, mas por descontinuidades. A História das ciências está ligada à cultura científica. É esta cultura que vai fornecer os dados ao historiador para que este possa compreender a multiplicidade das dificuldades que entravam o progresso da ciência, entretanto esta história não pode ser empírica; ela não se descreve pelos fatos, pois é essencialmente 'a história de progresso das ligações racionais do saber'. (BARBOSA, 1996, p. 116).

Esta concepção de História das ciências permite a criação de um instrumental metodológico muito rico no ensino de ciências. O professor pode recorrer a fatos da História das ciências para exemplificar historicamente como se dá à ruptura entre o conhecimento do senso comum e o conhecimento científico, ao demonstrar como cientistas como Galileu e Newton criaram as suas teorias. Teorias essas que rompiam com as concepções vigentes sobre o conhecimento comum. Ficaria mais fácil demonstrar a um estudante como o conhecimento criado por esses cientistas não corresponde à realidade vivida, sendo então, uma construção

racional.

A História das ciências tem recursos para fornecer exemplos de casos de descobertas científicas e o contexto histórico em que eles foram formulados e podem ser bastante úteis para o ensino de ciências, ao facilitar a vida do educador, ao permitir que esse recorra a casos que possam comprovar as teses da concepção de ensino em Bachelard.

Segundo ele, o conhecimento científico avança por rupturas e não por acumulação. Isto se dá porque a formulação de novas teorias científicas acontece quando novas problemáticas são criadas e não como a negação dos pressupostos das teorias anteriores. Um exemplo bastante elucidativo desta realidade são as teorias de Newton e Einstein. A Teoria da Relatividade não se constitui numa continuação da teoria newtoniana, mas a sua problemática leva a uma ruptura com os conceitos de espaço e tempo, desta teoria. Ou seja, essas teorias partem de problemáticas diferentes e que, portanto, não é continuação uma da outra.

Para que essa metodologia tenha resultado, é adequado que o contexto em que os problemas foram formulados sejam compreendidos pelos estudantes. É importante que se discuta em que circunstância foi construída uma dada teoria científica e os problemas e desafios enfrentados pelo cientista na sua investigação.

Bachelard defende que o foco do ensino de ciências deve estar voltado para o aspecto matemático da ciência ensinada, no caso da Física e da Química. Para ele, o importante é focar o aspecto histórico do saber ensinado, isto é, a história de como aquele conhecimento foi produzido até aquele momento, para evitar que os estudantes achem que aquele conhecimento foi produzido por acaso ou que sempre existiu.

Essa maneira de tratar a produção do conhecimento permite que o estudante entenda que o saber produzido não é definitivo e verdadeiro, mas trata-se de uma formulação teórica sobre a realidade construída por um pesquisador que não possui os elementos para chegar a uma conclusão definitiva sobre o tema em investigação. Ficando evidente, assim, para o aluno, que o saber científico é bastante transitório.



Uma maneira de exemplificar a transitoriedade do conhecimento científico seria recorrer a fatos da História das ciências que comprovem que erros foram tomados como verdades como foi o caso da Teoria Geocêntrica. Esse recurso permite que o professor não discuta a problemática da mutabilidade da ciência de forma teórica, mas consiga mostrar através de exemplo da História das ciências essa visão da produção do saber científico. Essa estratégia é interessante porque permite desenvolver no estudante a idéia de que os cientistas não são seres especiais da criação, mas humanos, seres comuns que estão sujeitos a falhas e erros. Dessa forma, a História das ciências permite a destruição do mito de que o cientista possuiria uma capacidade intelectual superior às demais pessoas e que suas descobertas não se dão por acaso, mas são frutos de intenso trabalho de pesquisa e amplo esforço de compreensão teórica das concepções de ciência que existem no mundo, naquele momento.

A introdução da História das ciências no ensino de ciências é uma proposta defendida por vários estudiosos desta problemática. Matthews, por exemplo, acredita que os professores ao utilizarem a História das ciências.

Podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de Ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1994, p. 165).

As teses de Matthews encontram ressonância nas idéias de Bachelard, por promoverem um ensino voltado para a reflexão e não a simples exposição de conteúdos. Por isso ele defende uma prática educativa que valorize a criatividade do estudante ao propor um ensino que realce as descobertas e não a simples exposição de conteúdos.

Uma pedagogia que valorize a descoberta é fundamental para rompermos com a crise instalada nos cursos de ciências. Por isso Bachelard defende que se “descobrir é a única maneira ativa de *conhecer*. Correlatamente, fazer com que se descubra é o único método de

ensinar” (BACHELARD, 1977a, p. 49). Daí a necessidade de se desligar da metodologia tradicional de exposição de conteúdos, para que os estudantes desenvolvam a capacidade de descobrirem o conhecimento que buscam e familiarizem-se com os problemas formulados pelos cientistas que criaram o saber em foco.

Quando a História das ciências é introduzida, permite que se quebre com o elo da concepção de ciência positivista, de que há uma verdade a ser alcançada. Essa ruptura ocorre quando o professor insere “os pensamentos de cientistas famosos, através de fragmentos das publicações originais, aproxima-os [alunos] dos fundadores das ciências” (SILVA, 2002, p. 118), levando-os ao contexto histórico em que aquele saber foi produzido e estimulando-os a compreenderem em que circunstâncias aquele conhecimento foi criado.

A História das ciências destaca o aspecto social da produção científica. Quando se demonstra o processo de construção de um dado conceito científico, as pessoas envolvidas, o tempo gasto e os debates criados, permite-se perceber que a criação do conhecimento científico não é obra de um abnegado cientista, mas são realizações de uma comunidade de estudiosos que se debruçaram sobre uma determinada problemática e foram aos poucos colocando um “tijolo” no arcabouço teórico que formularam.

Esta forma de tratar a produção da ciência possibilita compreender a sua complexidade. Complexidade esta, do saber atual, que se revela na necessidade de superar a aparência do fenômeno e buscar compreendê-lo em sua “essência”. A aparência não revela as leis que regem o fenômeno em estudo. Só é possível entender uma dada realidade a partir das descobertas das leis que regem o fenômeno. A ciência trabalha com o fenômeno em sua forma matemática, ou seja, em sua forma abstrata, através de um conceito. Para o cientista, não interessa o fato bruto, mas somente depurado pelas leis matemáticas que o regem, porque, “na realidade, não há fenômenos simples; o fenômeno é um tecido de relações. Não há *natureza* simples, nem substância simples; a substância é uma contextura de atributos” (BACHELARD, 1968, p. 130).

Essa concepção de ciência é conveniente que seja levantada junto aos estudantes, para que eles entendem que não conseguirão apreender determinado fenômeno apenas estudando-o em sua superficialidade. É benéfico superar as aparências, para que se possa abarcar as leis matemáticas que regulam determinado fato natural. Esta postura de criticidade diante do natural é fundamental para que aluno adquira uma qualidade essencial do pesquisador: de não se encantar com o aparente, porque, para o cientista, o aparente é enganador e não ensina nada. “As experiências muito marcantes, cheias de imagens, são falsos centros de interesse” (BACHELARD, 2001, p. 50).

Essa maneira de compreender a realidade científica necessita ser trabalhada junto aos estudantes, para que eles compreendam como os fenômenos são produzidos e entenderem que não é possível compreendê-los de forma isolada e estanque. O ato de ensinar exige um esforço muito grande do professor, para que ele seja capaz de dar ao aprendiz os elementos característicos do saber contemporâneo e não enveredar pelo tradicional modo de entender a realidade, já que a partir do racionalismo dialético não é possível apreender os fenômenos isolando-os, como se houvessem fenômenos estanques na natureza.

Segundo Gaston Bachelard,

O pensamento científico contemporâneo procura ler o complexo real sob a aparência simples fornecida por fenômenos compensados; ela se esforça em encontrar o pluralismo sob a identidade, em imaginar ocasiões de romper a identidade além da experiência imediata demasiado cedo resumida num aspecto de conjunto. (BACHELARD, 1968, p. 124).

Assim, a preocupação fundamental do processo de construção da ciência atual não é a valorização do simples, mas conseguir apreender o real em toda a sua complexidade. Ainda que o real não se revele na aparência dos fenômenos primeiros, mas a partir de uma investigação criteriosa que desnude as suas “entranhas”, para se conhecer os fenômenos que o regem. Portanto,

A ciência contemporânea é objetivamente difícil. Ela não pode mais ser *simples*. É preciso desconfiar das simplificações e freqüentemente dialetizar a *simplicidade*. O espaço de síntese está por toda parte, no pormenor e nos sistemas. Os conceitos científicos só têm sentido no seio de um interconceptualismo. (BACHELARD, 1977a, p. 244).

A complexidade da ciência contemporânea é expressa por Barbosa quando destaca que, além da superação das aparências, é fundamental perceber a dinâmica da natureza, ao afirmar que é

Impossível separar o fenômeno estático do fenômeno dinâmico, a relação entre o sujeito e o objeto estabelece um movimento de criação contínua, no qual todas as coisas, as já conhecidas ou o novo, interagem. (...). (BARBOSA, 1996, p. 107).

O complexo da ciência contemporânea precisa ser enfatizado pelo professor em sala de aula, porque se deve considerar

Que não há fenômenos simples e que o fenômeno é um tecido de relações, as regras cartesianas, que se aplicam bem a um espírito de ordem, de classificação, não servem à ciência contemporânea, permeada de complexidades. (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 39).

Um exemplo bem claro para ilustrar a complexidade da ciência contemporânea está no estudo da luz, ao entendê-la como um fenômeno que se apresenta de forma dual: onda-partícula. Essa complexidade deve ser realçada para não se criar uma visão de que a ciência é simples.

Não adianta ensinar com simplicidade e sem abstração se o conhecimento científico não é simples e nem concreto. O conhecimento atual não é resultado de pesquisas superficiais e simples, mas uma construção árdua e difícil e que exige muito esforço dos cientistas em sua elaboração. Ensinar ciências como se fosse algo banal e superficial pode até agradar aos estudantes, mas certamente estar-se-á se fazendo um grande mal, pois a realidade científica é, por natureza, complexa.

Essa idéia de simplificação do ensino de Física, por exemplo, retirando-se a parte matemática de seu conteúdo é bastante controversa entre os professores de Física, porque a Física atual é uma ciência que utiliza fortemente a matemática. Toda a produção científica da Física contemporânea está alicerçada na Matemática. A base matemática na Física é tão grande que muitas teorias são elaboradas e avaliadas em sua viabilidade a partir de seus resultados matemáticos, mesmo que não sejam testadas na realidade.

Promover um ensino de ciências retirando-se a parte matemática do curso, é

mutilá-lo. É melhor não realizar o ensino de ciências nessa perspectiva, pois o estudante não estará se preparando para compreender a ciência, porque “para acompanhar a ciência contemporânea, para ser sensível a essa dinâmica da beleza construída é, pois, necessário amar a dificuldade. É a dificuldade que nos dá a consciência de nosso eu cultural” (BACHELARD, 1977a, p. 244).

Por isso Bachelard defende que o ensino de ciências não deve privilegiar a adoção de práticas pedagógicas que realcem a simplicidade ou simplificação da ciência, porque o real científico é por natureza complexo. Não adianta simplificar o ensino de ciências porque a ciência atual não é simples e o seu ensino exige uma relação epistemológica entre o *como* é ensinada a ciência e aquilo que ela é na realidade.

Daí a necessidade de se desenvolver um ensino de ciências que busque estudar a ciência em toda a sua gama de complexidade, para que o estudante tenha a real dimensão do que é o saber científico contemporâneo. Bachelard afirma que “quanto mais difíceis se tornarem os problemas, tanto mais a cultura racional se aprofundará, e tanto mais visível – e mais útil – será esse desdobramento” (BACHELARD, 1977a, p. 35). Ou seja, a complexidade do saber tornará a problemática do ensinar muito mais difícil; no entanto, estaremos facultando ao estudante a oportunidade de desenvolver a compreensão do mundo científico e fazendo-o perceber o quanto a realidade que o cerca é complexa.

Esta maneira de entender a realidade realça o aspecto orgânico da ciência. Não é possível pensar o mundo separado em seus componentes e nem entender o processo de construção da ciência como algo simples e efêmero. É imprescindível perceber que há uma organicidade em todo esse processo. O mundo, só é possível estudá-lo em suas interações, porque não há fenômeno isolado. Essa mesma compreensão da realidade é indispensável à produção científica que se dá numa interação contínua entre teoria-prática e numa inter-relação entre os próprios cientistas e entre estes e o objeto estudado. Ou seja, não é possível pensar uma realidade estanque.

Essa interação entre o pesquisador e o objeto da pesquisa é outra faceta da ciência atual. O conhecimento científico é uma construção humana e como tal não é possível pensá-lo sem a interferência da subjetividade humana. O homem, quando procura explicar determinado fenômeno, cria teorias que são postas em prática num dado contexto teórico e não de forma arbitrária. A interação entre o objeto e o sujeito é permanente, porque não é possível pensar uma dissociação entre a realidade estudada e o homem. Na perspectiva bachelardiana, essa dicotomia não existe devido ao caráter de produto humano da ciência. A ciência não é uma entidade que existe de forma independente do homem, mas uma construção humana e como tal reflete os seus limites.

Daí a obrigação do professor demonstrar que aquele conhecimento que está sendo discutido é fruto da mente humana e que a realidade estudada não está imune ao pensamento do homem. É indispensável destacar que no processo de construção do saber científico a subjetividade humana está presente. Em consequência disso, aparecem os erros e os equívocos comuns no conhecimento científico. Essa característica da ciência deve ser trabalhada junto aos estudantes, não como um aspecto negativo da ciência, mas como um elemento constitutivo de sua natureza.

Essa maneira de tratar a ciência em sala permite ao professor construir uma imagem de ciência que corresponde à realidade da produção científica contemporânea. Somente se alcançará o objetivo de realizar um eficiente ensino de ciências se se tiver como meta abordar a ciência em sua forma de ser, para que os estudantes tenham uma real compreensão do que é ciência e como ela é produzida, com todas as suas limitações e possibilidades.

De nada adianta ao professor construir um ensino de ciências fácil e simples, porque não estará colaborando com o processo de formação de cidadãos que atuaram e poderão se posicionar com criticidade diante do avanço espetacular da tecnologia, oriunda do avanço científico.

### CAPÍTULO III

#### ENSINO ENQUANTO FORMAÇÃO

**“O ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização” (BACHELARD, 2001, p. 17)**

O que é aprender? Como se dá esse processo? Essas questões são bastante difíceis de serem respondidas, isto é, se houver uma resposta para elas. Na realidade, existem inúmeras teorias de ensino-aprendizagem que procuram explicar o que é e o como da aprendizagem. Neste sentido, as respostas a estas perguntas variam de corrente para corrente.

As teorias de aprendizagem se agrupam em três correntes principais: comportamentalista, cognitivista e humanista. Para os comportamentalistas, a aprendizagem se constitui na modificação dos comportamentos visados pelo processo educacional, ou seja, se houve mudança de comportamento, então ocorreu aprendizagem. Para a corrente cognitivista, a aprendizagem está relacionada com os processos mentais de como se dão as decisões, o armazenamento, a transformação das informações cognitivas, isto é, se preocupa em determinar como se dá o mecanismo de aprendizagem na mente da pessoa. Os humanistas por

sua vez, entendem que a aprendizagem envolve não só avanço intelectual, mas também o aspecto emocional, por conceberem que a pessoa é um todo e não apenas a sua cognição.

Com Bachelard não se pretende enquadrá-lo em nenhuma das correntes mencionadas acima, mas enfatizar que o processo de ensino-aprendizagem, em sua perspectiva, envolve a idéia de *formação* do sujeito. Esta proposta destaca que o aspecto essencial do processo educacional é a sua transformação. Segundo ele, educar é promover meios que facultem a oportunidade de superação da constituição interna do ser numa outra forma de compreender e entender o mundo. Isto porque

O sujeito só se manifesta através de um trabalho, de um trabalho complexo que constitui, de um lado, a retificação do saber apreendido anteriormente, a polémica das idéias que antes pareciam sólidas, e, de outro lado, um trabalho no intuito de afastar as intuições primeiras do sujeito que de imediato se opõem no ato de pensar e que constituem obstáculos epistemológicos. (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 52-53).

Educar não é, então, descarregar uma massa de conteúdos sem nexos, mas promover caminhos que facultem, ao educando, a oportunidade de superar as suas limitações e os seus obstáculos na aquisição de um conhecimento cada vez mais avançado. Porquanto, o acúmulo de conteúdo não é garantia de aprendizagem, porque o estudante que domina uma grande quantidade de assuntos, de uma determinada ciência, pode não estar pensando de acordo com aquela área do saber e esse saber pode não ter promovido uma mudança na maneira de perceber o mundo.

Esta é a forma de entender o processo de ensino-aprendizagem, onde o foco principal é o desenvolvimento das capacidades dos estudantes, facultando-lhes os meios necessários ao entendimento da ciência atual e o seu mecanismo de criação, pois

No trabalho científico, todo valor dado é valor transformado. Para participar realmente no trabalho científico, deve-se aceder à atividade da diferenciação. Mas na tomada de cultura científica em si, todo conhecimento é endireitamento. (BACHELARD, 1977a, p. 32-33).

Assim, o cerne da educação deste pensador se constitui na compreensão dos limites que se interpõem ao processo de aquisição do saber. Daí a necessidade de se compreender em que nível de compreensão da realidade se encontra o educando. Tendo em



vista que

É o homem inteiro, com sua pesada carga de ancestralidade e de inconsciência, com toda a sua juventude confusa e contingente, que teria de ser levado em conta se quiséssemos medir os obstáculos que se opõem ao conhecimento objetivo, ao conhecimento tranqüilo. (BACHELARD, 2001, p. 258).

Por isso, a formação escolar de uma pessoa se dá através da superação dos obstáculos ao conhecimento. Esses obstáculos se constituem em retardos e perturbações, que estão no interior da mente da pessoa e terminam impedindo o avanço do saber. Portanto, para se conseguir efetivar um processo de ensino eficiente é imprescindível que o professor conheça os mecanismos internos de processamento do aprendizado. Nesse sentido, o conhecimento se dá quando há superação de obstáculos.

Esses obstáculos a que Bachelard refere-se estão na vida psíquica. Para ele, a razão “é constituída por todos os componentes da vida psíquica, e, para o espírito científico, é necessário conhecer os valores inconscientes que, às vezes, criam obstáculos ao desenvolvimento do conhecimento” (BARBOSA, 1996, p. 90). O conhecimento desses obstáculos vai permitir ao professor fazer um diagnóstico mais eficaz do processo de ensino-aprendizagem e aplicar melhor as estratégias para alcançar um bom resultado. Por isso, é necessária uma psicanálise do conhecimento, para “perceber os *obstáculos* que impedem o desenvolvimento do conhecimento científico, ajudando-o a tomar consciência dos seus *instintos* e trabalhar contra eles” (BARBOSA, 1996, p. 92).

Esses obstáculos fazem parte da mente de qualquer pessoa, não só do estudante, mas até das cabeças acostumadas a grandes vôos intelectuais, como a dos cientistas. Segundo Bachelard, “mesmo na mente lúcida, há zonas obscuras, cavernas onde ainda vivem sombras” (BACHELARD, 2001, p. 10).

Superar os obstáculos ao conhecimento é fundamental para que ocorra o aprendizado. Esse rompimento tem que começar em relação ao real imediato. Para o senso comum a realidade é aquilo que pode ser tocado, manejado, mas para apreender o conhecimento científico atual é necessária a ruptura com essa realidade imediata e adentrar

num mundo onde o real é uma construção e não se constitui num mundo dado.

Partindo desse pressuposto, “a ciência não se preocupa em descrever o mundo, mas em construí-lo” (BARBOSA, 1996, p. 74). O conhecimento não seria uma cópia fiel do mundo externo, mas uma construção racional da mente humana, isto é, conhecer não é o mesmo que perceber o que é a realidade, mas uma aproximação.

Essa maneira de tratar a apropriação do conhecimento encontra respaldo em algumas teorias cognitivistas, como a que procura entender os processos mentais a partir de modelos construídos pelas pessoas. Segundo esses teóricos, entre eles Marco Moreira, “representações internas, ou *representações mentais*, são maneiras de ‘re-presentar’ internamente o mundo externo. As pessoas não captam o mundo exterior diretamente, elas constroem *representações mentais (quer dizer, internas) dele*” (MOREIRA, 1996, p. 1). Isto é, o ser humano não tem acesso direto e definitivo ao mundo, mas acessa-o de forma indireta, ao construir modelos mentais que procuram explicar esse mundo.

A partir desta interpretação, que trata o processo de aquisição de conhecimento sobre o mundo por meio de modelos mentais, o processo de ensino aprendizagem se constituiria num mecanismo de compreensão de modelos conceituais para explicar sistemas físicos, levando os estudantes a construírem modelos mentais sobre esses sistemas. Assim,

Os modelos conceituais são delineados, projetados, por pessoas que usam modelos mentais, para facilitar a compreensão de sistemas físicos por parte de outras pessoas que também utilizam modelos mentais. No ensino, o professor ensina modelos conceituais e espera que o aprendiz construa modelos mentais consistentes com esses modelos conceituais que, por sua vez, devem ser consistentes com os sistemas físicos modelados. Os modelos conceituais são, portanto, instrumentais, meios não fins. O objetivo do ensino é, através de modelos conceituais, levar o aprendiz a formar modelos mentais adequados (i.e., consistentes com os próprios modelos conceituais) de sistemas físicos. Quer dizer, a mente humana opera só com modelos mentais, mas modelos conceituais podem ajudar na construção de modelos mentais que explicam e predizem consistentemente com o conhecimento aceito em uma certa área. (MOREIRA, 1996, p. 8).

Baseado nesta perspectiva, o processo de ensino-aprendizagem exige que o estudante mude de conceito, ou, pelo menos, construa um modelo mental o mais adequado possível com o modelo conceitual existente.

Na perspectiva de Bachelard, para que o estudante consiga construir um modelo mental adequado do mundo é indispensável, ao adentrar uma aula de ciências, que rompa com os obstáculos pré-existentes que impedem a aquisição do conhecimento. A meta do professor não deve ser repetir indefinidamente a lição, mas em promover uma catarse psíquica no educando, para que ascenda a uma condição de aprendiz do conhecimento. Por isso a educação é um

Processo oscilatório de formação do sujeito e do objeto, um processo árduo e difícil que exige consciência e fundamentalmente trabalho, um trabalho penoso de negação do saber que acreditávamos sólido e verdadeiro e a negação do próprio sujeito, das ilusões e crenças que tínhamos arraigadas no nosso eu mais profundo. (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 57).

Sendo assim, o ensino não deve se limitar à passagem de informações, que é um atestado de ignorância dos mecanismos cognitivos dos estudantes, mas procurar desenvolver estratégias que levem a descobertas. Essa metodologia permitirá que o estudante compreenda o conhecimento que está sendo ministrado e evite combinar o “resultado com suas imagens mais conhecidas. É preciso ‘que ele compreenda’. Só se consegue guardar o que se compreende. O aluno compreende do seu jeito. Já que não lhe deram razões, ele junta ao resultado razões pessoais” (BACHELARD, 2001, p. 289); por isso, é recomendável que o conhecimento seja significativo, para que o aprendiz procure compreender os seus fundamentos.

Para realizar este intento, a existência de um perfil epistemológico se faz necessário, para se determinar o grau de maturidade da pessoa a partir de um dado conceito científico, permitindo ao professor precisar os meios necessários para promover um eficiente processo de ensino, a partir do nível do estudante. Segundo Bachelard, a compreensão de um dado conceito científico passa por cinco fases distintas: animismo, realismo, positivismo, racionalismo, racionalismo complexo e racionalismo dialético (BACHELARD, 1972, p. 25). Isto significa que uma pessoa pode entender determinado conceito no aspecto anímico, já outra pode entendê-lo no aspecto racional. Assim,

Uma só filosofia é pois insuficiente para dar conta de um conhecimento preciso. Se então se quiser fazer, a diferentes espíritos, exatamente a mesma pergunta a propósito de um mesmo conhecimento, ver-se-á aumentar singularmente o pluralismo filosófico da noção. Se ao interrogar-se sinceramente acerca de uma noção tão precisa como a noção de massa um filósofo descobre em si cinco filosofias, quantas se obterão se se interrogarem várias filósofos a propósitos de várias noções! Mas todo este caos pode ordenar-se se considerarmos que uma só filosofia não pode explicar tudo e se quisermos dar uma ordem às filosofias. Por outras palavras, cada filosofia fornece apenas uma banda do espectro nocional, e é necessário agrupar todas as filosofias para termos o espectro nocional completo de um conhecimento particular. (BACHELARD, 1972, p. 66).

Desta forma, a

Distribuição das várias filosofias presentes para cada conceito constitui o *perfil epistemológico*, específico para cada indivíduo, em um determinado momento histórico e traduz o estágio de amadurecimento que cada conceito tem para um indivíduo em particular, podendo ser utilizado, por exemplo, para um trabalho de levantamento das concepções prévias dos estudantes. (LÔBO, 2002, p. 154).

A identificação desse perfil facilita o trabalho do educador em sala de aula, ao fornecer o estágio em que se encontram os estudantes e definir uma estratégia mais eficaz na tentativa de efetuar uma ruptura com essas concepções. Assim, o papel primeiro do professor, no ensino de um novo conceito científico, será identificar o perfil conceitual dos estudantes, ou seja, a sua concepção prévia, sobre o conceito a ser estudado para facilitar o seu aprendizado.

Portanto,

O desconhecimento do professor do porquê o aluno não compreende determinados conceitos é um *obstáculo pedagógico* que precisa ser superado para se chegar a cultura científica. Essa superação dar-se-á a partir do conhecimento da cultura do aluno. (LÔBO, 2002, p. 154).

É a partir do conceito bachelardiano de perfil epistemológico que Mortimer constrói a idéia de perfil conceitual. Segundo ele, o perfil conceitual seria uma

Estratégia para a aprendizagem de conceitos científicos, em especial, de conceitos químicos. Esta noção permite que cada conceito seja mostrado como uma evolução, embora com rupturas, ao longo do processo histórico de sua construção, em direção a uma maior complexidade (racionalidade), em relação à estrutura cognitiva do aprendiz. (LÔBO, 2002, p. 154).

A partir da identificação do perfil conceitual do aluno é possível, ao professor, determinar as melhores estratégias para alcançar um melhor aprendizado de ciências.

No entanto, a idéia de uma mudança conceitual não é totalmente bem vista, porque pode ocorrer que os estudantes não modifiquem as suas concepções sobre os fenômenos

estudados. O que Mortimer propõe então é

A construção de novos conceitos ou sistemas conceituais explicativos, [que] requer uma crítica dos antigos, mas, não necessariamente, seu abandono, aceitando-se que os alunos precisam de muitos deles para lidar com o mundo em contextos diferentes das ciências. (SILVA, 2002, p. 120).

Assim, o correto, segundo Mortimer, seria o ensino dos conceitos científicos que seriam aplicados no universo científico, mas que não seriam utilizados pelos estudantes em seu cotidiano. Isso permitiria que os estudantes não abandonassem os conceitos científicos que são contra-intuitivos. Essas idéias de Mortimer podem ser um caminho na educação científica dos estudantes, por não exigir a mudança que os estudantes têm sobre a realidade que os cerca, segundo aqueles que não concordam com Bachelard.

Bachelard, no entanto, defende uma mudança na compreensão que as pessoas têm do mundo. Porque, na sua perspectiva de educação, só ocorre aprendizagem quando há superação dos obstáculos que a impedem, ou seja, não há meio termo na epistemologia bachelardiana para o processo de aquisição do saber: só se aprende quando se rompe com a realidade imediata e com as idéias cristalizadas que trazemos.

A utilização do conceito de perfil epistemológico é muito útil, porque o processo de ensino-aprendizagem deve favorecer oportunidades aos estudantes de romperem com as concepções que trazem para a escola. Essas concepções prévias não se constituem numa qualidade para o processo educacional, mas são, em realidade, obstáculos que precisam ser aliçados para que se alcance o conhecimento científico. O professor necessita travar uma luta constante contra as primeiras experiências do estudante, para que consiga promover um eficiente ensino de ciências.

O conhecimento prévio dos estudantes é resultado do contato com a experiência imediata, por meio dos sentidos. Como a compreensão da realidade não é possível através dos sentidos, dada a sua limitação em percebê-la, é mister construir meios que facultem o entendimento desta realidade. No estágio em que se encontra a ciência contemporânea, só é possível a formulação de novos conhecimentos a partir da elaboração de teorias que expliquem

o real e sejam testadas experimentalmente.

Neste aspecto, há uma interação entre teoria e experiência. Como a ciência atual não parte do real concreto, mas de construções teóricas que procuram explicar a realidade, visto que “a ciência do século XX se caracteriza exatamente por essa ruptura com o conhecimento imediato” (BARBOSA, 1996, p. 72). Por isso a ciência atual não parte do real imediato, mas de problematizações criadas sobre a realidade buscando compreender as leis que regem os fenômenos, porque “a preocupação do cientista não é mais observar e tentar reproduzir o real. Ele trabalha no sentido de construir um modelo matemático que ordene o real” (BARBOSA, 1996, p. 74), pois a essência da ciência é a construção de modelos que expliquem o real.

Para alcançar essa abstração da ciência não é suficiente ensinar o novo saber, mas é importante que os professores levem os estudantes a romperem com o saber enraizado em suas mentes. Os educadores de ciências precisam libertar-se da velha idéia de que o ensino de ciências

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 levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já constituídos: não se trata, portanto, de *adquirir* uma cultura experimental, mas sim de *mudar* de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 2001, p. 23).

Desta forma, o fundamental no ensino de ciências não é necessariamente ensinar o alfabeto científico correto, mas estimular os estudantes a romperem com as antigas concepções que imperam na aquisição de novos conhecimentos.

A habilidade do professor deve voltar-se para outro aspecto do impacto social em sala de aula: o conhecimento trazido pelos alunos do ambiente em que vivem. É fundamental que o mestre auxilie o educando a perceber que o saber que ele traz não é um conhecimento acabado e correto, e sim um saber que deve ser superado.

A ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico parece-nos tão nítida que estes dois tipos de conhecimento não poderiam ter a mesma filosofia. O empirismo é a filosofia que convém ao conhecimento comum. O empirismo encontra aí as suas raízes, as suas provas, o seu desenvolvimento. Pelo contrário, o

conhecimento científico é solidário do racionalismo e, quer se queira quer não, o racionalismo está ligado à ciência, o racionalismo conhece uma atividade dialética que impõe uma extensão constante dos métodos. (BACHELARD, 1990, p. 260).

Percebe-se que a produção do conhecimento científico atual, produz uma ruptura com o conhecimento vulgar e o professor deve ensinar ciências, na perspectiva da ciência, destacando o modelo de formulação do saber e procurando desenvolver metodologias que levem os estudantes a desligarem-se dos conhecimentos que trouxeram para a sala de aula.

Nesse caso, há a necessidade de uma mudança psicológica, pois “as novas doutrinas nos ensinam a desaprender, nos solicitam, se podemos dizer, de desintuicionar uma intuição por outra, de romper com as análises primeiras para pensar o fenômeno ao termo de uma composição” (BACHELARD, 1968, p.81).

Somente com a ruptura com o imediato é que o estudante será capaz de apreender os complexos conceitos científicos que não refletem a realidade, mas são umas construções aproximadas do mundo. Eis a grande tarefa do educador: romper com o mundo em que o estudante vive.

Essa estratégia de relegar os saberes anteriores dos estudantes é importante, porque facilita o ensino-aprendizagem de novos conceitos. Um exemplo claro desse fato é quando se ministra o conceito do espectro eletromagnético e se menciona que a luz visível é apenas uma ínfima parte das emissões desse espectro. Ou seja, o que vemos não é tudo o que é irradiado pela natureza. O mesmo se dá quando se fala dos infra e ultra-sons, que são ouvidos por outros animais e que o ser humano não é capaz de perceber. Isso tudo demonstra que, para o estudante compreender essa nova realidade científica, tem de afastar-se da realidade imediata em que vive, já que o real imediato não é o cenário onde se dão os fenômenos científicos. E, normalmente, o real científico nega o real imediato. Daí o imperativo de se romper com essa face do mundo

Para Bachelard, não há uma continuação entre o senso comum e a ciência, mas uma ruptura. Como há ruptura, é fundamental que os estudantes superem o conhecimento que

possuem para entender o mundo da ciência, porque “a experiência não é mais o ponto de partida; a ruptura entre o conhecimento científico e o conhecimento do senso comum é a marca da ciência contemporânea” (BARBOSA, 1996, p.74-75).

Essa ruptura com o conhecimento imediato é a marca da ciência contemporânea e portanto deve ser efetivada em sala de aula para que os estudantes compreendam como se dá a criação do saber científico e entendam que o real imediato não é instrutivo, mas um obstáculo a um conhecimento científico porque “a realidade é o objeto do conhecimento, não o seu ponto de origem” (BARBOSA, 1996, p. 149).

Um obstáculo que Bachelard destaca e que dificulta a obtenção do saber é a idéia de generalização. A generalização impede que o sujeito tenha a noção exata do fenômeno em estudo, porque engloba as conclusões sobre uma realidade a outras, não percebendo que há peculiaridades do real que não podem ser estendidas a outros fatos. Uma das características do mundo científico é a complexidade dos fenômenos. Não é possível estudá-los a partir de leis gerais, sem que se perca a riqueza do particular, do momentâneo. A crença numa “natureza homogênea, harmônica, tutelar apagou todas as singularidades, todas as contradições, todas as hostilidades da experiência” (BACHELARD, 2001, p. 103).

Bachelard explica que, em todas as aulas de ensino elementar, é muito comum afirmar que todos os corpos caem; no entanto, é preciso enfatizar que nem todos os corpos caem, já que os corpos arremessados a grandes alturas terminam entrando em órbita e não voltam a terra. Desta forma, fica evidente que não é possível fazer generalizações precipitadas, pois elas podem impedir o avanço do conhecimento científico.

Assim, é importante que o professor esteja atento, para evitar que os estudantes estabeleçam relações ou comparações entre fenômenos que não se correspondem e terminem aprendendo ciências de uma forma equivocada. A generalização de um conhecimento através de uma lei só é possível depois de muita pesquisa e comprovação, através de exaustivas experiências, e isto precisa ficar muito evidente para os alunos.



Bachelard aponta outro obstáculo que dificulta o avanço do conhecimento. Este é o substancialismo que, segundo ele, “é um obstáculo para a cultura científica na medida em que impede, de certa maneira, o surgimento de matéria nova, ou seja, a produção de matérias” (BARBOSA, 1996, p. 103). Esta tese bachelardiana é importante porque esclarece as dificuldades que os estudantes têm em romper com a concepção oriunda dos sentidos. O substancialismo admite que o objeto possua características ocultas ou manifestas, não admitindo perceber as realidades essenciais do objeto, as leis matemáticas que regulam o fenômeno.

É a partir desta visão que se desenvolvem valores que atribuem qualidades especiais às substâncias. Um exemplo desse aspecto é as qualidades alquímicas que aparecem nas aulas de Química moderna e Bachelard menciona experiências vividas em sala de aula que comprovam a assertiva acima: “enquanto eu amassava o mercúrio que aumentava de volume, eu via o fascínio em seus olhos atentos. Diante desse interesse por tudo o que aumenta de volume, por tudo o que se amassa” (BACHELARD, 2001, p. 68). Nesse relato, vê-se, claramente, que os estudantes terminam atribuindo valores que o objeto não possui, em vez de procurarem as leis matemáticas que regem o fenômeno. Uma outra face que aparece na idéia de valorizar a matéria é a sexualidade. Ele afirma que o aspecto sexual está presente na mente do aluno contemporâneo.

É muito sintomático que uma reação química na qual entrem em jogo dois corpos diferentes seja imediatamente sexualizada, de modo às vezes um pouco atenuado, pela determinação de um dos corpos ser ativo e o outro passivo. No ensino da química, pude constatar que, na reação do ácido com a base, quase todos os alunos atribuíam o papel de ativo ao ácido e o papel passivo à base. Num breve exame do inconsciente, logo se percebe que base é feminino e ácido, masculino. (BACHELARD, 2001, p. 243).

O professor precisa ensinar ciências com o intuito maior de defender o aluno dessas expectativas mágicas da matéria, para levá-los a entender a rede de relações que envolvem o fenômeno e possibilitem a sua compreensão no âmbito da ciência contemporânea.

Essa perspectiva racional da ciência deve ser enfatizada pelo professor, com

metodologias e discursos que promovam a compreensão do *modus operandi* da ciência atual. Essas metodologias devem dar destaque especial aos processos teóricos que orientam a pesquisa científica, porque é o aspecto racional que direciona uma pesquisa e não o acaso oriundo da observação. Este destaque dado à teoria pode ser feito com a realização de experiências que sejam orientadas pela teoria e que busquem comprovar sua formulação. Isto é muito importante para que a concepção do estudante se forme neste ambiente, não num empirista. Trabalhando o ensino de ciências desta forma, permite-se que o estudante tenha uma real dimensão do papel da teoria no processo de aquisição do conhecimento, não sendo preciso que haja um discurso para explicar a predominância da teoria sobre a experiência, porque se o professor valorizar a experiência e falar da importância da teoria estará cometendo uma contradição que será percebida pelo aluno e este não acreditará em seu discurso.

Vê-se, portanto, que a ciência contemporânea não trabalha com a simples descrição da realidade, mas com a sua construção. Nesta perspectiva, a principal meta do ensino de ciências é procurar demonstrar toda a complexidade do real, pois

A ciência contemporânea pretende conhecer fenômenos e não coisas. Ela não é de modo algum coisista. A coisa não é mais do que um fenômeno parado. Encontramos-nos então perante uma inversão de complexidade: é preciso conhecer essencialmente os objetos em movimento e procurar em que condições eles podem ser considerados em repouso, fixos no espaço intuitivo; já não se pode, como outrora, conceber os objetos naturalmente em repouso – como coisas – e procurar em que condições eles podem mover-se. (BACHELARD, 1972, p. 154).

Se a ciência não concebe os objetos naturalmente em repouso, então não é possível ensiná-los como se tivessem esse comportamento. Na natureza não existe nenhum fenômeno isolado e imóvel, mas fenômenos que estão interligados entre si e em constante movimento. Assim, não é possível compreender um fenômeno estanque, porque ele não existe na natureza e toda vez que tentarmos compreendê-los desta maneira estamos entrando em contradição com a própria realidade. Por isso, o professor, ao realizar o ensino, deve desenvolver uma prática pedagógica que estimule os estudantes a entenderem a realidade desta forma. Não adianta praticar um ensino de ciências que destaque os fenômenos isolados e exigir dos alunos que eles tenham uma concepção de mundo a partir da complexidade da natureza. Logo, toda vez

que valorizarmos “o objeto estabilizável, o objeto imóvel, a coisa em repouso formavam o domínio de verificação da lógica aristotélica” (BACHELARD, 1972, p. 155) e não é a concepção aristotélica de ciência que deve ser evidenciada.

Desta forma, o objetivo central do ensino de ciências é promover a superação de uma concepção realista de mundo. Quando o professor valoriza a experiência concreta do aluno e explica os fenômenos do mundo a partir da própria experiência da pessoa, está pensando numa perspectiva realista de ciência, enquanto a ciência moderna pensava um mundo newtoniano e no momento atual pelas teorias da relatividade e Mecânica Quântica. O fundamental é promover uma pedagogia que valorize a concepção de ciência que se quer que o estudante compreenda. Se a ciência atual rompeu totalmente com o conhecimento comum, então é conveniente que o seu ensino também rompa com os valores realistas. Por isso, é importante que o professor não ensine numa concepção realista e exija do estudante um pensamento na perspectiva newtoniana, por exemplo. É valioso, portanto, desenvolver metodologias que valorizem os aspectos científicos relevantes através da própria prática pedagógica.

O realismo da ciência contemporânea não tem nada do tradicional realismo, pois é “de segunda posição, de um realismo em reação contra a realidade usual, em polêmica contra o imediato, de um realismo constituído de razão realizada, de razão experimentada” (BACHELARD, 1968, p. 14). Porquanto, há uma necessidade inadiável de se romper com qualquer prática educacional que valorize a faceta concreta da realidade, porque a ciência contemporânea não parte do concreto, mas de abstrações teóricas que procuram explicar os fenômenos estudados. Assim, um ensino empirista não contribui para a formação científica do estudante, mas termina contribuindo negativamente na sua formação, porque gera uma concepção de ciência que não corresponde à realidade da ciência atual. Pois, quando o sujeito reflete sobre a realidade que lhe é dada, ele se liberta da escravidão da experiência e é capaz de ser livre, pela orientação de sua abstração.

Portanto, uma ciência de cunho aristotélico não tem valor, porque parte do imediato e este não é o motivador da ciência contemporânea, já que esta não parte dos problemas da realidade imediata, mas de problematizações criadas para serem respondidas por um programa de pesquisa.

A meta do ensino de ciências, sendo assim, não é de valorizar os conhecimentos prévios dos estudantes, mas em destruí-los para que se alcance o conhecimento científico. Segundo Bulcão & Barbosa, “para Bachelard, formação implica essencialmente em desconstrução e reforma do sujeito que precisa ser exorcizado dos obstáculos e das ilusões que impedem o acesso ao conhecimento” (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 14), porque o essencial no processo de ensino é identificar essas idéias prévias, trabalhá-las, para que os estudantes adquiram um conhecimento científico adequado.

Isto significa que o conhecimento prévio dos estudantes se constitui num empecilho à aquisição do conhecimento científico. Esse conhecimento é oriundo da experiência sensorial, não se constituindo numa pesquisa que procure entender os fundamentos essenciais do fenômeno, ficando apenas na aparência. Bachelard defende um rompimento total “com o postulado mais ou menos explícito que pretende que todo conhecimento é redutível, em última análise, à sensação” (BACHELARD, 1977a, p. 133). Essa ruptura é necessária porque o real se constitui numa instância que não é possível tocá-lo, conhecê-lo em sua integridade, a partir dos sentidos. O conhecimento da realidade se dá por vias indiretas, através de formulações teóricas que são experimentalmente testadas para se verificar a correspondência entre teoria e realidade. Desta forma, a complexidade do real é tamanha que não é possível tentar entendê-lo apenas pelo conhecimento oriundo das sensações.

Diante da complexidade do real, é indispensável ter muito cuidado com as analogias no processo de ensino-aprendizagem. Para Bachelard a utilização de analogias não é correto pedagogicamente, porque criam uma imagem distorcida do conhecimento científico, já

que a utilização de metáforas é danosa “para a formação do espírito científico é que nem sempre soam imagens passageiras; levam a um pensamento autônomo, também a completar-se, a concluir-se no reino da imagem” (BACHELARD, 2001, p. 101). Então, defende que a dificuldade apresentada pelo saber não deve ser vista como um problema a ser superado, mas uma característica do conhecimento que não deve ser negligenciada e, sim, enfrentada. A facilitação do ensino dos conceitos científicos não constitui num progresso da pedagogia, mas um retrocesso, porque “tais analogias, aliás, não reúnem nenhum conhecimento sólido nem preparam nenhuma experiência útil” (BACHELARD, 2001, p. 188).

Desta forma, podemos sintetizar a utilização de analogias da seguinte forma:

No ensino de ciências, muitas vezes é comum ocorrerem dificuldades para a apreensão de determinados conceitos científicos, especialmente aqueles que demandam uma maior abstração como, por exemplo, o conceito de orbital. Neste caso, é comum se recorrer ao uso de metáforas e analogias que, muitas vezes, são inadequadas, pois não tem identidade de estrutura com aquilo que se quer representar. O resultado é que esses recursos, embora presentes no próprio ato de conhecer, levam à banalização dos conceitos científicos, tirando-lhes o sentido de construção humana e revestindo-os de um realismo inconsciente com o próprio histórico de formação do conceito que, no caso do orbital, já surgiu como um conceito racional, produto de uma construção teórica da mecânica quântica. (LÔBO, 2002, p. 153).

Por isso, o conhecimento deve-se processar contra um conhecimento anterior. Na realidade, toda aquisição de conhecimento deve superar um conhecimento pré-existente que pode funcionar como obstáculo à aquisição do novo saber. A cristalização de verdades funciona como impedimentos ao avanço do saber, porque “hábitos intelectuais que foram úteis e sadios podem, com o tempo, enterrar a pesquisa” (BACHELARD, 2001, p. 19). Desta forma, não é somente o saber oriundo do senso comum que se constitui em obstáculo, mas o conhecimento científico que existe e que são tomados como verdades definitivas. A crença em uma verdade definitiva não é uma vantagem para o avanço da ciência, mas se torna um grave entrave por impedir o aparecimento de idéias e conceitos que neguem o saber estabelecido.

O físico e historiador das ciências, Thomas Kuhn, afirma que há uma tendência, por parte dos cientistas, em não aceitarem novas idéias que rompam com o paradigma dominante, porque eles trabalham na resolução dos problemas que estão imersos no paradigma

em que foram formados e não estão dispostos a mudarem. Uma alteração significaria ter que abandonar todo um jeito de fazer ciências e transformar a maneira de como vêem o mundo, daí a dificuldade de mudança.

O tratamento dado pelo professor ao conhecimento existente e prévio dos estudantes deve ser bastante relativizado, para permitir a aquisição dos novos. O professor deve, na realidade, trabalhar a formação de seus alunos de tal modo que os leve a perceberem que não há um conhecimento definitivo e que o saber que eles trazem não se constitui numa verdade pronta e acabada, mas que pode funcionar como barreira à formulações de novos saberes. O educador deve, então, fomentar mecanismos que facilitem a percepção de que a grande qualidade de um *sujeito pode ser a capacidade de estar aberto a novas formas de compreender a realidade*. O desenvolvimento desta qualidade intrínseca do sujeito é a meta definitiva do processo educativo, isto é, não se tem como objetivo o acúmulo de conteúdos, mas o desenvolvimento de capacidades subjetivas do sujeito que facilitarão a sua compreensão do fenômeno científico e melhor integração numa sociedade tecnológica.

Assim, a atenção do educador deve voltar-se para o aspecto filosófico do ensino de ciências, onde sua meta principal não será promover um ensino com uma quantidade muito grande de conteúdos, com a finalidade de fazer o estudante entender, por exemplo, todo o mundo da Física, mas se constitui numa tentativa de fazer o aluno romper com os obstáculos que emperram a compreensão do mundo científico. É conveniente que o educador entenda que “o mundo em que se pensa não é mundo em que se vive” (RIBEIRO FILHO & VASCONCELOS, 2002, p. 48), mas difere essencialmente.

Por isso, é importante que o professor desenvolva uma série de estratégias que facultem oportunidades de demonstrar que aquele conhecimento que o estudante traz não corresponde a um saber científico e que o próprio conhecimento científico não se constitui numa verdade definitiva. Essas estratégias poderão ser desenvolvidas a partir da História das ciências. A História das ciências permite que o professor encontre exemplos que irão

promover, no estudante, o rompimento com o conhecimento imediato e perceber como se deu o avanço do saber científico através de novas descobertas. O estudo da Revolução Científica, por exemplo, faculta ao professor a oportunidade de discutir a ruptura entre a teoria geocêntrica e o surgimento da teoria heliocêntrica. Neste caso, uma teoria embasada na percepção do senso comum, a teoria geocêntrica, e uma teoria formulada a partir de estudos matemáticos mais complexos, a teoria heliocêntrica. O aperfeiçoamento desta teoria por Kepler, ao prever que as órbitas dos planetas eram elípticas e não circulares, demonstra o avanço da ciência e que o conhecimento adquirido não se constitui numa verdade definitiva. Portanto, a História das ciências é um excelente meio para promover uma mudança conceitual nos estudantes, a partir de exemplos concretos ocorridos.

Assim, para Silva

A aprendizagem de conceitos científicos requer a aquisição de muitas informações pois, não basta conhecer os resultados das pesquisas, mas também, os problemas no seio dos quais os conceitos foram construídos. Por isso, a articulação entre ensino e história das ciências é fundamental. (SILVA, 2002, p. 111).

A História das ciências faculta, ainda, oportunidades excelentes para trabalharem a superação de muitos obstáculos epistemológicos. Dentre eles, demonstrar que a ciência não pode trabalhar com juízos de autoridade. A autoridade é bastante prejudicial ao avanço científico, ao impedir que novas idéias oriundas de novos cientistas não sejam aceitas com facilidade. A ciência é fruto de formulações teóricas e provas experimentais que conduzem a novas descobertas. Desta forma, se a autoridade no meio científico não é benéfica, ela é bastante lesiva no meio educacional. Um professor que prioriza um ensino pela autoridade e não permite que haja um diálogo entre o mestre e o discípulo, mata o que se constitui a essência do processo educacional. Um ensino que se caracteriza pela simples transmissão de um saber cristalizado pela autoridade não abre espaço para o diálogo entre o professor e o aluno, e estes não podem questionar e propor novas formas de entender os fenômenos estudados. Se a meta do ensino é formar sujeitos, então uma educação transmissora de conteúdos por autoridade do mestre nega esse princípio e não contribui para a formação de

sujeitos que interagem com o processo de aquisição do conhecimento.

O conhecimento científico não pode ser alcançado no isolamento do indivíduo, pois

O homem não está *sozinho* diante do objeto científico. Não se cultiva *mais* sozinho. Não nos cultivamos sozinhos. A cultura suscita outro problema além do *conhecimento*. Incorpora, ao mesmo tempo, uma historicidade que não é a historicidade do sujeito e uma retificação da historicidade de conhecimento do sujeito. A cultura normaliza sua própria história. (BACHELARD, 1977a, p. 160).

Assim, a produção científica se dá com a interação entre os pesquisadores, para validarem um determinado conhecimento. É a comunidade de cientistas que define se uma dada pesquisa tem valor ou não para a ciência. O conhecimento humano é um ato social. Não se pode pensar a produção do conhecimento no isolamento. Bachelard entende que a produção de qualquer saber é possível graças à interação entre os pesquisadores, ao formar uma comunidade que avalia e dá validade ao conhecimento produzido. Portanto,

O conhecimento científico no seu aspecto moderno levando à perfeição toda a sua *atualidade*, não pode deixar de valorizar-se o seu caráter social bem definido. Conjuntamente, os sábios unem-se numa célula da cidade científica, não apenas para compreenderem, mas ainda para se diversificarem, para ativarem todas as dialéticas que vão dos problemas precisos às soluções originais. A própria diversificação, como deve fazer a prova socialmente do seu valor, não é totalmente individualista. Esta socialização intensa, claramente coerente, segura das suas bases, ardentes nas suas diferenças, é ainda um *fato*, um fato de uma singular atualidade. Não respeitá-lo seria cair numa utopia gnoseológica, a utopia do individualismo do saber. (BACHELARD, 1990, p. 10).

Nesse sentido, não é admissível aceitar o conhecimento como uma verdade dada e definitiva, mas somente no contexto de uma comunidade científica, a  *cité scientifique*, que dá validade ao saber produzido; porque a objetividade científica não é fruto de um método, mas resultado dos critérios adotados por um conjunto de pesquisadores que definem o que é e o que não é ciência. É essa comunidade que define os parâmetros que o pesquisador deve seguir na realização de sua pesquisa.

A produção do conhecimento científico, na perspectiva bachelardiana, pressupõe, acima de tudo, uma interação entre os sujeitos do processo de conhecer porque, “o racionalismo pressupõe a polêmica, o intercâmbio de idéias e a crítica da cidade científica que, num trabalho conjunto de reflexão, consegue instaurar um conhecimento verdadeiramente



objetivo” (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 58). Esta maneira de encarar a produção do saber é importante, porque todos os envolvidos no processo de conhecer estão imersos num ambiente social. O cientista está envolvido pela atmosfera da comunidade científica que sua ciência faz parte. Já o estudante está absorvido pela ambiente social em que vive, que é marcado pelo senso comum. É preciso destacar que a produção científica é afetada por fatores externos que “influenciam o desenvolvimento de uma determinada teoria e como as ciências influenciam as demais áreas de conhecimento, até se embrenhar na vida cotidiana contemporânea por intermédio da tecnologia” (SILVA, 2002, p. 119). É relevante, então, que o professor seja capaz de perceber que o estudante está inserido nesse ambiente social, sendo necessário remover as suas concepções do senso comum, para alcançar a compreensão dos conceitos científicos.

Essa forma de tratar o conhecimento científico deve ser enfrentada pelo professor em sua atividade. Não é possível pensar a produção do saber científico como um ato isolado e heróico de algum cientista, mas com fruto de uma ação social. E é esta ação social que deve ser destacada pelo educador de ciências.

Ora, se a ciência necessita de uma interação entre os pesquisadores na construção do saber científico, imagine o quanto ela é importante na escola! A escola é o lugar, por excelência, a exigir o diálogo entre o professor e os alunos e entre estes últimos. Isto porque o conhecimento só é possível através da interação social.

No ambiente escolar existem dois sujeitos que interagem constantemente e que sem eles o processo de ensino-aprendizagem não aconteceriam: o professor e o aluno. Estes sujeitos são marcados por toda uma carga de papéis pré-definidos e não é possível pensar uma relação entre eles sem diálogo, onde o professor seja o detentor da verdade e o aluno um mero receptor de conhecimentos. Bachelard propõe uma visão diferente para a relação professor-aluno. Ele sugere que os professores devem estabelecer com seus alunos uma interação dialogada, onde cada parte desempenha seu papel, sem estar presa a ele. Ou seja, professor e

aluno têm funções diferentes, mas podem criar um processo interativo onde ocorra uma constante troca de conhecimentos.

Para Bachelard, a produção do conhecimento científico ocorre em uma comunidade científica. É esta comunidade que determina os parâmetros do que seja ciência e avalia se a produção de um determinado cientista está em consonância com os princípios científicos. Ou seja, só há ciência em uma comunidade composta por seres humanos que interagem na formulação do saber, por necessitar de trocas constantes. Sendo assim, a produção científica só acontece no diálogo e nunca no isolamento do indivíduo.

Desta forma, o ensino de ciências deve favorecer a construção de um ambiente que estimule a troca de saberes entre o aprendiz e o mestre. A visão tradicional, que o professor possui a verdade, não tem espaço na perspectiva bachelardiana, porque o saber não se constitui em definitivo, mas na sua mutabilidade e, portanto, ninguém o detém integral e plenamente. Por isso, o professor deve estar atento ao que acontece em sala de aula, para que possa aproveitar essas experiências para o seu próprio enriquecimento.

O ato de ensinar possibilita ao professor refletir e avaliar aquilo que sabe ao ensinar. Ao ensinar o professor consegue perceber se o seu conhecimento tem sentido e se as suas interpretações fazem sentido, porque “a melhor maneira de avaliar a solidez das idéias [é] ensiná-las” (BACHELARD, 1977a, p. 19). A constatação do valor de seu saber se dá porque a sala de aula é um ambiente riquíssimo, por permitir uma troca constante de idéias entre professor e aluno. Por isso é que o professor deve estimular os debates, as pesquisas em sala, para fomentar a descoberta e críticas ao saber estabelecido, porque “o ato de pensar e de reflexão faz parte da própria dinâmica de formação e de educação” (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 60).

Sendo assim, a melhor maneira de se tornar um bom professor é continuar sendo um eterno estudante. Bachelard entende que o professor terá uma melhor visão do que é ser aluno sendo um estudante, porque lhe estimula a perspectiva de busca, de saciar a sua

curiosidade e aquisição de conhecimento. Se o professor não estuda, como é que entende a sede de conhecimento de seus aprendizes? Daí a necessidade do professor estar em constante aprendizado, para se alimentar da satisfação da descoberta, porque só quem sente prazer em descobrir é capaz de gratificar-se em saciar a sede de conhecimento de seus estudantes.

Assim, a escola é um lugar especial, porque possibilita a interação entre os sujeitos, professor-aluno, estimulando a troca de idéias numa perspectiva onde o aluno pode se tornar o mestre de seu professor. Essa seria a característica mais marcante do racionalismo contemporâneo.

Essa troca de idéias que Bachelard propõe não deve estar restrita à relação professor-aluno, porque muitas vezes ela é marcada pelo signo da autoridade que impede o diálogo e a interação. Muitas vezes, o professor utiliza a sua autoridade para dar validade a um determinado conhecimento, sem recorrer ao enfoque científico para validar o seu ensino, porque os educadores

Não conduzem os alunos para o conhecimento do objeto. Emitem mais juízos do que ensinam! Nada fazem para curar a ansiedade que se apodera de qualquer mente diante da necessidade de corrigir sua maneira de pensar e da necessidade de sair de si para encontrar a verdade objetiva. (BACHELARD, 2001, p. 258).

Por esse motivo, Bachelard defende que a interação entre os estudantes é mais rica que a entre professor-aluno, porque não está presa à autoridade do mestre. Sendo assim,

Na escola, o ambiente jovem é mais formador que o velho; os colegas, mais importantes do que os professores. Os professores, sobretudo na multiplicidade incoerente do ensino secundário, apresentam conhecimentos efêmeros e desordenados, marcados pelo signo nefasto da autoridade. Os alunos assimilam instintos indestrutíveis. Seria preciso incitar os jovens, como grupo, à consciência de uma razão de grupo, ou seja, ao instinto de objetividade social, o qual é preterido pelo seu contrário, pelo instinto de *originalidade*, sem prestar atenção na ilusão dessa originalidade haurida nas disciplinas literárias. Em outros termos, para que a ciência objetiva seja plenamente educadora, é preciso que seu ensino seja socialmente ativo. É um alto desprezo pela instrução o ato de instaurar, sem recíproca, a inflexível relação professor-aluno. A nosso ver, o princípio *pedagógico* fundamental da atitude objetiva é: *Quem é ensinado deve ensinar*. Quem recebe instrução e não a transmite terá um espírito formado sem dinamismo nem autocrítica. (BACHELARD, 2001, p. 299-300).

A escola é vista como um cenário propiciador do diálogo, que Bachelard enxerga a sua real função no processo de ensino aprendizagem. É um lugar onde todos os sujeitos estejam em constante mutação. Alunos e professores não podem estar recebendo

conhecimentos de forma inerte, mas como uma atitude dinâmica e interativa.

Como Bachelard entende que o processo de ensino-aprendizagem se constitui na modificação interna do sujeito e não no acúmulo de conteúdos, a relação professor-aluno deve ser caracterizada pelo intercâmbio de idéias entre eles. O papel do professor, nesta perspectiva, deve ser a de um interlocutor do conhecimento científico e não num transmissor de conteúdos. O conhecimento deve ser trabalhado de uma maneira que possibilite ao estudante entender como ele foi criado e os dilemas enfrentados pelos cientistas na sua criação. Como o conhecimento é fruto do diálogo entre os pesquisadores, é valioso que o professor desenvolva estratégias que faculte aos alunos a oportunidade de construir seu conhecimento a partir do diálogo com o professor e entre os seus próprios colegas.

Desta forma, o primordial no ensino de ciências é essa interação entre os próprios estudantes, que lhes possibilitam perceber como se dá a produção do conhecimento científico na atualidade, estando habilitados a entender como funciona o mundo da ciência.

Como a função do professor é formar o estudante, ele não deve ensinar apenas o resultado porque

O ensino dos *resultados* da ciência nunca é um ensino científico. Se não for explicada a linha de produção espiritual que levou ao resultado, pode-se ter a certeza de que o aluno vai associar o resultado a suas imagens mais conhecidas. É preciso 'que ele compreenda. Só se consegue guardar o que se compreende. O aluno compreende do seu jeito. Já que não lhe deram as razões, ele junta ao resultado razões pessoais'. (BACHELARD, 2001, p. 289).

Por isso, ele não deve substituir

As descobertas por aulas. Contra essa indolência intelectual que nos retira aos poucos o senso da novidade espiritual, o ensino das descobertas ao longo da história científica pode ser de grande ajuda. Para ensinar o aluno a inventar, é bom mostra-lhe que ele pode descobrir. (BACHELARD, 2001, p. 303),

Sendo assim, as estratégias promovidas em sala de aula devem ser direcionadas para uma provocação aos estudantes, através da criação de problemas que sejam solucionados por eles. Ou seja, o professor não deve transmitir o conhecimento simplesmente, mas promover meios para que o estudante o descubra.

Essa perspectiva de ensino exige que o professor trabalhe os conteúdos de ciências

a partir da criação de problemas que levem os estudantes à suas resoluções. Logo, a ciência atual “exige, em vez da pausa da dúvida universal, a constituição de uma *problemática*. Essa procura tem seu ponto de partida real em um *problema*, mesmo que esse problema seja mal colocado” (BACHELARD, 1977a, p. 63). Neste sentido, não é possível construir o conhecimento a partir da simples exposição de conteúdos, mas partindo de problemáticas formuladas para serem resolvidas pelos estudantes. Essa maneira de tratar o ensino de ciências impede que os estudantes tratem as fórmulas matemáticas de modo equivocado, pois eles “acham que todas as fórmulas, inclusive as que decorram de uma teoria bem organizada, são empíricas. Pensam que a fórmula não passa de um conjunto de números disponíveis, que basta aplicar a cada caso particular” (BACHELARD, 2001, p. 37).

Assim, os problemas utilizados podem ser oriundos da História das ciências ou criados pelo mestre. O fundamental é que haja um problema que force o estudante a procurar respostas. Esse tipo de trabalho faculta a oportunidade do aluno desenvolver habilidades que melhor o insiram no mundo científico contemporâneo. Como a meta de Bachelard é modificar a constituição interna do sujeito que está em processo de aprendizagem, esta perspectiva permite que o aluno adquira ferramentas para lidar com o mundo e possa compreender como se dá a constituição da ciência atual. Um outro aspecto relevante desta perspectiva é que ela está adequada com a visão dos Parâmetros Curriculares Nacionais, quando defende que o fundamental não é o acúmulo de conhecimentos, mas o desenvolvimento de habilidades que facultem o desenvolvimento de uma cidadania plena, isto é, o importante é que o estudante tenha uma visão crítica e construtiva da ciência e que possa impor-se com critério sobre os avanços científicos.

Esse tipo de educação permite que o estudante se forme de tal maneira que consiga entender os mecanismos de construção da ciência contemporânea. Os mecanismos da ciência atual poderiam ser expostos pelo professor, mas isto funcionaria como mera exposição de idéias que não teria o valor da experiência pessoal. É muito mais frutífero para o estudante

viver o conceito ensinado do que apenas tê-lo aprendido em uma exposição. É através de estratégias desenvolvidas pelo professor que, ao educando, se poderá possibilitar desenvolvimento das habilidades que o faça crescer como ser humano.

Baseado neste ponto de vista, o erro, que é um elemento constituinte do processo de construção do conhecimento, assume uma outra característica no processo de ensino-aprendizagem. Sendo assim, o erro deve ser tratado, no processo de ensino, como algo positivo e que exige uma busca por parte do estudante das razões do seu fracasso. Neste aspecto, o erro é o momento onde o professor pode identificar quais das facetas do conteúdo estudados não estão sendo bem compreendidos.

Bachelard entende o erro como o motor do conhecimento. Isso acontece porque o erro é o momento onde uma teoria foi negada em sua realização prática. Sendo assim, é saudável destacar que o fracasso da experiência revela uma área do saber que não foi considerado pela teoria em vigor.

É importante levar o estudante a compreender que o conhecimento científico é resultado de uma série de erros retificados, ou seja, erros que foram sendo corrigidos com o tempo, no processo de pesquisa. A verdade científica não é definitiva, mas uma construção mutável e que será sempre posta em dúvida por novos conhecimentos. Porque, para Bachelard, “só existe um meio de fazer avançar a ciência; é o de atacar a ciência já constituída, ou seja, mudar a sua constituição” (BACHELARD, 1972, p. 44). Quando formulamos teorias científicas sobre a realidade, não significa que iremos obter um resultado positivo de imediato. Se o erro é tido como positivo para Bachelard, na pesquisa científica, ele deve ser visto como uma metodologia de ensino relevante.

Normalmente, os professores não valorizam os erros dos alunos e entendem que se um estudante erra é porque não aprendeu o conteúdo. Mas esse erro poderia ser utilizado para incentivar a aprendizagem. Esta maneira de tratar o erro deve estar inserida na visão de como se dá a construção do conhecimento científico, pois,

Não existe fracasso radical, mas também não existe êxito definitivo. O pensamento científico, em virtude de seu próprio progresso, está em via de constantes transformações de *suas bases*, em via de incessantes remanejamentos. (BACHELARD, 1977a, p. 59).

Esta visão do erro deve estar clara para os estudantes, para que eles possam aproveitar toda a riqueza que existe por trás do fracasso momentâneo de uma aprendizagem. Eles precisam entender que as grandes teorias que explicam o mundo não foram construídas de uma única vez e que muitos erros e equívocos foram cometidos no processo de construção do saber científico. Este enfoque permite entender que não ocorre um conhecimento definitivo e verdadeiro sobre um determinado fenômeno. O que acontece é um conhecimento aproximado da realidade e que vai sendo aperfeiçoado no decorrer do tempo, com os avanços teóricos e tecnológicos que vão surgindo e permitindo uma melhor compreensão do mundo. Essa maneira de entender como se dá a formulação e a evolução do saber deve ser estendida aos estudantes, para que eles compreendam que o seu insucesso na classe não é algo negativo, num sentido maniqueísta, mas um fato que acontece em todo lugar onde há a produção do saber científico.

Desta forma, o erro não é a marca dos aprendizes, mas uma realidade que está também naqueles que construíram o saber. “A consciência das dificuldades enfrentadas pelos cientistas na formulação de novos conceitos, pode contribuir para a compreensão de suas próprias dificuldades em aceitá-los” (SILVA, 2002, p. 120). Uma vez de posse desta compreensão, os estudantes, ajudados pelo professor, poderão utilizar o erro como um mecanismo de avanço da aprendizagem, trabalhando aqueles aspectos que não foram compreendidos e buscando solucionar as dificuldades existentes. O erro não deve ser tratado mais como incapacidade do educando, mas como um momento fecundo no processo de ensino-aprendizagem.

Esta forma de tratar a produção do conhecimento científico e a maneira como se dá o processo de ensino-aprendizagem exige uma transformação na concepção de educação por parte do professor, que é o orientador desse processo. Esta formação é imprescindível,

devido o processo educacional demandar muita habilidade e profunda formação na área de ciências e em metodologias, daí a necessidade de uma eficiente formação deste profissional.

Se Bachelard encara o ensino de ciências como formação do sujeito, é conveniente entender que o professor deve estar formado nesta concepção. Um ensino que supere os obstáculos existentes nos estudantes deve ser o seu objetivo principal, mas para que isso aconteça há a necessidade de mudança na formação do corpo docente. Não é possível exigir que um professor procure mudar os conceitos prévios dos estudantes sem estar treinado para isso, e também porque não foi educado em seu processo de formação desta maneira.

Para que o professor ensine, na perspectiva bachelardiana, é importante que ele não esteja contaminado pela visão tradicional de educação. Isto é, um professor que estimule seus alunos a romperem seus obstáculos no aprendizado dos conceitos científicos, e não deva estar impregnado de visões ultrapassadas. Nesse sentido, ele deve ter rompido com os

Primeiros valores; é procura de interesses tão distantes, tão separados dos interesses usuais que se compreende seja tão prontamente desprezado por aqueles que tiram vantagens de engajamentos imediatos e que 'existem' a partir dos valores primeiros, nos valores que lhes são primitivamente *dados*, seja do exterior, seja do interior. (BACHELARD, 1977a, p. 32).

O professor precisa sofrer uma catarse psicológica, para mudar as visões que ele tem sobre a formação dos estudantes, para promover um ensino adequado, na perspectiva bachelardiana, já que

A mudança cultural (no caso específico da aquisição da cultura científica) passa por reconhecer que é necessário uma evolução conceitual, de uma concepção realista ingênua, mais próxima do senso comum, para uma concepção racionalista mais avançada, que consiga traduzir o estágio atual do desenvolvimento científico. (LÓBO, 2002, p. 154-155).

Assim, os cursos de formação de professores necessitam enfatizar o aspecto formador da educação e não a assimilação de conteúdos, apenas. Porque o educador deve entender que o processo de ensino-aprendizagem não se resume na repetição de uma aula, mas que é benéfico que o estudante modifique uma concepção que traz do mundo. O professor deve ser capaz de desenvolver estratégias que faculte a oportunidade do aprendiz romper com os seus conceitos prévios. Estas



Concepções inadequadas de ciência e de conhecimento científico e a sua inserção no espaço escolar, através das aulas de ciências são, em parte, resultantes da ausência de uma abordagem histórica, epistemológica e sociológica da ciência, nos cursos de formação de professores. O que se observa nestes cursos é uma ênfase excessiva sobre os conceitos científicos, em detrimento dos processos de produção da ciência. Desta forma, torna-se necessário repensar o ensino de ciências e a formação do professor buscando inserir os conhecimentos científicos, pedagógico e escolar dentro de referenciais epistemológicos que rompam com a filosofia positivista e sua concepção de verdade científica e mostrem o caráter histórico na produção do conhecimento científico contribuindo, assim, para uma imagem mais adequada da ciência. (LÔBO, 2002, p. 146-147).

No entanto, Bachelard salienta que é muito difícil que um educador modifique a sua postura. Segundo ele, “no decurso de minha longa e variada carreira, nunca vi um educador mudar de método pedagógico. O educador não tem o *sensu do fracasso* justamente porque se acha um mestre. Quem ensina manda. Daí, a torrente de instintos (BACHELARD, 2001, p. 24)”. Essa dificuldade de mudar a sua prática em sala de aula é um grande obstáculo ao ensino. O professor dispõe, em sala de aula, de um poder muito grande, oriundo de sua autoridade. Ele acha que o seu estilo de ensinar é o correto e não é preciso transformá-lo. Essa postura do professor pode ser alterada, a partir da noção básica da epistemologia bachelardiana de que

*O ato de ensinar* não se destaca tão facilmente quanto se crê, da *consciência de saber*, e precisamente quando nos for necessário garantir a objetividade do saber por um apoio na psicologia da intersubjetividade, veremos que o *racionalismo docente* exige *aplicação* de uma experiência a outro. (BACHELARD, 1977a, p.19).

Desta forma, o professor compreenderá que o conhecimento de que dispõe não se constitui numa verdade definitiva e que deve estar em constante aprendizado, numa relação de eterno aprendiz, inclusive na sala de aula onde atua, pois ele pode aprender muito na interação com os seus educandos, já que o ambiente escolar é muito rico na fomentação do debate e da reflexão de idéias.

Um professor formado nesta perspectiva será o promotor de uma metodologia que rompa totalmente com o modelo tradicional de ensino de ciências. Assim, o ensino de ciências não deve partir da explicação de conteúdos puros e simplesmente, mas que inicie a sua exposição a partir de problemática lançada em classe. Isto é, o professor cria um problema a ser solucionado na sala de aula pelos alunos. O professor, neste processo, se torna o mediador.

Assim, todo o trabalho do professor será conduzir as aulas no sentido de fornecer subsídios para que os estudantes consigam solucionar o problema inicial proposto.

Esta concepção de ensino de ciências é interessante, porque trata o processo de aquisição do conhecimento em sala de aula da mesma forma que se dá no meio acadêmico. Porque no meio acadêmico o pesquisador é instigado a elaborar uma problemática que sua pesquisa procurará responder. Este tipo de metodologia promoverá nos estudantes habilidades de pesquisador, tornando-os aptos a serem futuros pesquisadores e, se não se tornarem pesquisadores, pelo menos saberão como se processa uma pesquisa científica e como é elaborada a ciência contemporânea.

## CAPÍTULO IV

### PEDAGOGIA ABERTA

**“Chegado ao conceito de encruzilhada, o espírito não teria pois que escolher simplesmente entre uma interpretação verdadeira e útil por um lado e uma interpretação falsa e nociva por outro. (BACHELARD, 1972, p. 180).**

A ciência contemporânea reconhece, com o advento da Mecânica Quântica, que não é possível determinar simultaneamente certas variáveis de um sistema físico porque, segundo o físico alemão Heisenberg, é impossível determinar a localização e o movimento de um corpúsculo ao mesmo tempo. Essa idéia de Heisenberg tornou-se conhecida como princípio da incerteza, ao ficar evidente que não é possível identificar todas as variáveis envolvidas num experimento, pois, segundo ele, a “indeterminação associada à posição e à velocidade do elétron dentro do átomo é uma propriedade geral” (FRANCO, 2002, p. 59) da natureza.

Assim,

As relações de indeterminação de Heisenberg implicam que não podemos conhecer

simultaneamente, com a precisão desejada, determinados pares de grandezas, diferentemente do que postula a física clássica, onde cada grandeza pode ser conhecida independentemente da outra, a precisão sendo apenas uma questão dos aparelhos de medida. (FRANCO, 2002, p. 59).

Este Universo factível, a partir do princípio da incerteza de Heisenberg, desemboca na destruição de um dogma clássico da ciência, que seria a sua capacidade de prever fenômenos a partir da compreensão de seus elementos constituintes. No entanto, as conclusões oriundas da Física Quântica destroem este dogma tão caro aos cientistas do século XIX, como afirmava, por exemplo, Laplace sobre a “possibilidade, em princípio, de uma predição absoluta de estado futuro de um sistema, a partir do conhecimento do seu estado presente, enquanto a teoria quântica nega tal possibilidade” (FRANCO, 2002, p. 59). Essa visão de Laplace está baseada nos princípios da Mecânica Newtoniana, que tornavam o Universo extremamente previsível. Há, portanto, uma ruptura total com as antigas idéias de um Universo previsível e determinista. O universo da Mecânica Quântica “deve ser compreendido a partir do possível e não a partir de um estado inicial do qual pudesse ser deduzido como queria Laplace” (FRANCO, 2002, p. 60). Isto porque, de acordo com a Física Quântica, não é possível determinar como será o comportamento de um dado sistema físico, já que ele pode agir como onda ou como partícula, por exemplo.

Esta concepção de ciência, que nasce com as revoluções ocorridas na Física do século XX, exige uma mudança profunda na maneira como encaramos o mundo e na forma como educamos as pessoas. Uma educação nos modelos clássicos trabalha com a idéia de uma verdade definitiva, onde os estudantes apenas ouvem discursos de como funcionam as leis e fórmulas das ciências, não conseguindo dimensionar o que é ciência, não sendo capazes de compreendê-la e fazer uma análise crítica de seu processo de construção e atuação no mundo. O modelo tradicional de ensino não estava preocupado em dotar os estudantes de elementos capazes de fazê-los compreender o mecanismo da ciência atual, mas na simples reprodução de conhecimentos. A simples transmissão de conhecimentos, em uma classe, não cria condições para que os estudantes sejam capazes de apreender como se dão os fenômenos pesquisados

pela ciência atual. Não é crível que se exija de um estudante que raciocine de acordo com os pressupostos de uma ciência pós-newtoniana, mas se ensine de maneira aristotélica ou newtoniana. O fazer educacional é que irá propiciar que os alunos sejam capazes de abarcar o mundo da ciência, se lhe ensinarmos de uma maneira adequada.

Para fazer frente a esta realidade da ciência atual, é necessário uma reviravolta no processo de ensino-aprendizagem, ao promover uma ruptura com os modelos convencionais de ensino. O ensino de ciências deve ter como finalidade preparar os estudantes para compreenderem como funciona, qual a finalidade e o impacto da produção científica na sociedade em que vive. Somente um ensino que supere o tradicional monólogo professor-aluno, que expõe verdades cristalizadas e, normalmente, ultrapassadas, é que terá alguma chance de alcançar a dimensão da ciência hodierna.

A ciência de nossos dias é de uma complexidade tão grande que só será compreensível, para uma pessoa, se ela estiver formada neste ambiente. Um exemplo bastante evidente desta complexidade é a dificuldade em entender o paradigma que orienta o processo educacional quanto ao estudo da eletricidade. H. A. Wilson, citado por Bachelard, afirma que

Pode-se indagar se prótons e elétrons devem ser considerados como partículas materiais carregadas de eletricidade. A resposta é que essa idéia não se justifica diante dos fatos. A operação de carregar um corpo com eletricidade negativa consiste em acrescentar elétrons a esses corpos, e um corpo está carregado positivamente ao se lhe suprimir elétrons, de modo a se lhe deixar um excesso de prótons. Assim, não podemos supor que um elétron esteja carregado negativamente visto que acrescentar um elétron a um elétron daria dois elétrons. Elétrons e prótons são precisamente átomos de eletricidade, e tanto quanto se sabe hoje, eles são indivisíveis. Conhecemos apenas a eletricidade sob a forma de elétrons e de prótons, de sorte que não há sentido algum em falar-se dessas diferentes partículas como se consistissem de duas partes: eletricidade e matéria. (BACHELARD, 1977b, p. 52-53).

Fica evidente, portanto, que a complexidade da natureza se revela cada vez mais quando nos aprofundamos em seu estudo. A partir da citação acima, percebemos que não é possível transferir conceitos e explicações de um âmbito da realidade para outro. Quando procuramos entender o mundo quântico da Física, por exemplo, é adequado romper com todas as concepções que temos, para podermos compreender como se dão os fenômenos microscópicos.

Esta ciência rica em complexidade e inteiramente mutável exige uma mudança radical nos modelos de se ensinar ciências. Bachelard defende “uma espécie de pedagogia da ambigüidade para dar ao espírito científico a flexibilidade necessária à compreensão das novas doutrinas” (BACHELARD, 1968, p. 21). Isto significa que não teremos que ensinar uma verdade definitiva, mas demonstrar que há vários caminhos para se chegar a um dado conhecimento científico e que esse conhecimento não se constitui numa verdade final, porque os

Critérios postos pelo sistema educativo como verdades, acaba empobrecendo todo o trabalho de construção do conhecimento e o processo de formação do espírito científico, contrariando a proposta bachelardiana, segundo a qual, ‘o espírito científico tem de si formar deformando-se’. (BARRETO, 2002, p. 127).

Isto é, para que aconteça um aprendizado é preciso que o sujeito transforme as concepções que traz em seu espírito, para que consiga alcançar as dimensões do conhecimento. A apreensão do conhecimento só se dá se o sujeito estiver aberto para romper totalmente com as crenças, ou seja, deformar o que possui para adquirir um melhor entendimento sobre os fenômenos da natureza.

A idéia básica é promover uma prática pedagógica que evite a simples exposição de conteúdos, e prime pela construção do mesmo. Quando o professor procura estimular o estudante a encontrar o seu conhecimento, termina dando significado para aquele saber. Esta busca pelo saber desenvolve as potencialidades dos educandos e os tornam aptos a lidarem com um mundo em constante mutação.

A mutabilidade do saber humano é tão grande que ensiná-lo como verdades cristalizadas se constitui, no mínimo, um contra-senso, já que se sabe que ele será superado em algum momento do futuro. Neste sentido, se pergunta qual é a finalidade de se ensinar verdades que já estão em processo de superação? Será que o melhor não seria ensinar a procurar as respostas para problemas apresentados e, assim, dotar os estudantes de faculdades que os façam lidar com o conhecimento que vai surgindo de forma ininterrupta. O importante, portanto, é aprender a lidar com o saber que surge e não em se apropriar dele sem saber o que

fazer com ele. E, também, não é possível ensinar todo o conhecimento humano existente a uma pessoa, dada a amplitude a que ele chegou. Diante desta situação, o fundamental é proporcionar meios que a tornem capaz de buscar o saber que precisa nas diversas circunstâncias de sua vida.

Nesta perspectiva, a proposta da epistemologia bachelardiana não é a de ensinar a busca por uma verdade definitiva, mas a de promover a superação dos obstáculos que impedem a aquisição do conhecimento. Esses obstáculos são empecilhos ao aprendizado. Para que ocorra uma eficiente aprendizagem é imprescindível que o educando supere todas as limitações que estão inerentes a seu ser. Sem isso não é possível aprender. Segundo Barbosa & Bulcão, “nós nos educamos através do mecanismo de afastar os obstáculos que se interpõem em nosso caminho durante o ato cognoscente, nós nos educamos através da perda de nossas ilusões, nós nos educamos através do ato consciente de afastar os erros” (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 53). O processo de aprendizagem se torna, na realidade, um fato psicológico, por exigir transformações psíquicas da pessoa, não apenas apropriação de saber, já que o maior ou menor número de conteúdos que se domina não se constitui numa garantia de aprendizado, porque o simples adquirir conhecimento não significa que iremos pensar de acordo com aquele modo de tratar a realidade. Porquanto, aprender não é acúmulo de assuntos, mas basicamente numa mudança na constituição psíquica do sujeito que passa a entender a realidade a partir dos pressupostos científicos, que não são iguais aos do cotidiano.

Normalmente, aceitamos uma definição do professor, mas não acreditamos que aquele ensinamento seja realmente realidade, porque se choca com as noções sobre o cotidiano. Por isso, se faz necessário que o professor estimule os estudantes a modificarem a maneira como pensavam, para se apropriarem de maneira eficiente do saber com o qual está em contato; porquanto, se isso não acontecer, não há aprendizagem.

Desta forma, fica evidente que a aprendizagem, na perspectiva bachelardiana, não se constitui num simples acúmulo de conhecimento, mas num amplo processo de superação

dos obstáculos que dificultam a apropriação do saber. Porque, se o educando não promove uma catarse de seus pré-conceitos, não conseguirá assimilar o novo saber que se constitui, normalmente, numa negação do conhecimento anterior.

Diante disso, a idéia de Bachelard é a de desenvolver metodologias que facultem oportunidades aos estudantes de enfrentarem o saber constituído de uma outra forma e a superarem as antigas concepções que tinham sobre a natureza, desenvolvendo-lhes a capacidade de tentarem encontrar mais de uma resposta para uma mesma questão e por possíveis caminhos diferentes. É a defesa de mecanismos para

Erguer o psiquismo humano por meio de séries de conceitos (labirintos intelectuais) nas quais, essencialmente, os conceitos de cruzamento dariam pelo menos uma dupla perspectiva de conceitos utilizáveis. Chegado ao conceito de encruzilhada, o espírito não teria pois que escolher simplesmente entre uma interpretação verdadeira e útil por um lado e uma interpretação falsa e nociva por outro. Estaria em face de uma dualidade ou de uma pluralidade de interpretações. Deste modo será impossível toda a blocagem psíquica ao nível dos conceitos, ou melhor o conceito será essencialmente uma encruzilhada em que a liberdade metafórica tomará consciência de si própria. (BACHELARD, 1972, p. 180-181).

Esta possibilidade de escolha entre uma interpretação e outra é muito importante, porque desenvolve no espírito dos estudantes a capacidade crítica de julgar e definir aquilo que é mais conveniente e mais adequado numa pesquisa. É o momento onde o estudante põe toda a sua capacidade em ação para achar a melhor resposta para um dado problema, porque não há *a resposta*. No entanto, é indispensável ressaltar que não estamos defendendo a apropriação de qualquer conceito como sendo o correto. Não estamos afirmando a instauração de anarquia conceitual, mas simplesmente defendendo uma metodologia que estimule a criatividade dos estudantes, para que eles sejam os construtores de seu conhecimento e demonstrar-lhes que aquilo que entendemos como verdade na ciência é apenas um saber transitório, que foi alcançado por vários caminhos e com a superação de inúmeros erros.

Tal tomada de consciência é muito importante porque a ciência atual não trabalha com verdades definitivas, mas com conhecimentos que vão evoluindo através de uma intensa retificação. Este processo de retificação consiste no constante aprimoramento do conhecimento científico. Como não se constrói um saber definitivo sobre a realidade, dada a



inesgotabilidade do real, é preciso que esta ciência sofra um contínuo processo de aprimoramento. Para que ocorra este aprimoramento, é importante que o saber constituído não seja tido como definitivo, mas como algo passível de permanente mudança. Esta é a tônica da ciência atual, a sua mutabilidade. Assim, o saber atual é fruto de um amplo processo de aprimoramento que nunca terá fim. Por isso,

A epistemologia bachelardiana caracteriza-se pela razão polêmica, inquietante e plural, que instiga a discussão e não o conformismo. Neste sentido, despreza a idéia de universalismo e as situações marcadas pelo consenso e pela linearidade, para arriscar-se pelos caminhos de uma racionalidade mutável, ilimitada e histórica. (BARRETO, 2002, p. 140).

Isto é a não defesa de um monismo, de uma suposta verdade que a educação deve realizar, mas é pela polêmica das idéias divergentes que emergirá um saber fruto do diálogo e da interação social. Não é possível conceber a produção do saber no isolamento, porque ele é fruto da troca de informações, do debate entre os estudantes. Dessa forma irá brotando o conhecimento considerado *como correto apenas naquele momento*, mas que será certamente retificado mais tarde. Por isso Bachelard sugere

Aos filósofos que desistam da ambição de achar um só ponto de vista, e ponto de vista fixo, para julgar o conjunto de uma ciência tão vasta e tão cambiante como a Física. Para caracterizar essa filosofia das ciências, chegaremos então a certo pluralismo filosófico, único em condições de informar os elementos tão diversos da experiência e da teoria, tão distantes de estar todos no mesmo grau de maturidade filosófica. Definiremos a filosofia das ciências como uma filosofia dispersa, como *uma filosofia distribuída*. (BACHELARD, 1977b, p. 24).

Devido à natureza da ciência, em que os conceitos científicos não são iguais para todas as ciências, por estarem cada uma num grau de desenvolvimento diferenciado, isto é, um mesmo conceito não está no mesmo nível nas diversas ciências, não pode haver uma única explicação para o mesmo fenômeno, por não existir apenas uma maneira de interpretá-lo.

Ora, um estudante formado na perspectiva de que não há uma única verdade para um dado problema terá muito mais facilidade de compreender a complexidade do mundo da ciência e maior clareza para avaliá-la.

Para alcançar tal desiderato é indispensável seguir algumas orientações dadas por Bachelard. Segundo ele, para se conseguir um conhecimento científico adequado é

conveniente que o estudante aprenda a “colocar a cultura científica em estado de mobilização permanente, substituir o saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico, dialetizar todas as variáveis experimentais, oferecer enfim à razão razões para evoluir” (BACHELARD, 2001, p. 24), ou seja, jamais pensar que há um limite para o saber.

O essencial é desenvolver na mente dos educandos a possibilidade de que sempre haverá um outro jeito de se alcançar um dado conhecimento da realidade e que muitas vezes existem mais de um modelo científico para descrever o mesmo fenômeno, e que esses modelos poderão estar emperrando o aparecimento de novas abordagens para a compreensão dos mesmos fenômenos a que esses modelos se referem. É importante destacar que o mundo da ciência é uma construção abstrata da natureza e não a sua reprodução exata. Neste sentido, o cientista não está preocupado em criar padrões iguais à natureza, mas em construir modelos que expliquem determinados fenômenos, e essa descrição pode ser feita de mais de uma maneira, porque é comum na ciência existir mais de um modelo que procure explicar um mesmo fenômeno natural. Não há, portanto, uma única interpretação da natureza.

A característica mais marcante da ciência hodierna é a construção abstrata da natureza, isto é, não ocorre uma descrição exata da mesma, mas uma elaboração, fruto da mente humana. Desta forma, o produto da ciência não é a descoberta ou a reprodução de como os fenômenos se comportam, mas uma construção teórica que procura explicar o seu funcionamento. Essa explicação pode variar de um momento para outro e também pode apresentar mais de uma explicação para um mesmo fenômeno. Um exemplo bastante claro, para ilustrar o caráter abstrato da ciência atual, é a tabela periódica da Química. Bachelard explica que a

Organização das substâncias elementares de Mendeleiev, verifica-se que a pouco e pouco a *lei antecede o fato*, que a *ordem* das substâncias se impõe como uma racionalidade. Que melhor prova se pode dar do caráter racional de uma ciência das substâncias que consegue prever; antes da descoberta efetiva, as propriedades de uma substância ainda desconhecida? (BACHELARD, 1972, p. 79).

Com este exemplo Bachelard procura demonstrar que é possível para a ciência

atual prever e descrever fenômenos que não foram “conhecidos” ou “existentes”. Pela Tabela de Mendeleiev fica evidente que era possível saber como seriam os elementos criados ou descobertos a posteriori, mesmo antes de serem conhecidos. Este fato demonstra a real capacidade de criação da teoria sobre a realidade e evidencia o caráter essencialmente racional da ciência contemporânea.

Essa capacidade da ciência de criar a *realidade* deve ser exposta para os estudantes, durante o seu curso de ciências. Eles devem compreender que é possível para os cientistas construírem situações que não existem na natureza, como os ácidos na Química, que são criados a partir de formulações matemáticas. Com essa característica, a ciência atual permite múltiplas interpretações da realidade, impedindo o esgotamento da compreensão do real. Isto acontece porque

Não sendo a natureza pronta e acabada, não existe a possibilidade de um conhecimento pleno do objeto. Por um lado, há a inesgotabilidade do real, por outro, uma razão em processo, que vai se constituindo à medida que o conhecimento progride dialeticamente. O conhecimento em movimento permite que o homem perceba coisas novas e, a partir daí, amplie a sua visão da realidade. O conhecimento é sempre uma atividade de renovação; cada volta ao objeto é um estado de consciência novo. O conhecimento se dá por aproximação nunca por *adequação*, não sendo possível um conhecimento exato da realidade. (BARBOSA, 1996, p. 107).

Assim, fica evidente que o professor não deve se esforçar para encontrar uma resposta definitiva para todos os problemas e nem apresentar um único caminho na busca das possíveis soluções para os problemas que foram sendo criados no processo de ensino-aprendizagem. A meta do ensino é criar possibilidades de iniciativas e oportunidades de se encontrar respostas, mas jamais em criar o mito do caminho único e da verdade definitiva. Portanto, a razão passa a ser tida como

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*. (BACHELARD, 2001, p. 51).

Esta concepção está em consonância com a complexidade da ciência contemporânea. Como não é possível apreender toda a realidade, devido ao seu alto grau de complexidade, se faz necessário que o processo de aquisição do conhecimento caminhe

lentamente e vá rompendo as suas próprias estruturas.

O rompimento com as estruturas anteriores se dá em vários níveis, inclusive no da linguagem, isto é, para se adentrar no mundo da ciência necessita-se conhecer toda uma linguagem apropriada para entender os conceitos científicos. Segundo Bachelard,

A linguagem científica é, por princípio, uma neolinguagem. Para sermos entendidos no mundo científico, é necessário falar cientificamente a linguagem científica, traduzindo os termos da linguagem comum em linguagem científica. (...) Sempre que uma palavra da antiga linguagem é posta, pelo pensamento científico, entre aspas, isto significa uma mudança de método de conhecimento relativamente a um novo domínio da experiência. Pode dizer-se que, do ponto de vista epistemológico, é o sinal de uma ruptura, de uma descontinuidade de sentido, de uma reforma do saber. (BACHELARD, 1990, p. 251-252).

Desta forma, a inserção no mundo científico exige uma mudança na linguagem do indivíduo, para que assimile os conceitos da ciência. Essa ruptura entre a linguagem comum e a linguagem científica se faz necessária, porque a definição que temos sobre uma dada palavra não são sinônimos entre o senso comum e a ciência, isto é, a utilização de uma mesma palavra no conhecimento imediato não tem o mesmo significado no mundo da ciência: há sempre uma diferença substancial entre o que um descreve e o outro. Um exemplo bastante ilustrativo deste fato é o da palavra inércia, que no cotidiano pode ser considerada como algo que está parado, imóvel; no entanto, na Física esta mesma palavra não tem o mesmo sentido. Para os físicos, esta palavra pode significar que um móvel pode estar em repouso ou movimento retilíneo uniforme, segundo a definição de Isaac Newton. Observa-se, portanto, que a palavra inércia tem sentidos muito diferentes daquele que é atribuído na vida comum das pessoas. Por isso, é imperativo existir uma ruptura entre o mundo em que se vive e o mundo científico, que não fala das mesmas coisas e usa as palavras de maneiras e significados diferentes.

A ruptura das estruturas do saber se dá quando ocorre um aprimoramento, ou mais exatamente, uma retificação do saber anterior. Essa retificação significa que aquela forma de tratar aquele fenômeno não estava correta e precisa de ajustes. No entanto, estes ajustes não significam que se chegou ao entendimento final sobre aquele fenômeno, mas que houve uma melhor compreensão. Sendo assim, não é possível a apreensão de um dado conceito científico

em toda a sua amplitude, em um único momento. Por isso

Bachelard sugere a adoção do *pluralismo filosófico* de modo que cada problema, cada noção, tenha uma filosofia particular. Essa especificidade filosófica que ele chamou de *filosofia diferencial* decorreria dos diferentes graus de maturidade de cada conceito, de cada noção, em cada área da ciência. Essa *filosofia distribuída*, ou filosofia da ciência, diferentemente do monismo filosófico presente na sua época, caracteriza o pensamento científico pois, segundo Bachelard, uma única filosofia é insuficiente para dar conta do conhecimento científico. (LÔBO, 2002, 153-154).

Esta forma de encarar a produção científica é muito importante, porque passa a tratar os conceitos científicos produzidos não numa uniformidade, mas na sua diferenciação em relação a cada ciência. Neste sentido, o conceito de massa pode variar de pessoa para pessoa, como de ciência para ciência. Na Química, o conceito de massa está mais ligado ao aspecto empírico, enquanto na Física está mais relacionado com uma face relacional, onde massa é resultado do quociente entre força e aceleração. Observa-se, portanto, que não é possível uma única visão dos conceitos científicos, quiçá da realidade que nos cerca. Desta forma, se faz necessário desenvolver uma proposta educacional que seja capaz de perceber toda essa complexidade do mundo da ciência.

Um ensino de ciências aberto para caminhos e conclusões diferentes vai estar em consonância com “a ciência contemporânea [que] troca a *descoberta* pela invenção construtiva, e a investigação do real cede lugar a uma criação” (BARBOSA, 2002, p.149). É essa faceta do ensino de ciências, a criatividade, que deve ser valorizada em sala de aula. Uma educação que não estimule a criatividade dos estudantes não está promovendo uma eficiente educação científica, porque a ciência contemporânea é eminentemente criativa. Para citar um exemplo do caráter criativo dos modelos científicos, basta citar o conceito do átomo. Para Bachelard “‘o átomo é o tipo perfeito do ultra-objeto’, pois não se oferece à percepção, não se oferece como imagem; ‘o ultra-objeto é, mas exatamente, a não-imagem’. O átomo é fruto de um conhecimento coerente” (BARBOSA, 1996, p. 151). Esse conhecimento coerente, a que Bachelard se refere, é a capacidade que os cientistas têm de utilizar toda a sua imaginação na criação de conceitos para explicar os fenômenos sem poder tocá-los ou visualizá-los.

Esse tipo de realidade científica exige um ensino de ciências que valorize a

descoberta e a invenção, em vez da simples exposição de conteúdos. Descoberta não no sentido de que há uma verdade externa e procurada pela ciência, mas uma descoberta por parte dos estudantes do saber que está sendo discutido em sala de aula; é nesta perspectiva que se fala em descoberta. Isto porque é “necessário desviar-se do método excessivamente regular, para que este método não acabe por passar da categoria de *método de descoberta* à categoria de simples *método de ensino*” (BARRETO, 2002, p. 135). Como não há uma realidade a ser descoberta, mas um entendimento de como funcionam os fenômenos da natureza, se faz necessário que o professor estimule a descoberta do conhecimento em vez da simples exposição dele. Isto é, o conteúdo de ciências não deve ser exposto como se fosse efeito de uma simples consulta, mas o resultado de um amplo estudo orientado pelo professor. Este estudo deve estar voltado para a resolução de uma problemática criada ou resgatada da História das ciências.

Neste aspecto, a História das ciências se torna de grande utilidade, por servir de exemplo para os estudantes de como o saber científico foi produzido através da história. É possível para o professor, com este recurso, demonstrar as situações-problema que levaram os cientistas a pensarem determinadas soluções, os percalços enfrentados na tentativa de resolver certas questões, o enfrentamento com colegas ou instituições que não viam com bons olhos o aparecimento de novas explicações sobre a realidade. Enfim, a História das ciências é um recurso inestimável na execução de um curso de ciências que procure promover uma visão crítica da ciência.

Assim, os conceitos científicos não devem aparecer aos estudantes prontos e acabados, mas construídos num processo que envolva esforço, invenção e descoberta. Este modelo de ensino estimula a criatividade e permite a formação de indivíduos mais competentes para a compreensão da realidade científica atual.

Essa realidade demonstra que não é possível ministrar um ensino de ciências que valorize a memorização dos conceitos, porque do “ensino científico da escola, retemos os

fatos, esquecemos as razões, e é assim que a ‘cultura geral’ fica entregue ao empirismo da memória” (BACHELARD, 1977a, p. 145). A memorização dos conceitos se torna inútil, porque se sabe que os estudantes irão esquecê-los mais tarde. É importante que eles aprendem como utilizá-los e qual o seu significado. Uma educação só terá valor para o indivíduo se for significativa para ele. Esta significação para o estudante deverá ser despertada pelo professor, através de estratégias de ensino que levem os estudantes a perceberem a importância daquele saber e como foi construído pelos cientistas. Não é possível pensar um ensino por exposição, sem dar o sentido deste saber para a sociedade e para a própria ciência. Despertando o interesse do aluno, conseguirá fazê-lo perceber a utilidade do conhecimento, em que circunstâncias ele foi construído e para quê. É um ensino rico, porque promove uma interação com o sujeito do processo de ensino: o estudante.

Então, a compreensão dos conceitos permite que o estudante escape do real concreto, pois irá manejar os instrumentos conceituais da realidade construída da ciência, que não é o mundo em que vive, mas o mundo da ciência. A ruptura com o real exige a percepção de que a realidade científica é construída e que essa construção redundará na criação de aparelhos, numa fenomenotecnica, que é necessária para enxergar ou criar novos fenômenos.

O problema da técnica da ciência é crucial na pesquisa científica atual, porque sem ela não haveria os avanços tecnocientíficos. A relação entre ciência e tecnologia é tão intensa, que para que o cientista tenha acesso a determinados fenômenos é imprescindível criar aparelhos que lhe facultem a oportunidade de “enxergá-los”, se não os consideraria inexistentes. Mas esses aparelhos já são frutos de outras pesquisas e que levaram à sua construção. Portanto, a ciência trabalha com avanços cada vez maiores, no domínio de técnicas, frutos dela mesma.

Assim, a ciência cria meios, aparelhos, que facultarão “ver” fenômenos antes imperceptíveis e que só passaram a existir após a criação de uma tecnologia. É esse mundo interativo entre ciência e tecnologia que exige que o professor demonstre, para o estudante,

que a compreensão do mundo não é tão simples como parece. Não é só ao olhar que vemos, é preciso ter aparelhos para ampliar os limites dos sentidos humanos. Desta forma, percebe-se que é possível à ciência construir um mundo totalmente moldado pela razão e sem limites para a sua execução. Essa criação de aparelhos que auxiliam na pesquisa científica demonstra o quanto a ciência atual é produtora de realidades não existentes. Isto ocorre porque

A massa de intelectualidade torna-se tão considerável que será inútil acusar de abstração, no sentido antigo do termo, uma ciência tão complexa e que se impõe em aplicações tão numerosas. Em vez de ser um dilema, como declara a Psicologia antiga, a abstração uma encruzilhada de avenidas. (BACHELARD, 1977a, p. 30).

Ficando evidente, portanto, que

A proposta de Bachelard é instaurar um novo racionalismo – o racionalismo da abertura, de abandono de uma razão explicativa, em favor de uma razão sintética, susceptível de conversões ou de mutações. (BARRETO, 2002, p. 131).

No entanto, para se alcançar tal desiderato é vantajoso que se modifique a formação de professores comprometidos com tal proposta. Esses professores precisam estar imbuídos de uma visão de mundo que tenha rompido com a concepção realista. Professores não-realistas seriam aqueles capazes de encarar o conhecimento científico de maneira tal que não se enquadrasse nas visões tradicionais de localização e de identidade. A ciência atual trabalha com a idéia de que não é possível determinar a localização exata de um dado corpúsculo, por exemplo, e a sua dinâmica, como afirmava os antigos conceitos aristotélico e newtoniano. E, também, não é possível determinar os atributos de uma dada substância, que lhe garante a sua identidade; isto é, não se pode dizer se a luz é onda ou partícula, ou seja, ela possui duas características distintas e antagônicas. Esta característica dos fenômenos, individualidade e especificidade só têm sentido na filosofia realista, logo, os professores precisam romper com tal concepção.

Assim,

Perante o pensamento humano apresentam-se agora outros objetos que, esses sim, não são estabilizáveis, que não teriam, em repouso, nenhuma propriedade e, conseqüentemente, nenhuma definição conceptual. Será pois necessário modificar o jogo dos valores lógicos; em suma, é necessário determinar tantas lógicas quantos os tipos de objetos genéricos. (BACHELARD, 1972, p. 155-156).

Ora, essa característica da ciência atual exige que, para o professor formar



estudantes capazes de entenderem essa realidade do mundo científico, é útil que eles pensem desta forma, e não da maneira tradicional. Por isso há a necessidade de se romper com o realismo.

Professores com esta formação poderão trabalhar na construção de uma concepção de realidade que leve os educandos a perceberem como se dá a construção do mundo científico. Esses educadores precisam pensar de uma forma que permite enxergar a ciência contemporânea da maneira como ela é. Neste sentido, os professores deverão estar formados por uma pedagogia que permita “aproveitar todas as variações do raciocínio, abandonando a idéia tradicional de uma razão absoluta e imutável” (BARRETO, 2002, 138), pois acredita-se que “a filosofia pluralista das noções científicas é uma garantia de fecundidade do ensino” (BACHELARD, 1977a, p. 26). A fecundidade do ensino defendida por Bachelard só será alcançada quando os professores estiverem imbuídos desta visão de mundo.

Não é possível construir um novo modelo de ensino-aprendizagem se não ocorrer um amplo processo de formação do professor. Os alunos não serão capazes de alcançar essa dimensão livre de busca do conhecimento, se não estiverem orientados por professores pluralistas. O papel do educador, nesta metodologia de ensino, se torna imprescindível, porque é ele que irá mobilizar todos os recursos disponíveis para que os estudantes consigam adentrar neste ambiente de conhecimento que transcende totalmente a sua realidade e exige um alto grau de abstração.

A abstração é um tema significativo, porque é através dela que os cientistas constroem a ciência contemporânea. Os modelos científicos atuais se constituem em explicações abstratas, por não corresponderem à realidade imediata e concreta em que se vive. Por isso Bachelard afirma que procura

Liberar suavemente o espírito dos alunos de seu apego a imagens privilegiadas. Eu os encaminho para as vias da abstração, esforçando-me para despertar o gosto pela abstração. Enfim, acho que o primeiro princípio da educação científica é, no reino intelectual, esse ascetismo que é o pensamento abstrato. Só ele pode levar-nos a dominar o conhecimento experimental. (BACHELARD, 2001, p. 292).

Esta visão sobre a abstração deve ser levada para a escola e desenvolvida junto aos estudantes, por ser um mecanismo essencial na compreensão da ciência hodierna. Não é possível ensinar ciências sem abstração, porque o saber é, basicamente, abstrato, no caso específico da Física, não se constituindo numa descrição exata da realidade.

O pluralismo na educação é a marca do avanço no processo de ensino-aprendizagem. Um ensino, que possua um conteúdo fechado, está ultrapassado e não estará contribuindo em nada na formação das novas gerações, porque não está habilitando os estudantes para entenderem o funcionamento da ciência atual. A ciência contemporânea não se constitui numa ampla acumulação de conteúdo, mas num certo modo de pensar, de posicionamento epistemológico. Por isso é que um ensino que não contribua para uma melhor compreensão da ciência é inócuo.

Neste tipo de educação, a relação professor-aluno transforma-se completamente, pois não há uma verdade definitiva a ser conquistada, mas a construção de um conhecimento através de pesquisas que se caracterizam pela constante retificação. Neste âmbito, a aprendizagem é fruto do diálogo entre o mestre e o discípulo, ou seja, o processo de construção do saber é resultado da interação social. Assim, deve haver uma troca constante entre o professor e aluno, porque

A pessoa afeita à cultura científica é um eterno estudante. A *escola* é o modelo mais elevado da vida social. Continuar sendo estudante deve ser o voto secreto de todo professor. Devido à própria natureza do pensamento científico em sua prodigiosa diferenciação, e devido à inevitável especialização, a cultura científica coloca incessantemente o verdadeiro cientista na situação de estudante. (...) De fato, os cientistas freqüentam a escola uns dos outros. A dialética do mestre e aluno invertem-se sempre. No laboratório, um jovem pesquisador pode adquirir conhecimento tão avançado de certa área técnica ou tese que, na questão, torna-se mestre de seu mestre. Há nisso elementos de uma pedagogia dialogada da qual não se presume nem a força nem a novidade, se não se toma parte ativa numa comunidade científica. Desfazer essas relações psicológicas significa afastar-se da atividade atual, da atividade cotidiana da ciência. (BACHELARD, 1977a, p. 31).

Desta forma, fica claro que o papel do professor modifica-se completamente na perspectiva bachelardiana. O professor não é mais aquele que possui autoridade sem limites, por deter um conhecimento tido como verdadeiro. O professor torna-se um mediador entre o

estudante e o conhecimento transitório da ciência. É um professor que está em constante aperfeiçoamento, para dar conta dos constantes avanços da ciência atual e ser capaz de promover mecanismos que possibilitem aos estudantes ascenderem a esta realidade nova da pedagogia contemporânea.

Também, o aluno não é mais aquele que não detém o conhecimento, mas um sujeito capaz de interagir com o professor, proporcionando o levantamento de questões que poderão ser debatidas em sala de aula e aprofundar o conhecimento científico. Não mais a visão de conhecimento definido e transmitido, pura e simplesmente, mas um saber que se constrói a cada aula, numa interação constante entre o mestre e o discípulo, porque “a constituição de uma racionalidade se faz num diálogo de mestre e discípulo” (BACHELARD, 1977a, p. 81).

Uma educação caracterizada pelo diálogo propicia o aparecimento de um novo tipo de aluno. Este aluno não pode ser caracterizado pela padronização típica do ensino tradicional. Neste tipo de modelo educacional, chega ao fim aquela idéia antiga de que o processo de ensino-aprendizagem deve promover a homogeneização dos educandos, isto é, uma classe deve padronizar o comportamento de todos os estudantes. Isto acontece porque há uma idéia arraigada de que

A racionalidade que regula o cotidiano educativo traz como pressuposto a idéia de linearidade do processo educacional, de uma evolução progressiva e padronizada de comportamentos. Esta ênfase comanda a previsibilidade das condutas quanto às respostas que os alunos devem apresentar, privilegiando-se padrões pré-estabelecidos e negligenciando-se o ‘diferente’, ainda que este possa oferecer uma nova possibilidade na forma de pensar. (BARRETO, 2002, p. 127).

Mas é a diferença a marca da proposta educacional de Bachelard, porque se a sua proposta admite que há vários caminhos e possíveis verdades, logo os estudantes não devem encontrar os mesmos caminhos e as mesmas respostas. Esta diferença é fundamental, porque ajuda no enriquecimento do diálogo na classe, ao permitir que a diferença gere debates sobre os resultados encontrados. Um processo de ensino nesta perspectiva é rico por admitir essencialmente os desencontros para demonstrar o quanto o caminho da aquisição do

conhecimento humano pode trilhar pelos mais diversos roteiros. No entanto, pode-se afirmar, sem medo de errar, que

A escola contemporânea privilegia o uso de métodos que promoviam a homogeneização e a objetividade, orientando-se por mecanismos de poder que se estruturam por meio de instrumentos de controle e de avaliação de resultados. Nesta perspectiva, o aluno que consegue um resultado previsto pelo método, é avaliado como um aluno que ‘aprendeu’ aquilo que lhe foi ‘ensinado’. De acordo com Bachelard. (BARRETO, 2002, p. 135).

Enfim, homogeneizar os alunos de uma classe é cometer uma violência contra as individualidades de cada um e empobrecer a interação entre os sujeitos. Essa uniformização da educação acontece via avaliação, que é o meio que o professor dispõe para verificar se o que foi ensinado em sala de aula foi “corretamente” aprendido pelos estudantes. Só que o processo de avaliação, por ter um caráter uniforme, não consegue dar conta das diferenças existentes no ambiente escolar. É necessário recordar que Bachelard chama a atenção para o fato de que cada pessoa está num nível de compreensão dos conceitos científicos, isto é, nem todos os alunos da classe compreendem um dado conceito científico da mesma maneira, porque uns estão num aspecto empirista, por exemplo, outros no racionalismo, e assim por diante. Desta forma, uma avaliação não consegue perceber se um determinado aluno conseguiu mudar a sua concepção sobre este ou aquele conceito científico. Por isso, a avaliação coletiva é inadequada para realizar uma análise do processo de aprendizagem, em sala de aula, por não levar em consideração as diferenças individuais.

Para entender o que Bachelard defenderia num processo de avaliação, seria a partir de uma evolução do processo de aquisição do conhecimento científico. Segundo ele, o conhecimento científico passa por três estados.

1º) *O estado concreto*, em que o espírito se entretém com as primeiras imagens do fenômeno e se apóia sobre uma 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 apóia sobre uma filosofia da simplicidade.

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. (BACHELARD, 2001, 11-12).

A partir da evolução, por que passa o processo de aquisição do conhecimento, é

possível afirmar que um estudante que teria alcançado o seu objetivo no processo educacional seria aquele que tivesse atingido o terceiro estado, pois seria este onde a pessoa consegue acessar a abstração da ciência atual. Neste estágio, o aluno já conseguiu romper totalmente com o saber oriundo do senso comum e consegue pensar a partir das formulações teóricas do modelo científico atual, por ser neste estado que se dá a sua produção. Por isso, o processo avaliativo, na perspectiva bachelardiana, não pode ser tomado em seu caráter coletivo, mas individualizado, porque só assim conseguir-se-á determinar se um certo aluno conseguiu evoluir na concepção de determinados conceitos científicos.

Esta forma de avaliação é muito importante, porque iria determinar se o estudante conseguiu superar os obstáculos que impediam a apropriação do saber e alçou o estágio capaz de perceber os fenômenos naturais em toda a sua complexidade. Uma avaliação que não distinga as diferenças individuais dos estudantes é inócua, por não conseguir detectar se aquele aluno superou os empecilhos que obstruíam a aquisição do conhecimento.

Essa perspectiva de entender o processo avaliativo modifica a noção do erro no processo de ensino-aprendizagem. O erro é tido como o fracasso do estudante rumo ao conhecimento. Na epistemologia bachelardiana o erro tem um papel diverso. Para ela, o erro é o motor do conhecimento, por ser o instante em que há a percepção de que não houve aprendizagem, ou seja, um determinado conceito científico não foi compreendido como deveria. Este é o momento onde o professor interfere, buscando orientar o estudante a encontrar uma possível resposta para os equívocos cometidos. Neste sentido, o erro não é danoso, mas eficaz, porque provoca a busca por uma resposta correta. O professor deve aproveitar esse momento para enriquecer a aprendizagem e utilizar este erro para ilustrar o quanto é árduo a busca pelo conhecimento e que essa busca está cheia de equívocos e fracassos. Mas que esses fracassos são característicos de quem busca conhecer a constituição dos fenômenos. Logo,

Na perspectiva do racionalismo, toma-se o erro como função positiva, passando-se a considerar não mais uma única verdade, mas verdades múltiplas. Na perspectiva do

ensino, esta noção sugere que o professor considere a possibilidade de rever conceitos, não necessariamente para extinguir o 'velho', mas permitindo sua retificação. (BARRETO, 2002, p. 137).

Com base no exposto, “o professor será aquele que faz *compreender* – e na cultura mais avançada em que o aluno já compreendeu – será ele quem fará *compreender melhor*” (BACHELARD, 1977a, p. 27). Este enfoque é fundamental, pois a “pedagogia proposta por Bachelard é uma pedagogia permanente que não se acomoda às descobertas, mas é também uma pedagogia da ruptura” (BARRETO, 2002, p. 138), já que entre “os dois pólos do *mundo destruído* e do *mundo construído*, ele propõe o *mundo retificado*” (BACHELARD, 1977a, p. 63).

Assim, o fulcro central da epistemologia de Bachelard é levar o educando ao imponderável do ilimitado, porque não há um saber fechado e estanque a ser encontrado ou descoberto, mas um constante aprimoramento daquilo que já temos numa ânsia infinita pela compreensão total, mesmo sabendo, talvez, que nunca a alcançaremos. Neste aspecto, educar é promover meios de retificação constante daquilo que já temos, em uma outra realidade mais rica e complexa. Conhecer é, portanto, resolver uma problemática. Resolução esta que encetam novas problemáticas e assim indefinidamente.

Esta perspectiva de ensino, possibilita a emergência de um novo tipo de estudante, que seja capaz de ter autonomia para pensar e criticar todo o processo científico. Não se tornarão pessoas acomodadas, porque foram formadas na escola do diálogo, do questionamento; portanto, não aceitarão as descobertas científicas como verdades infalíveis, compreenderão os cientistas como homens que trabalham como tantos e alcançam seus sonhos ou fracassam. E pessoas formadas desta maneira serão muito mais úteis à sociedade, por estarem questionando o mundo em que vivem e exigindo um papel cada vez mais social para a ciência.

## CONCLUSÃO

**“O verdadeiro educador é aquele que ainda cresce psiquicamente ao fazer crescer, aquele que institui como indução psíquica a correlação do racionalismo docente com o racionalismo ensinado” (BACHELARD, 1977a, p. 89).**

A epistemologia bachelardiana rompe com os padrões convencionais de entendimento sobre o que é ciência, a sua produção e o seu impacto na sociedade. Esse rompimento se dá quando Bachelard afirma que não há a tradicional dicotomia entre racionalismo e empirismo. Até então, se acreditava que havia duas formas distintas e exclusivas de se entender a realidade: a razão e a experiência. Com ele, essa dicotomia desaparece, ao mostrar que elas estão interligadas numa complexa rede de relações. Assim, não é possível pensar uma razão independente da experiência e uma experiência que não sugira implicações racionais.

Esta forma de tratar o processo de aquisição do conhecimento científico leva a uma total ruptura com as concepções que se tinha até então, pois que, neste contexto, a experiência realizada por um cientista é, na realidade, a razão confirmada, por ter sido pensada e planejada segundo uma teoria que foi construída antes, ou seja, não há um experimento fora de um arcabouço teórico que lhe dê sustentação.

Essa forma de pensar deu origem a um conceito bachelardiano fundamental para

se entender a sua epistemologia, que é a de racionalismo aplicado. Um racionalismo que não parte da experiência imediata das pessoas, porque o âmago desta epistemologia parte do pressuposto de que o conhecimento oriundo do senso comum não se constitui num saber relevante, por ser resultante dos sentidos, e os sentidos não são capazes de apreender os fenômenos em toda a sua extensão. Por isso há a necessidade de romper com essas estruturas, para que ocorra a construção do saber científico.

O conhecimento é fruto da construção humana e não o resultado da descoberta das leis que regem os fenômenos. Neste sentido, quando o cientista constrói um certo conhecimento não está descobrindo leis que regem os fenômenos, mas a elaboração de teorias que procurem explicar o funcionamento da natureza. Não existe uma racionalidade na realidade, mas a busca de compreendê-la através de elucubrações teóricas que expliquem esses fenômenos. Em síntese, a “ciência moderna dedica-se a construir um mundo à imagem da razão” (BACHELARD, 1968, p. 19) e não uma ciência à imagem do mundo. Na realidade, a teoria é testada empiricamente, para comprovar um pensamento que foi fruto da construção humana.

Esta ciência, fruto da criação humana, trabalha a partir de abstrações cada vez mais amplas. O conhecimento caminha do racional para o real. É uma ciência que, ao criar as teorias, procura explicar os fenômenos, não estando embasada em retratar fielmente a realidade, mas em construir explicações que não correspondem à descrição da realidade em si. Essas explicações estão além da realidade concreta, por sustentarem-se em construções abstratas da natureza e não numa simples descrição. A abstração da ciência atual se deve à utilização da Matemática, que se tornou um mecanismo eficiente na compreensão dos fenômenos, por ser capaz de expressá-los de forma clara, sem estar em contato com a natureza. Por isso Bachelard afirma que

Em vez de atribuir diretamente ao elétron propriedades e forças, vai-se atribuir-lhe números quânticos e, segundo a distribuição desses números, deduzir-se-á a distribuição dos lugares dos elétrons no átomo e na molécula. Que se apreenda completamente a súbita utilização do realismo. Aqui, o *número torna-se um*



*atributo, um predicado da substância.* (BACHELARD, 1968, p. 73).

É, pois, através da Matemática que os cientistas conseguem formular e explicar os fenômenos com grande precisão sem, muitas vezes, verificá-los na realidade.

Esta percepção de que o conhecimento é uma construção e não o descobrimento de leis inerentes aos fenômenos implica que esse saber construído não se constitui numa verdade definitiva, mas numa constante aproximação. Essa aproximação significa que quando formulamos uma explicação sobre determinado fenômeno não é um reflexo perfeito, mas uma aproximação com a realidade e o conhecimento por ser aproximado está em constante aprimoramento. Esse aprimoramento da ciência contemporânea é a sua grande característica.

Bachelard no livro “O racionalismo aplicado” afirma que

A cultura e a técnica conservam a estrutura de um conhecimento aproximado. E impõem-se um exame especial para decidir a que grau de aproximação reinam as melhores confirmações. Por isso, a cultura é continuamente retificada, em seus pormenores e em seus fundamentos. E, ainda uma vez, pode-se captar uma dialética do racionalismo aproximado e do racionalismo aproximante. O racionalismo aproximante tem consciência daquilo que falta para uma adequação total da teoria com a aplicação. O racionalismo aproximado conhece muito bem o lugar da aproximação particular em ação. (BACHELARD, 1977a, p. 47-48).

Por ser aproximado o conhecimento, a epistemologia bachelardiana não admite a existência de uma verdade definitiva sobre os fenômenos naturais. A idéia da conquista de uma verdade na ciência não é possível, porque o conhecimento é fruto da construção e não o resultado de descoberta de leis que regem os fenômenos, mas a elaboração de explicações sobre aquela realidade em estudo. Por isso “a verdade deixa de ser uma correspondência entre o pensamento e a realidade para ser uma construção realizada e regulada pela comunidade científica. A verdade é sempre a verdade de uma teoria” (BARBOSA, 1996, p. 114).

Nesta perspectiva, o erro apresenta um caráter diverso do até então visto. O erro não se constitui num fato negativo por si mesmo, mas num instante em que a teoria não conseguiu prever. Para Bachelard, toda e qualquer experiência é a realização de teoria. Quando a experiência nega a teoria, significa que algo não foi previsto e necessita ser revisto. Sendo assim, esse erro sugere que há necessidade de buscar uma elaboração teórica mais completa,

para dar conta daqueles aspectos não previstos. O erro, portanto, é um estímulo para novas pesquisas e a construção de um conhecimento mais completo. Assim,

O erro passa a ser o motor do conhecimento. Ele leva a retificação. (...) O mais real é o que foi mais retificado. A retificação é importante na medida em que leva à objetivação. É porque o conhecimento deve ser sempre retificado que não se deve falar em conhecimento imediato. A objetividade não é consequência de um conhecimento que se dirige a uma realidade que se oferece ao sujeito, mas é conquistada através de retificações constantes. (BARBOSA, 1996, p.112-113).

Desse modo, a objetividade na epistemologia bachelardiana não é alcançada pela aplicação de um método infalível, mas através de um amplo processo de retificação dos erros existentes e da própria transformação do conhecimento atual. O conhecimento atual é tratado como um saber passível de ser modificado, dada a sua transitoriedade e pelos erros subjetivos que existem e não foram identificados. Então,

A objetividade não pode ser fundada sobre a existência de objetos ou de uma realidade objetiva. A objetividade deixa, pois, de ser um dado primitivo. Ela tem que ser conquistada. É através de racionalizações e técnicas que o conhecimento encontra sua coerência. O objeto científico não pode aparecer de imediato como objetivo. A objetividade passa a ser um processo, o que significa dizer que a objetividade, para Bachelard, é uma objetivação e deve, assim, ser constantemente reconquistada. (BARBOSA & BULCÃO, 2004, p. 39).

Esse processo de constante aperfeiçoamento do saber e a sua mutabilidade podem ser expressos na faceta técnica que a ciência atual assumiu. A técnica, na ciência, tem um papel imprescindível, por ser através dela que muitos fenômenos naturais podem ser identificados e estudados. É com a construção de aparelhos que ampliam os sentidos humanos que se é capaz de “enxergar” e “ver” fenômenos dantes jamais imaginados. Isto significa que a ciência trabalha com realidades não perceptíveis ao olhar humano e que esse olhar está impregnando de todo um complexo arcabouço teórico que envolve o aparelho em uso. Ou seja, quando olhamos uma estrela, através de um telescópio ou uma célula no microscópio, estamos observando realidades através de engenhos que são resultados de teorias anteriores e que estão ali sendo utilizados para captar um fenômeno não perceptível. Desta forma, a ciência atual termina estudando fenômenos através de aparelhos criados pelo homem, que “traduzem” o fenômeno em estudo, mas não se consegue chegar ao fenômeno totalmente. É o que Bachelard chama de fenomenotecnia, ou seja, a tecnologia permitindo que vejamos realidades

jamais imaginadas. E é por isso que Barbosa afirma que “a ciência contemporânea só pode ser pensada com seus aparelhos, não com os órgãos dos sentidos” (BARBOSA, 1996, p. 64).

Assim, a maneira como a ciência é construída demonstra a sua complexidade. Como não é possível percebermos todos os fenômenos que nos cercam com os nossos sentidos, se faz necessário que se construa aparelhos, para possibilitar a percepção daquilo que não vemos. Esta exigência da ciência nos obriga a rompermos totalmente com o conhecimento oriundo da experiência imediata, por não se constituir num saber alicerçado numa problemática e validado por uma comunidade de cientistas.

Esta comunidade de cientistas é que valida o conhecimento produzido. Como não é possível estabelecer um critério definitivo do que é verdadeiro ou falso, é mister que se crie um mecanismo que avalie o saber produzido e dê o certificado se é ou não científico. Isto significa que o conhecimento não tem um critério infalível de validação, pois uma comunidade pode aceitar como verdadeiro um saber falso ou vice-versa. Um bom exemplo desse fato foi o paradigma aristotélico de que a terra era o centro do Universo. Neste caso, a comunidade de estudiosos garantiu a validade de um saber falso. Bachelard afirma que *cidade científica* é um conceito muito

Importante, pois só é possível falar na constituição de uma nova cultura científica porque esta  *cité scientifique*, estabelece as regras de ação. Para Bachelard, é preciso também que o cientista passe por um processo de *formação* do seu espírito científico. E a cidade científica que vai constituir as bases da ciência. O sujeito racional pertence a uma cidade científica, ele deve respeitar as normas da  *cité*. (...) O conhecimento científico, no seu aspecto moderno, realizado em sua atualidade, precisa ter o seu valor social bem definido. (BACHELARD, 2001, p. 77-78).

Desta forma, a epistemologia bachelardiana tenta assimilar todo o processo de construção do saber científico. Ao buscar estabelecer as bases em que se dá esta formulação, ela argumenta que a aquisição do conhecimento ocorre com a superação dos obstáculos que impedem o sujeito de aprender. Isto se dá porque

Para que o cientista possa pertencer à cultura científica, é preciso que conheça os *obstáculos* que impedem o desenvolvimento do conhecimento, tanto a nível pessoal com a nível da própria cultura científica. É preciso realizar a *conversão racionalista* do sujeito para interditar a rota que leva ao sujeito pessoal. (BARBOSA, 1996, p. 91).

Bachelard enumera alguns obstáculos: a experiência primeira, a generalização, o obstáculo realista, o obstáculo animista, a libido, o substancialismo, o naturalismo. Esses obstáculos estão na mente do sujeito e impedem que consiga apreender o conhecimento científico. Para ele, os obstáculos ao progresso do conhecimento não são fatores externos como a complexidade, a fugacidade dos fenômenos e a fragilidade dos sentidos humanos, e, sim, são condições psicológicas, pois “os retardos e perturbações aparecem no interior do ato de conhecer, aí estão presentes as causas de estagnação do conhecimento” (BARBOSA, 1996, p. 95).

O conhecimento flui contra um saber anterior que deverá ser superado. Esse saber anterior pode ser fruto da experiência cotidiana do indivíduo, que é resultado dos seus sentidos; ou um saber científico que precisa ser superado para o estabelecimento de outro. Desta forma, só acontecerá a aquisição de um novo saber se o sujeito que está em processo de aprendizagem conseguir superar os impedimentos internos. Esses obstáculos se constituem num saber cristalizado e que é oriundo de experiências, crenças, certezas, ou seja, toda uma sorte de mecanismos que dificultam a compreensão do fenômeno científico. A superação desses obstáculos é importante, porque o conhecimento científico é contra-indutivo, isto é, ao procurar explicar a realidade termina por construir um saber que não corresponde ao conhecimento que a pessoa traz. Na realidade, a ciência nega as nossas crenças e experiências, ao propor um mundo totalmente diferente daquele em que vivemos. Daí a imperiosa obrigação de rompermos com tudo aquilo que nos é caro, mas que são empecilhos ao processo de apropriação do conhecimento.

É esta visão diferenciada sobre ciência e sua construção que Bachelard propõe que seja levada até aos estudantes, nas escolas. É uma proposta extremamente ousada, mas que enseja um novo tipo de educação, que prime pela descoberta e construção do conhecimento, não havendo, portanto, um ensino que se preocupe só com o conteúdo, preocupado em transmitir informações, que muitas vezes já são ultrapassadas.

É uma proposta que ultrapassa o ensino convencional, ao defender que os mecanismos que são adotados no processo de formação da ciência e do cientista sejam aplicados em sala de aula. Isto é, que se demonstre os mesmos princípios epistemológicos que orientam a ciência, princípios estes também orientadores do processo de ensino. É a preocupação não com o conteúdo, mas, essencialmente, como são ensinados esses conteúdos e qual a finalidade deste ensino.

A meta não é a transmissão de uma grande quantidade de conteúdos, mas tratar os poucos conteúdos com uma visão de como se faz ciência na atualidade, ou seja, demonstrar que este saber é fruto de uma interação entre teoria e experiência. Esta perspectiva exige que o professor trate a experiência no contexto teórico em que foi pensada, já que não é possível a realização de experiência solta, em uma classe, por não promover uma compreensão dos fenômenos estudados, mas, apenas, uma exaltação do extraordinário.

É o desenvolvimento da percepção de que não há fenômenos aleatórios, isto é, que a construção do conhecimento aconteça sem um planejamento e uma pesquisa bem determinada, e que o processo de pesquisa científica se dá na construção de um projeto, porque não há a aquisição do saber como resultado unicamente do acaso, da admiração de um fenômeno inusitado.

A idéia de projeto, apresentada por Bachelard, consiste em que se considere que a produção do conhecimento só acontece no contexto de uma problemática. É a partir da elaboração de uma problemática que o professor estará apto a promover um ensino de ciências eficiente. A criação de uma problemática resultará na elaboração de um problema que deverá ser resolvido pelos estudantes, no decurso de um determinado tempo; isto é, não é apresentado o conteúdo puro e simples, mas estudado no âmbito de uma problemática que será solucionada pelos estudantes, com a orientação do professor.

Esta concepção de ensino de ciências demanda um novo tipo de livro didático. Até então, o livro didático poderia ser recheado de conteúdos num propósito claro de passar o

maior número possível de informações. No entanto, na perspectiva da epistemologia bachelardiana, isto não acontece, porque o enfoque não está na grande quantidade de assuntos a serem trabalhados, mas na construção de uma problemática em que estes serão trabalhados. O manual de ciências não deve apresentar os assuntos desvinculados de uma problemática, mas inseridos num contexto que exija a solução de problemas pelos alunos. É a proposta do estudante construir o seu próprio saber através da descoberta e da possibilidade de escolha de mais de uma alternativa para os problemas apresentados.

Assim, o livro didático deve constituir-se num todo orgânico, isto é, ele precisa estar de acordo com as bases científicas vigentes e apresentar os conteúdos a partir das teorias que orientam os assuntos tratados. Não é possível pensar um livro que apresente os conteúdos aleatoriamente, sem nexos um com outro e sem uma teoria que alicerce aquele conteúdo. O livro deve apresentar todos os temas inseridos numa visão de ciência, para que o aluno entenda que a ciência é construída e baseada em teorias que norteiam o pensamento da comunidade científica e, assim, constroem o saber científico.

A concepção de ensino de ciências que emerge do pensamento de Bachelard tem como ênfase abandonar a visão simplificadora da realidade e passar a compreendê-la em sua teia de relações. Isso porque não é possível alcançar o conhecimento isolado dos fenômenos, pois a sua constituição ontológica é a de existir enquanto relação. Ele vai de encontro a uma idéia bastante generalizada de que a simplificação da realidade é o caminho mais eficaz para se entendê-la. Isso porque “procurar o conhecimento do simples em si, do ser em si, pois que é o composto e a relação que suscitam as propriedades, é a atribuição que esclarece o atributo” (BACHELARD, 1968, p. 139). Isto significa que a simplificação no processo de ensino-aprendizagem é um equívoco, pois tanto a natureza, quanto a realidade, onde vive o estudante, são complexas. Quando se estuda a microfísica, por exemplo, verifica-se que a simplificação não dá conta daquela realidade, porque ela se apresenta de forma dual: ora como onda, ora como partícula. Nesta perspectiva, é fundamental desenvolver uma prática de ensino que

reflita as grandes questões da atualidade.

A pedagogia proposta por Bachelard é contrária ao que é certo e evidente, ao procurar aquilo que está oculto, que precisa ser revelado. Essa perspectiva exige uma pedagogia que trate o ensino como um ato onde o estudante entenda que a realidade onde ele vive não é simples e transparente como parece, mas algo completamente diferente. É, portanto, necessário fazê-lo perceber que o mundo em que se vive não é aquilo que parece ser.

Para Bachelard, é de fundamental importância que o estudante entenda que o mundo da ciência não é reflexo da realidade, mas uma construção do homem. Pois, segundo ele, “o real imediato é um simples pretexto do pensamento científico e não um objeto de conhecimento” (BACHELARD, 1968, p. 14). Daí se conclui que o conhecimento é uma elaboração abstrata da realidade. É esta perspectiva de ciência que deve ser ensinada nas escolas. As aulas de ciências devem trabalhar contra o concreto e contra o conhecimento do senso comum, que o estudante traz para a sala de aula. Há uma necessidade iminente de forçar o estudante a romper com os seus preconceitos.

A crítica feita à lógica aristotélica visa justamente mostrar que esta lógica não dá conta da complementariedade que aparece na Teoria da Relatividade Restrita, de Einstein, e da Física Quântica, que estabelece que não é possível, segundo Heisenberg, “atribuir um valor absolutamente exato simultaneamente à variável que designa a localização de um corpúsculo e à variável que designa o estado dinâmico do mesmo corpúsculo” (BACHELARD, 1972, p. 172). Desta forma, devemos desenvolver uma pedagogia que procure fomentar, no estudante, a percepção de que não é isolando os fenômenos que iremos conhecê-los em profundidade, mas procurando identificar o maior número de relações possíveis. Assim, o conhecimento científico é uma construção inacabada e em constante aprimoramento, e que deve ser transmitida aos estudantes nessa perspectiva de encruzilhada e não como algo acabado e parado.

Esta forma de encarar o ensino demonstra que não há um conhecimento certo e

evidente, mas que tudo o que a ciência produz é fruto de teorizações que não são definitivas e podem mudar a qualquer momento. É a criação de um processo de ensinar que procure dotar os estudantes da capacidade de discernimento, num mundo científico que está em constante mudança e que não possui um caminho certo para a obtenção do saber. Não é a educação que procura mostrar a verdade alcançada pela ciência, mas um modelo de educar que prime pela busca de respostas múltiplas, dado que a realidade é multidimensional.

A meta, nesse processo de ensino, não é a promoção de um ensino fácil, mas de um ensino a partir de toda a sua complexidade, já que a natureza e a ciência não são simples. Por isso, um ensino que procure simplificar os conceitos científicos está na contra mão da ciência e deve ser evitado, já que “tudo o que é fácil de ensinar é inexato” (BACHELARD, 1972, p. 33) Com isso, Bachelard afirma que um ensino que simplifica a realidade científica não deve ser praticado nas escolas. A tentativa de simplificar o ensino de ciências, retirando o aspecto matemático dela, é uma mutilação gravíssima, porque a ciência contemporânea é essencialmente matemática. Com a matemática, é possível prever e descrever fenômenos nunca vistos e tidos como inexistentes. A Matemática permite a explicação do fenômeno científico com grande eficiência. A ciência atual é uma ciência fortemente matematizada. Segundo Bachelard “é o esforço matemático que forma o eixo da descoberta, é a expressão matemática que, sozinha, permite pensar o fenômeno” (BACHELARD, 1968, p. 52).

Ora, se a Matemática é tão vital para a ciência atual, como mantê-la fora do ensino básico, nas escolas? Por isso Bachelard afirma que

As reformas do ensino secundário na França, nos últimos dez anos, ao diminuir a dificuldade dos problemas de física, ao implantar, em certos cursos, até um ensino de física sem problemas, feito só de perguntas orais, desconhecem o real sentido do espírito científico. *Mais vale a ignorância total do que um conhecimento esvaziado de um princípio fundamental.* (BACHELARD, 2001, p. 50, grifos meu).

A idéia de simplificar o ensino é um contra-senso, pois a ciência não é construída a partir da simplificação da realidade, mas com a ampliação cada vez maior da complexidade. Essa é uma das grandes questões levantadas por Bachelard, em sua epistemologia.



Simplificar o ensino não significa, entretanto, que iremos promover uma melhor formação a nossos estudantes, porque tal simplificação implicaria em mutilação do saber científico. Desta forma, diminuir a dificuldade do que é ensinado na escola é um grande obstáculo à aplicação da epistemologia bachelardiana, porque ela prima, essencialmente, por um ensino que esteja conectado com os pressupostos epistemológicos da ciência hodierna, e que não se constitui num conhecimento simples. Muito pelo contrário. A complexidade é a marca do fenômeno científico, e, portanto, ele só pode ser ensinado a partir do complexo e não do simples.

Para se alcançar este objetivo, é conveniente utilizar outros modos de se trabalhar, dentre elas a História das ciências, porque permite ao educador orientar os seus educandos a partir de uma perspectiva de construção do conhecimento, ao levá-los para a atmosfera onde os cientistas construíram determinado conhecimento, ressaltando os dilemas e erros enfrentados. Esse modelo de educação permite que se construa, na mente do estudante a capacidade de perceber que a elaboração de um determinado saber científico não acontece por acaso e pode seguir diversos caminhos.

A possibilidade de se encontrar vários caminhos na elaboração do conhecimento levou Bachelard a formular o conceito de encruzilhada, isto é, há a possibilidade de se trilhar diversos caminhos para se chegar ao conhecimento. Este tipo de formulação permite que o professor estimule, nos estudantes, a capacidade de escolher entre várias alternativas para a obtenção do conhecimento. Essa estratégia cria um potencial enorme nos alunos, por estimular a percepção de que há inúmeros caminhos para o conhecimento e que o momento de escolher uma dessas alternativas se constitui num instante importante na formação do sujeito, porque o força a optar e se posicionar diante da busca de saber e não simplesmente obtê-lo de graça, através de aulas expositivas.

Essa linha de pensamento decorrente da epistemologia bachelardiana implica numa mudança radical nas relações professor-aluno. Enquanto o modelo tradicional defendia

um ensino focado no conteúdo, Bachelard defende um ensino onde a descoberta seja a grande estratégia de construção do conhecimento. Assim, o professor não deve ser aquele de quem detém o saber e a autoridade, mas um intermediário, um interlocutor entre a ciência e o aprendiz, porque neste estilo de educar a marca maior é a interação entre o educador e educando, é o diálogo a mediar esta relação que pode ser extremamente rica. É no diálogo que mestre e aprendiz trocam as suas experiências e reconstruem o conhecimento em que estão trabalhando. É um tipo de relação rica porque permite que o professor veja nuances do conteúdo não percebidas e possibilita que o estudante se enriqueça, ao entender que o seu papel não é o de mero expectador, mas de um ativo sujeito do processo educacional. Nesta perspectiva,

O verdadeiro educador é aquele que ainda cresce psicologicamente ao fazer crescer, aquele que institui como indução psíquica a correlação do racionalismo docente com o racionalismo ensinado. (BACHELARD, 1977a, p. 89).

Desta forma, o processo de educar se torna em momento extremamente proveitoso, em que a interação entre o mestre e o discípulo, ambos na ânsia de aprender e nenhum com a autoridade final sobre o saber, mas todos aprendendo juntos, porque tanto a produção do saber quanto a sua socialização, através da educação escolar, se dá num meio social.

Uma educação nesses moldes necessita de um novo tipo de professor, que seja capaz de aplicar a visão oriunda da epistemologia bachelardiana. Assim, há uma imperiosa obrigação de modificar a visão dos professores sobre o processo de educação e assim alcançar o efetivo processo de aquisição do conhecimento.

A aplicação das conseqüências da epistemologia bachelardiana na educação implica de forma inexorável na formação de professores que sejam capazes de pensá-la como tal. Não é possível acreditar que será aplicado tal modelo educacional por profissionais que estão imbuídos numa visão tradicional de ensino. Estes profissionais não aplicarão esta concepção por falta de preparo, e não apenas por má vontade. Somente com o treinamento adequado dos profissionais, ligados a área educacional, é que se poderá ter a expectativa de

aplicação de princípios promissores aos nossos estudantes.

No desenho da concepção bachelardiana de educação, a avaliação emerge com um distintivo básico: não parte do princípio da homogeneização. Isto é, como educar é promover uma mudança nas estruturas psíquicas do indivíduo e essas mudanças se constituem na superação dos obstáculos que impedem a aquisição do saber, a aprendizagem se dá quando o sujeito efetuou a ruptura com os mencionados obstáculos e isto não dá para ser percebido em avaliações coletivas, mas em avaliações individuais. Somente avaliando o aluno individualmente é que o professor terá condições de perceber se ele conseguiu alcançar o terceiro estágio do processo de aquisição do conhecimento científico: o abstrato. Segundo Bachelard, só se consegue apreender a ciência atual quando se abrem as portas para abstração, devido ao saber produzido não se constituir numa cópia exata da natureza, mas em construções de modelos que explicam os fenômenos estudados. Neste sentido, o aluno só teria alcançado o resultado pretendido por Bachelard quando é capaz de perceber as elucubrações abstratas da ciência.

Para facilitar a transformação do nível em que se encontra o estudante, Bachelard criou o conceito de perfil conceitual. Este conceito permite que o professor identifique em que nível de compreensão, sobre um dado conceito científico, se encontra o aluno. Ele identifica as seguintes fases: animismo, realismo, positivismo, racionalismo, racionalismo complexo e racionalismo dialético. A partir da caracterização em qual desses níveis se encontra o estudante é possível para o professor determinar uma estratégia que faculte a oportunidade daquele mudar o perfil conceitual em que se encontra. Neste sentido, educar é promover mudanças no perfil conceitual dos estudantes e a avaliação consiste em detectar se um dado aluno conseguiu mudar de perfil. Por isso, não é factível um processo avaliativo coletivo, por não permitir que se identifique em que perfil se encontra um dado estudante.

É lógico que uma mudança no modelo avaliativo de uma escola ou de uma sociedade implica numa mudança de concepção sobre o que é educação e sua finalidade. Para

rompermos com o modelo avaliativo atual, é indispensável que ocorra um longo processo de amadurecimento e discussão das novas propostas educacionais. No caso das idéias bachelardianas, é preciso que se dê uma transformação na própria mentalidade dos formadores de professores, nos meios acadêmicos sobre o que é ciência e a sua constituição. É proveitosa uma ruptura com o padrão dominante para que se torne possível uma nova educação. É esta maneira de conceber o ensino de ciência que torna a concepção de Bachelard fecunda para ser aplicada em classe e contribui para uma reflexão na melhoria do ensino.

## REFERÊNCIAS

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

BACHELARD, Gaston. *O novo espírito científico*. Trad. Juvenal Hahne Júnior. Rio de Janeiro: Edições Tempo Brasileiro Ltda, 1968.

\_\_\_\_\_. *Filosofia do novo espírito científico*. Trad. Joaquim J. Moura Ramos. Lisboa: Editora Presença, 1972.

\_\_\_\_\_. *O racionalismo aplicado*. Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Editora Zahar Editores, 1977a.

\_\_\_\_\_. *A epistemologia*. Trad. Nathanael C. Caixeiro. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1977b.

\_\_\_\_\_. *O materialismo racional*. Trad. João Gama. Lisboa: Edições 70, 1990.

\_\_\_\_\_. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise*

*do conhecimento*. 3. ed. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2001.

\_\_\_\_\_. *Ensaio para o conhecimento aproximado*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

\_\_\_\_\_. O idealismo discursivo. In BARBOSA, Elyana & BULCÃO, Marly. *Bachelard: pedagogia da razão, pedagogia da imaginação*. Petrópolis: Vozes, 2004.

BARBOSA, Elyana. *Gaston Bachelard: o arauto da pós-modernidade*. 2. ed. Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 1996.

\_\_\_\_\_. G. Bachelard e a perspectiva epistemológica. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 17-22, jan. 2002.

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

BARRETO, Maria da C. Pedagogia da ruptura: o conhecimento como processo descontínuo. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 125-142, jan. 2002.

BASTOS, Cristiana M. de Almeida. A física, a sociologia e a unidade entre invenção racional e experiência refletida. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 83-94, jan. 2002.

BOURDIEU, Pierre. *Los usos sociales de la ciencia*. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión SAIC, 2000.

\_\_\_\_\_. O campo científico. In: \_\_\_\_\_. *Pierre Bourdieu*. 2. ed São Paulo: Ática, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio*. Brasília: Ministério da Educação, 1999.

CARVALHO FILHO, J Ernane Carneiro. A contribuição do pensamento bachelardiano para o ensino de ciências. In: Rev. *Ideação* (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 12, p. 45-57, jul. 2003.

CENTRE GASTON BACHELARD. Apresenta pesquisas sobre Bachelard. Disponível em: <<http://www2.u-bourgogne.fr/CENTRE-BACHELARD/rb.htm#n9>>.

CHALMERS, Alan. *O que é ciência afinal?*. Trad. Raul Fiker. 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1993.

\_\_\_\_\_. *A fabricação da ciência*. Trad. Beatriz Sidou. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1994.

CORNWELL, John. *Os cientistas de Hitler: ciência, guerra e o pacto com o demônio*. Trad. Marcos Santarrita. 1. ed. Rio de Janeiro: Imago, 2003.

DESCARTES, René. Discurso do método. In: *Os pensadores*. Trad. J. Guinsburg e Bento Prado Júnior. São Paulo: Nova Cultural, 1996, p. 61-127.

FEYERABEND, Paul. *Contra o método*. Trad. Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1977.

FRANCO, Antônio C. Teixeira. Bachelard, Heisenberg, o ser e o tempo. In: *Rev. Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 57-81, jan. 2002.

FREIRE JÚNIOR, Olival e CARVALHO NETO, Rodolfo A. de. *O universo dos quanta: uma breve história da física moderna*. São Paulo: FTD, 1997. – (Col. história, ciência, técnica, invenções e profissões).

FREIRE JÚNIOR, Olival. Novo tempo, novo espaço, novo espaço-tempo: breve história da relatividade. In: ROCHA, José Fernando (Org). *Origens e evolução das idéias da física*. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 282-297.

GLEISER, Marcelo. *A dança do universo: dos mitos de criação ao Big-Bang*. São Paulo: Companhia das Letras, 1997.

GONÇALVES, Ângelo M. Macedo. Ciência e filosofia em Gaston Bachelard. In: *Rev. Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 23-36, jan. 2002.

HOCHMAN, Gilberto. “A ciência entre a comunidade e o mercado: leituras de Kuhn,



Bourdieu, Latour e Knorr-Cetina”. In: \_\_\_\_\_. *Filosofia, história e sociologia das ciências I: abordagens contemporâneas*. Rio de Janeiro: Fiocruz, 1998. pp. 199-231.

KUHN, Thomas S. *A estrutura das revoluções científicas*. Trad. Beatriz V. Boeira e Nelson Boeira. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

LÔBO, Soraia F. Crise no ensino de ciências: um olhar a partir da epistemologia bachelardiana. In: *Rev. Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 143-157, jan. 2002.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Trad. Claudia Mesquita de Andrade. *Cadernos Catarinense de Ensino de Física*, V 12, n.3: p. 164-214, dez. 1995.

MOREIRA, M. A. *Modelos Mentais, Investigações em Ensino de Ciências*, 1(3), 1996. Edição eletrônica em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>.

\_\_\_\_\_. *Teorias da aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda, 1999.

\_\_\_\_\_. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora UnB, 1999.

MORTIMER, E. F. *Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos?* *Investigações em Ensino de Ciências*, 1(1), 1996. Edição eletrônica em <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>

PAIS, Abraham. *Sutil é o Senhor...: a ciência e a vida de Albert Einstein*. Trad. Fernando Parente e Viriato Esteves. 4. ed. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

PEREIRA, Oswaldo Porchat. Prefácio Introdutório. In: \_\_\_\_\_. *A religião de Platão*. São Paulo, Difusão Européia do Livro. 2. ed. 1970.

PINHO, Suani T. R. de & ANDRADE, Roberto F. S. Evolução das idéias da termodinâmica e da mecânica estatística. In: ROCHA, José Fernando (Org). *Origens e evolução das idéias da física*. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 136-181.

PONCZEK, Roberto Leon. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da mecânica. In: ROCHA, José Fernando (Org). *Origens e evolução das idéias da física*. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 16-135.

POPPER, Karl. *A lógica da pesquisa científica*. Trad. Leônidas Hegenberg e Octanny S. da Mota 17. ed. São Paulo: Cultrix, 2000.

RAMIREZ, Cristina Paula & BATÁN, Marcela R. B. Bachelard y Freud. El obstáculo epistemológico. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 95-107, jan. 2002.

RIBEIRO FILHO, Aurino. Os quanta e a física moderna. In: ROCHA, José Fernando (Org). *Origens e evolução das idéias da física*. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 298-359.

RIBEIRO FILHO, Aurino & VASCONCELOS, Dionicalos S. de. Noções fundamentais de mecânica quântica e o livro “philosophie du non” de Gaston Bachelard. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 37-56, jan. 2002.

ROCHA, José F. Moura. Origem e evolução do eletromagnetismo. In: ROCHA, José Fernando (Org). *Origens e evolução das idéias da física*. Salvador: EDUFBA, 2002. p. 182-281.

SCHAFF, Adam. *História e verdade*. Trad. Maria P. Duarte. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1995.

SILVA, J. L. de Paula Barros. O valor pedagógico da história das ciências. In: Rev. *Ideação* - número dedicado a Gaston Bachelard (Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia), Feira de Santana, n. 9, p. 109-124, jan. 2002.