

CONTRIBUIÇÕES DE GASTON BACHELARD AO ENSINO DE CIÊNCIAS

LOPES, A.R.C.

Professora de Físico-Química da Escola Técnica Federal de Química do Rio de Janeiro. Doutoranda na Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SUMMARY

Starting from an analysis on Gaston Bachelard's epistemological work, a survey is made of his conceptions on the teaching-learning process in the physical sciences, with special emphasis on Chemistry, which is so frequently rejected by the students, for it is presented as a set of superposed facts devoid of rational coherence. Accomplishing the criticism of continuous course of scientific history and structuring the psychoanalytical basis of the objective knowledge, Bachelard offers subsidies to the inquiries into the teacher, the student and the school roles, into teaching methods and into didactic books.

INTRODUÇÃO

Gaston Bachelard, nascido no século XIX (1884) e falecido no século XX (1962), viveu em um período de construções revolucionárias na ciência —em especial a teoria da relatividade e a mecânica quântica— e de grandes mudanças na racionalidade humana, sabendo bem como interpretá-las. Não para fazer delas monumento cristalizado —as verdades pelas quais o homem sempre trabalhou—, analisando-as segundo estatutos do século XIX, mas, ao contrário, expondo todo seu caráter de rompimento com o conhecimento passado.

Estabeleceu-se, assim, como o filósofo do descontínuo na razão e na história da ciência, fornecendo, sempre de forma polêmica e instigante, subsídios para o questionamento dos dogmatismos e monismos científicos.

Por outro lado, ainda que não tenha se dedicado a escrever nenhum livro tratando especificamente da educação, Bachelard em toda sua obra apontou, de forma assistemática, para a questão do ensino. Sua preocupação pedagógica diante dos problemas científicos em vários momentos se faz presente, fruto inclusive da sua própria vivência docente, se revelando explícita quando afirma se considerar mais professor que filósofo (Bachelard 1975). Esse conjunto de idéias não compõe uma teoria da aprendizagem ou uma metodologia de ensino, mas enriquece sobremaneira a discussão com respeito ao ponto-de-vista epistemológico do ensino de ciências físicas

—no caso aqui com alguns comentários especialmente dirigidos à química, área na qual atuamos—.

O PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM

Para Bachelard (1975), na aplicação de um espírito a outro é que se tem descortinado o processo de ensino-aprendizagem, estando no ato de ensinar a melhor maneira de aprender, de avaliar a solidez de nossas convicções. Assim sendo, o trabalho educativo consiste essencialmente em uma relação dialógica, onde não se dá apenas o intercâmbio de idéias, mas sua construção. Não existem respostas prontas para perguntas previsíveis, mas a constante aplicação do pensamento para a elaboração de um intertexto.

Conseqüentemente, a aprendizagem não possui o caráter a ela atribuído nos bancos escolares —perfeita imagem dos que se sentam para passivamente ver e ouvir. Não se aprende pelo acúmulo de informações; as informações só se transformam em conhecimento na medida em que modificam o espírito do aprendiz.

Segundo o epistemólogo francês, para se aprender, e aqui mais especificamente tratamos do aprendizado de ciências físicas, é preciso haver uma mudança de cultura e de racionalidade, mudança essa que, por sua vez, é

conseqüência inerente ao aprendizado científico. Não é possível se adquirir nova cultura por incorporação da mesma aos traços da remanescente. Os hábitos intelectuais incrustados no conhecimento não questionado invariavelmente bloqueiam o processo de construção do novo conhecimento, caracterizando-se, portanto, segundo Bachelard, como *obstáculos epistemológicos*.

Bachelard, enquanto defensor do descontinuísmo da razão, se mostra contrário a que se tente estabelecer no ensino pontes imaginárias entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. A racionalidade do conhecimento científico *não* é um refinamento da racionalidade do senso comum, mas, ao contrário, rompe com seus princípios, exige uma nova razão que se constrói à medida em que são suplantados os obstáculos epistemológicos. Essa ruptura impede o infinito encadeamento de idéias como elos de uma corrente produzidos à semelhança dos anteriores, visando o encaixe perfeito.

Portanto, a aprendizagem deve se dar contra um conhecimento anterior (Bachelard 1947), a partir da desconstrução desse conhecimento. O aluno só irá aprender se lhe forem dadas razões que o obriguem a mudar sua razão, havendo então a substituição de um saber fechado e estático por um conhecimento aberto e dinâmico.

Dai não podemos considerar o aprendiz como «tábula rasa». Possui ele conhecimentos empíricos já constituídos a partir do senso comum e esses conhecimentos obstaculizam o conhecimento científico. A mudança de cultura é que, dialeticamente, determina e é determinada pela destruição dos obstáculos epistemológicos advindos do cotidiano, promovendo assim a aprendizagem.

Exemplo disso está na disparidade entre as racionalidades dos mundos macroscópico e submicroscópico. No dia-a-dia convivemos com os mais diferentes objetos percebidos por nossos sentidos. Nossa noção de realidade macroscópica envolve a forma e o lugar absolutos desses corpos. Por outro lado, caso transportemos essas mesmas noções para o mundo submicroscópico elas passarão a ser o que Bachelard (1965) denomina noções-obstáculos: carregarão de imagens objetos de experiências técnicas como os elétrons. Os corpúsculos do mundo submicroscópico não são corpos pequenos: tratam-se de coisas não-coisas (Bachelard 1965) para as quais não se concebe forma ou lugar, nos moldes dos objetos ao alcance de nossas mãos e de nosso olhar.

Assim temos duas grandes ilusões dos educadores: o contínuísmo dos conhecimentos comum e científico e a crença de se conhecer a partir do nada. Ao considerarmos que o conhecimento científico apenas amplia o conhecimento comum ou ao negarmos a existência de conceitos prévios sobre os mais diferentes assuntos, não cuidamos para que os preconceitos e os erros das primeiras concepções sejam debelados, entravamos novos conhecimentos e cristalizamos falsos conceitos.

Parafraseando Bachelard (1947) ao fazer referência ao racionalismo, podemos dizer que a aprendizagem nunca começa, sempre continua, sempre destrói um conhecimento para construir outro.

E se ensinar é a melhor maneira de aprender, só aprende quem ensina. «Saber é ser capaz de ensinar», afirma Bachelard (1972a), citando Brunshvicg. Dessa forma se constata o empreendimento da operação dialógica: para o aprendiz se capacitar a ensinar é preciso a reconstrução do conceito a ser transmitido. Isso só será possível com a organização coerente do pensamento. Não há ensino onde não houve aprendizagem, não existe a passagem do conceito por mera repetição do dito, como informações percorrendo uma correia de transmissão.

Dai Bachelard (1947) defender a transformação do aluno em professor. Na atividade de receber e transmitir conhecimento, o pensamento se vitaliza, há a formação de espíritos dinâmicos e auto-críticos. Não mais se adquire um conceito por mera constatação, típica do empirismo, mas ele é obtido por racionalização. Para Bachelard (1947), um ensino recebido é psicologicamente um empirismo, mas um ensino ministrado é psicologicamente um racionalismo.

A FUNÇÃO DO MESTRE

E como será a função específica do professor? Verificamos que ele pode assumir o mais importante dos papéis, se trabalhar de encontro à mobilização permanente da cultura, ou vir a ser um dos maiores obstáculos à aprendizagem, caso se prenda ao dogmatismo. Infelizmente, temos que concordar com Bachelard (1947), ser postura freqüente dos professores na escola secundária a de distribuir conhecimentos efêmeros e desordenados, marcados pelo signo da autoridade.

Na infância existe a onisciência dos pais, abusando de seu poder sobre as crianças, diz Bachelard (1975), cometendo absurdos psicológicos como se fossem princípios de conduta. Na escola há a onisciência dos professores, instaurando um dogmatismo aniquilador da cultura, na medida em que a impõe, a quer simplesmente absorvida como dado absoluto.

O autor do «Novo Espírito Científico» defende ser necessária a severidade para a educação da criança e do adolescente, garantia da vigilância intelectual da cultura, mas salienta as diferenças entre uma severidade ditatorial e uma severidade justa, a qual só se justifica de três maneiras: pelas experiências objetivas, pelos encadeamentos racionais e pelas realizações estéticas (Bachelard 1975).

Cabe ao professor, neste sentido, trabalhar nos três níveis, a fim de promover a aprendizagem sem a imposição do saber. Só assim ele encontrará razões capazes de fazer a razão do aluno evoluir.

Em direção oposta a esse trabalho racional, vemos no ensino o domínio da mente do aluno por parte do mestre. O professor vigia o saber discente, nunca se preocupando em tornar justa essa vigilância; tentando impor uma razão, o professor educa seus alunos na desrazão. Ou simplesmente obtém a revolta dos que se negam à imposição.

No ensino da razão estreita, cujas regras carecem de lógica para o estudante, a ciência assume ares de religião, onde a própria fé é uma ordem a ser cumprida. Diante desse quadro, o não-aprendizado, a negação do imposto, denota lucidez, invariavelmente incompreendida. Quantos dos problemas psicológicos localizados em nossos alunos nada mais são que a revolta do pensamento contra a autoridade da razão monista...

«O mestre, no seu orgulho de ensinar, arvorase cada dia como o pai intelectual do adolescente. A obediência que no reino da cultura deveria ser uma pura consciência do verdadeiro, assume, em virtude do paternalismo usurpado dos mestres, um sabor insuportável de irracionalidade. E' irracional obedecer a uma lei antes de estarmos convencidos da racionalidade dessa lei.» (Bachelard 1989, 57-58).

Um caminho para o mestre se distanciar dessa postura dogmática é o de procurar, também ele, ser aluno. Ser aprendiz entre seus pares. Afinal, a cultura científica exige o papel de estudante de todos os seus participantes. Os verdadeiros cientistas são aqueles que se colocam como estudantes, frequentando a escola uns dos outros, no inesgotável processo de ensinar e aprender. E' o que Galpérine (1974) afirma ser a utopia pedagógica de Bachelard.

No processo de construção científica racional a razão polêmica está em constante retificação. Ser racionalista provoca a necessidade dessa qualidade de turbulência da razão no permanente desiludir-se. Por tanto, a *escola* (1), o ato de pertencer à *escola*, é para Bachelard (1975), o mais elevado modelo de vida social. E esse mesmo papel da escola científica deveria ser transposto para a escola secundária: tornar a ciência educativa é tornar seu ensino socialmente ativo (Bachelard 1947). Então, para colocar a escola secundária como participante de cidade científica (2), há necessidade, antes de mais nada, de fazê-la assumir o papel de escola socialmente ativa, todos se fazendo a um só tempo estudantes e professores, sempre reelaborando o conhecimento, nunca perdendo a consciência de estarmos envolvidos em um saber aberto, operários racionalistas da difícil tarefa de instrução científica.

A função do mestre consiste, portanto, em comunicar, sem imposições dogmáticas, a dinâmica do racionalismo. Ou seja, para Bachelard (1975), o professor é aquele que faz compreender ou, no estágio mais avançado, faz compreender melhor.

Em vista disso, Bachelard (1947) aponta como sendo obstáculo pedagógico o fato do professor, principalmente o de ciências, não compreender porque o aluno não compreende. Trata-se de uma consequência do desconhecimento ou desinteresse docente pelo conhecimento anterior do educando, dos entraves existentes nesse conhecimento. Ademais, o aluno tende a não compreender o ensino feito apenas através dos resultados da ciência.

O ensino racionalista exige a discussão em cima dos problemas que suscitaram o surgimento de novas teorias. O ensino da teoria ácido-base de Arrhenius, a partir das

definições de ácido como a espécie capaz de liberar H⁺ e base como a espécie capaz de liberar OH⁻, menosprezando toda teoria da dissociação eletrolítica do químico sueco (3), é apenas um, entre muitos exemplos, de resultados científicos banalizados. A discussão eletrolítica subjacente ao tema envolveria maior número de conceitos, mas permitiria o aprendizado mais eficiente, não apenas das noções de ácido e base, mas também das noções de íon e ionização.

«Sem dúvida, seria mais simples não ensinar senão o resultado. Mais o ensino dos resultados da ciência não é jamais um ensino científico. Se não se explicita a linha de produção espiritual que conduziu ao resultado, pode-se estar certo de que o aluno combinará o resultado com suas imagens mais familiares. E' necessário «que ele compreenda». Não se pode reter sem compreender. O aluno compreende a sua maneira. Pois que não lhe foram dadas razões, ele acrescenta ao resultado razões pessoais.» (Bachelard 1947, 234, tradução própria).

Em suma, o aluno torna o conhecimento familiar, revestindo-o de imagens presentes em seu próprio mundo, as quais garantem a acomodação do conhecimento à razão. Essa espécie de «ensino», sem dúvida, não oferece dificuldades, uma vez que não existem questionamentos, inexistente a crítica da cultura. As ilusões e os erros dos alunos permanecem; os novos conceitos apenas se imiscuem nos erros anteriores e ali ficam, conferindo a falsa impressão de aprendizagem.

Muitas vezes esse aprendizado do irracional garante ao aluno a operacionalização de certos conceitos, fazendo, por sinal, a alegria dos mestres. Exercícios nos quais é exigida a mera repetição de palavras serão resolvidos sem que uma real compreensão esteja em jogo. O conhecimento passa do professor ao exercício, sendo o aluno utilizado como mediador: nenhum salto de qualidade se dá no espírito do aprendiz.

SUPERACÃO DOS OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS: O PAPEL DA HISTORICIZAÇÃO

Podemos concluir com Bachelard (1947) que todo ensino precisa ser iniciado com uma catarse intelectual e afetiva capaz de psicanalisar o conhecimento objetivo. O processo de ingressar o aluno no racionalismo aplicado exige a superação dos obstáculos epistemológicos advindos do conhecimento comum. Para tanto, é preciso o aluno adquirir a consciência da retificação constante da ciência, do eterno recomeço da razão que se faz toda nova a cada desilusão.

E' importante ressaltar que a psicanálise do conhecimento nunca é definitiva, chegando-se ao ponto de haver superação total dos obstáculos epistemológicos. Exatamente por serem intrínsecos ao conhecimento, os obstáculos estão sempre presentes, exigindo o constante trabalho de superá-los. Como afirma Bachelard (1975), mesmo na aplicação do racionalismo a um problema novo, manifestam-se antigos obstáculos à cultura, nunca totalmente superados.

Advém daí a importância da historicização do ensino de ciências. Com o intuito de se fazer o ensino dos problemas científicos, e não dos resultados científicos, é importante apresentar a história do progresso do conhecimento, nada se assemelhando aos meros preâmbulos históricos atualmente apresentados nos livros didáticos de química (4). Esses resumos da história da ciência adquirem apenas o caráter ilustrativo pois, como bem afirma Bachelard (1972b), transformam grandes questões científicas, com múltiplos problemas filosóficos, em mero conjunto de experiências de um empirismo simplista. Descartam por completo a fina tessitura epistemológica das teorias científicas, perdendo, portanto, todo caráter educativo.

A história da ciência deve estar presente no ensino, fortalecendo o pensamento científico pela colocação das lutas entre idéias e fatos que constituíram o progresso do conhecimento.

Em contrapartida, devemos evitar o erro no qual incorrem os próprios cientistas que, conforme diz Bachelard (1975), apresentam a ciência para leigos como sendo prolongamento do conhecimento comum: fazem-no com a pretensão de tornar a ciência mais simples e acessível. Tal comportamento, com características ainda mais danosas, é repetido pelos professores no ensino. O novo conhecimento é sempre apresentado como consequência do antigo, já existia no antigo a preparação do novo, o presente é sempre seqüência direta do passado, possui suas justificativas no passado. O objetivo é sempre o mesmo: deixar a razão repousar na imobilidade do conhecimento comum.

Outrossim na medida em que estudamos a história das ciências físicas percebemos que muitos erros dos alunos são iguais aos erros históricos. Bachelard (1972a) inclusive considera a história das ciências como uma imensa escola, na qual existem os bons alunos e os alunos medíocres, enfatizando a importância de se trabalhar com a história de ambos: a transmissão de verdades e a transmissão de erros. O conhecimento das verdades nos faz entender as progressivas construções racionais. O conhecimento dos erros nos permite entender o que obstrói o conhecimento científico. E' a partir daí que constatamos como muitos desses entraves estão presentes no processo de aprendizagem. A dificuldade do aluno, muitas vezes, não é individual, fazendo parte de uma recorrência histórica.

Exemplo disso é a dificuldade no aprendizado dos conceitos de temperatura e calor. O aluno possui a idéia prévia de que temperatura é uma medida da quantidade de calor, logo quanto mais quente um objeto, maior o calor «contido» no mesmo. Ao nos reportarmos à história da física, encontramos essas mesmas idéias nos trabalhos anteriores aos de Black e Joule (5). Se essa discussão histórica for feita junto aos alunos, mais coerente se apresenta a ruptura entre as concepções anteriores e as concepções vigentes.

Do mesmo modo, para o entendimento de uma teoria científica mais recente é importante a compreensão da teoria negada, identificando com isso, as retificações efetuadas. Como afirma Bachelard (1983a), o aluno compreende melhor o valor da noção galileiana de velo-

cidade, caso compreenda o papel aristotélico da velocidade movimento. E' no entendimento do processo de retificação que o conceito de velocidade se consolida.

A história da ciência assume, então, papel preponderante no trabalho pedagógico de construção racional, combatendo um ensino centrado no que Bachelard (1975) denomina empirismo da memória: retemos os fatos, mas esquecemos (porque não aprendemos) as razões. Pretender ensinar pelo ato de mostrar *como* as coisas são, colocando os alunos diante de *dados*, e não de *raciocínios*, implica, necessariamente, nessa memorização compulsória e, a bem dizer, inútil. Fatos isolados não compõem um saber.

Seguramente, como afirma Bachelard (1975), há grande desproporção entre a dificuldade do trabalho racional e a facilidade do empirismo da constatação. Uma facilidade não apenas para a atividade docente, mas também para o aluno.

Mas Bachelard apresentará no campo pedagógico a mesma repulsa pelos caminhos fáceis, pelas construções ligeiras. A educação do racionalismo aplicado exige elaboração, trabalho árduo no rompimento com os hábitos do conhecimento. Não pode ser a aprendizagem do imutável; do ato de repetir, não de criar; do ato de lembrar, não de pensar. Nela o mestre possuirá o papel de negador das aparências, freio das convicções rápidas, imersas em imagens desfiguradoras.

A CIÊNCIA QUÍMICA

A ciência química talvez seja uma das que mais sofre desse esfacelamento no ensino. Como fazem dela a ciência da memória, do empírico, distante do caráter materialista racional e matemático por ela adquirido há mais de um século, massa disforme de informações destituídas de lógica, profundamente dogmáticas! Ao invés de grandiosamente ensinar a pensar, e a pensar cada vez melhor, é transmitida como um conjunto de normas e classificações sem sentido.

Final, muito mais tranqüilo é manter o espírito aquietado diante de um conhecimento pronto e acabado, do que fazê-lo questionador diante de uma ordem sempre nova. Não é por nada que Bachelard (1972a) se refere à época da escola secundária como a época dos aborrecimentos escolares. E igualmente evoca a escola ao tratar da razão como tradição, na defesa da razão aberta.

«Confunde-se sempre a ação decisiva da razão com o recurso monótono às certezas da memória. O que se sabe bem, o que se tem experimentado muitas vezes, o que se repete fielmente, facilmente, calorosamente, dá impressão de coerência objetiva e racional. O racionalismo assume então sabor escolar. E' elementar e penoso, alegre como uma porta de prisão, acolhedor como uma tradição. Vivendo no 'subsolo' como em uma prisão espiritual, Dostoiévsky pôde escrever, desconhecendo o verdadeiro sentido da razão vivente: 'A razão conhece só o que há logrado aprender'. E contudo, para pensar, em primeiro

lugar há tantas coisa que desaprender.» (Bachelard 1972a, 9, tradução própria).

Esse apego aos caminhos insípidos da memória coexiste, lado a lado, com o envolvimento no concreto: a abstração racional é constantemente afastada. Bloqueiam-se os vãos da mente, atando-a ao chão, à primeira observação, àquilo que é percebido pelos sentidos, distante do que se pensa. E' a ciência apresentada aos olhos e às mãos, mas não à mente: a experiência é encarada como verificação, ilustração, tal qual a experiência comum.

«E' ainda essa ciência para filósofos que ensinamos para as crianças. E' a ciência experimental das instruções ministeriais: pesem, meçam, contem; desconfiem do abstrato, da regra; liguem os espíritos jovens ao concreto, ao fato. Ver para compreender, este é o jogo ideal desta estranha pedagogia. Pouco importa se o pensamento segue do fenômeno mal visto em direção à experiência mal feita (...)» (Bachelard, 1970: 12, tradução própria).

A essa temática referente à experimentação é reservado considerável espaço na obra epistemológica de Bachelard. Principalmente quando está em discussão a química, ciência desde muito encarada como essencialmente experimental (6).

Na química, mais que na física, existe a tendência em se amenizar o esforço intelectual do racionalismo, fazendo sobressair o lado pitoresco e espetacular do ensino experimental. Quantos alunos de um curso experimental de química não se recordam de seu deslumbramento frente a um jardim de sílica (7), um chafariz de amônia (8) ou um simples precipitado de iodeto de chumbo amarelo-ouro? Mas quantos desses que desejaram ter tais «brinquedos» em casa, assimilaram algum conceito através do encantamento causado pelos experimentos?

A mente permaneceu no concreto diante do espetáculo, não abstraiu nem analisou. Não aprendeu ciência, apenas se admirou com a pictórico e belo.

Por conseguinte, Bachelard (1947) condenará as experiências demasiado vivas, capazes apenas de contribuir para um falso interesse pela ciência. Não será com a razão que o aluno a elas se dirigirá, mas com seus sonhos, suas paixões, suas imagens íntimas, estabelecendo relação anímica com o objeto.

O observador deve se afastar do objeto para estudá-lo, constantemente extraindo o abstrato do concreto. Sua relação com o objeto deve ser racional: aplicar-lhe sua razão, evitando a relação empírica do simples acúmulo de dados metaforizados.

Bachelard (1947) defenderá, então, a ação do professor no sentido de proteger o estudante do simbolismo afetivo que cerca certos fenômenos. Promovendo a passagem rápida da bancada de laboratório ao quadro-negro, extraindo da experiência as conclusões racionais, efetua-se a catarse das emoções interpostas entre o experimento e a razão.

«Enfim, o primeiro princípio da educação científica, no reino intelectual, parece-me aquele ascetismo que é o pensamento abstrato. Sozinho, ele pode nos conduzir a dominar o conhecimento experimental.» (Bachelard, 1947: 237, tradução própria)

A referência a esse *ascetismo* faz-nos, à primeira vista, pensar que Bachelard é demasiado sério, vendo a ciência de forma carente de brilho e, por isso mesmo, causadora de tédio. Pensar assim seria duplamente trair Bachelard: por nos determos na primeira impressão e por negarmos sua noção de turbulência da razão.

O pensamento racional só se faz tedioso se perde o caráter de revolução permanente, surracional. Não sendo esse o caso, há sempre o jogo da multiplicidade de razões rompendo com o conformismo, o conservadorismo dos conhecimentos justapostos. Um jogo onde é a própria razão que se põe em risco, na constante necessidade de reformar a experiência primeira. Trabalhando sem a linearidade do continuísmo, quando os antecedentes já contêm em si a certeza do ponto de chegada, o trabalho científico se torna uma aventura onde nosso espírito se modifica a cada mudança de racionalidade e método.

Os mestres de ciências, eles mesmos educados dentro do imobilismo, parecem empreender todo um trabalho de controle da razão, temerosos dessa efervescência psíquica. Domesticam-na, sufocam-na em nome da tradição e oferecem em troca um saber de alegria e interesse medianos. Utilizam metáforas realistas de animistas, caras ao espírito estudantil, visando com isso facilitar o aprendizado, ou melhor, a operacionalização de conceitos. Dizer que o átomo de carbono é uma pequena pirâmide, conferindo a noção de sólido palpável a um conceito abstrato, ou afirmar que o carbono tem quatro braços (9) é, como afirma Bachelard (1972b), dar satisfações por preço muito baixo. A ciência não é simples em não podemos simplificá-la a qualquer custo sem com isso negá-la. Nas primeiras lições temos, inclusive, o direito de sermos incompletos ou esquemáticos, diz Bachelard (1972b), mas não devemos ser falsos.

Sendo pueris o banais, os mestres tentam viver a ilusão de que ensinam e os alunos buscam colaborar fingindo aprender. Entretanto, sequer a satisfação mútua, ainda que fictícia, existe. Se assim o fosse, não seriam as ciências físicas, e em especial a química, das matérias mais condenadas no ensino secundário.

Acima de tudo, o aprendizado só pode ocorrer se a inteligência do aluno for respeitada. E para haver esse respeito ao aluno é preciso ser aluno com ele, participar das dificuldades psicológicas pelas quais ele passa no seu processo de mudança de cultura. Estabelecer com o aluno a vigilância mútua do saber: aluno-mestre o mestre-aluno. Não tentar enganá-lo com a «ciência fácil», referendo dos padrões do senso-comum existentes em sua bagagem. A satisfação diante do conhecimento familiar, facilmente acomodável, não se iguala à produzida pelo impacto do rompimento com os primeiros erros.

O LIVRO DIDÁTICO

No processo científico-pedagógico, Bachelard (1965) reserva ao livro espaço fundamental. A ciência é essencialmente a produção social da cidade científica, portanto o livro, na medida em que veicula a ciência para os cientistas, possui papel determinante na construção do conhecimento científico, na manutenção dos cientistas na escola.

«As forças culturais visam à coerência e à organização dos livros. O pensamento científico é um livro ativo, um livro ao mesmo tempo audacioso e prudente, um livro emensaio, um livro do qual se desejaria apresentar uma nova edição, uma edição melhorada, refundida, reorganizada. É verdadeiramente o ser de um pensamento em vias de crescimento. Se esquecermos esse caráter de sucessiva solidez da cultura científica moderna, estamos a avaliar mal sua ação psicológica. O filósofo fala de fenômenos e númenos. Por que não há de conceder atenção ao ser do livro, ao bibliômeno?» (Bachelard 1965, 6, tradução própria).

O pensamento científico está posto no livro de forma socializada, o autor expressa verdades consensuais. Possuidor de caráter orgânico, o livro estabelece suas próprias perguntas, não podendo ser lido sem que se obedeça a ordem dos capítulos, sem que se acompanhe a ordem de pensamento do autor. Ele não fala ao senso comum.

O livro do período pré-científico (10) era essencialmente de divulgação, falava de natureza, da vida cotidiana, autor e leitor pensavam juntos e de igual maneira.

Hoje, não há mais os antigos receituários, meramente descritivos; afastamo-nos da natureza e ingressamos no racionalismo aplicado, sendo esse ingresso acompanhado pela literatura científica. Como afirma Bachelard (1965), existir através dos livros já é uma existência solidamente humana, fruto da técnica racionalizada.

Mas ao contrário desse quadro que favorece a construção racional, o nosso livro escolar de cada dia apresenta um panorama bem diverso: reforça todos os males do dogmatismo e do irracionalismo docentes. Trata-se de obra fechada, onde prevalece a não-reformulação, o caráter não-científico.

NOTAS

¹ Bachelard utiliza a expressão *escola* para designar o trabalho conjunto dos cientistas na formação da cidade científica (ver nota 2). É a escola, enquanto cultura científica, que define a linha de crescimento do conhecimento. O trabalho científico é arrastado pela escola, nunca é fruto do esforço individual e isolado.

O livro não dialoga com o leitor nem polemiza com sua razão. Apenas confirma o conhecimento comum e obstaculiza o conhecimento científico. Na ânsia de tornar a ciência fácil e acessível, os autores de livros didáticos de química abusam de metáforas realistas, banalizando os conceitos. O objetivo é afastar o aluno do racional, tornando todo e qualquer conceito visível e palpável. Em nome da mera instrumentalização do pensar, visível e palpável. Em nome da mera instrumentalização do pensar, os livros didáticos de química não questionam o conhecimento comum e apenas transmitem simulacros de ciência (Lopes 1990).

CONCLUSÕES

Os questionamentos aqui apresentados têm por objetivo colaborar diretamente com a reformulação do ensino de ciências físicas, especialmente a química. Reformulação essa que se faz cada vez mais urgente na sociedade tecnológica de nossos dias, a fim de consolidar uma cultura científica com a qual os cidadãos possam ler, compreender e atuar criticamente no mundo em que vivemos.

Como afirma Bachelard (1947), o distanciamento entre ciências e sociedade é justificado por ambos pela dificuldade inerente à ciência. Assim sendo, duas posturas são assumidas: relegam o problema ou tentam facilitar a ciência. Nada mais falso visto que se desvirtua não só o conteúdo científico como sua função educadora: «(...) quanto mais difícil é uma tarefa, mais ela é educadora.» (Bachelard 1947, 252, tradução própria).

E o trabalho de suplantando essas dificuldades deve ser permanente, nunca restrito ao período escolar, sempre mantendo viva a chama do processo de contradizer conhecimentos anteriores e estabelecer uma nova cultura.

«Na obra da ciência somente se pode amar aquilo que se destrói, só se pode continuar o passado negando-o, só se pode venerar o mestre contradizendo-o. Então sim, a Escola continua ao longo de toda uma vida. Uma cultura bloqueada em um tempo escolar é a própria negação da cultura científica. Não existe ciência sem uma Escola permanente. É essa escola que a ciência deve fundar.» (Bachelard 1947, 252, tradução própria).

² Bachelard utiliza o termo *cidade científica*, o qual ele não sabe dizer ao certo se possui sua autoria, para designar uma geração de cientistas em trabalho conjunto nas sociedades atuais.

³ Arrhenius construiu sua teoria da dissociação eletrolítica – partículas carregadas sendo formadas no processo de solubilização – a partir dos trabalhos com efeitos coligativos e condutibilidade nas soluções salinas e daí partiu para a definição de ácido e base. Um obstáculo que ele teve de superar foi o fato de outros cientistas de renome não aceitarem que uma solução como a de NaCl apresentasse partículas de sódio e cloro (a distinção de íon e átomo não era clara). Afinal, não se os via nem suas propriedades se manifestavam. Este mesmo obstáculo encontramos hoje no ensino, quando o aluno confunde Na e Na+, H e H+.

⁴ Os livros didáticos mais recentes apresentam no primeiro capítulo, junto à exposição do método científico, um resumo sobre história da química. De uma maneira geral se preocupam apenas com nomes, datas e fatos isolados.

⁵ Joseph Black teve seus trabalhos sobre calorimetria publicados em 1803. Neles apresentava a distinção entre temperatura e quantidade de calor, considerando esta última dependente da massa do corpo. Seu trabalho ainda concebia o calor como uma substância fluida. O trabalho de James Joule em 1840, com sua teoria sobre os efeitos térmicos da energia elétrica, consolidou os trabalhos anteriores de Thompson e Davy, defensores da interconversão entre calor e energia mecânica, contra a teoria do calórico, a qual advogava a concepção de calor enquanto conteúdo fluido, igualmente incorporada ao senso-comum.

⁶ A ênfase no adjetivo *experimental* para a ciência química advém do processo de inovação educacional que procurou se opor ao descritivismo majoritariamente presente no ensino

dessa ciência antes do fim da década de 50 e início da década de 60. A partir do questionamento das concepções empírico-positivistas no ensino de ciências, não mais se coaduna a ênfase no experimental desvinculado do processo racional. Como afirma Bachelard (1983b), todo empirismo precisa ser compreendido pela razão e todo racionalismo precisa ser aplicado ao experimento: um não se consolida sem o outro.

⁷ Solução de silicatos de densidade precisa, a qual se adicionam sais de metais de transição, obtendo-se com isso filamentos arborescentes coloridos.

⁸ Um frasco contendo gás amoníaco, provido de uma rolha com um tubo de ponta afilada, invertido sobre uma cuba com água contendo o indicador fenolftaleína. No processo de solubilização do gás na água ocorre a diminuição da pressão no frasco, acarretando a penetração da água pelo tubo de ponta afilada como se fosse um chafariz. Pela presença da fenolftaleína, a água com amoníaco se apresenta cor-de-rosa.

⁹ A expressão de que o carbono tem quatro braços é retirada por Bachelard (1972b) da obra *Da Criança ao Adolescente*, de Maria Montessori. Este livro se propõe a apresentar a ciência para crianças e peca por essas colocações que, além de nada ensinarem, são falsas. Como afirma Bachelard (1972b), pretendendo estar ao alcance das crianças, o mestre se infantiliza.

¹⁰ Bachelard (1947) define como período pré-científico aquele que compreende os séculos XVI, XVII e parte do XVIII. Trata-se, como o próprio autor afirma, de uma divisão esquemática, utilizada apenas como orientação no estudo dos obstáculos epistemológicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACHELARD, G., 1947. *La formation de l'esprit scientifique*. (J. Vrin: Paris).

BACHELARD, G., 1965. *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. (Presses Universitaires de France: Paris).

BACHELARD, G., 1970. *Études*. (J. Vrin: Paris).

BACHELARD, G., 1972a. *L'engagement rationaliste*. (Presses Universitaires de France: Paris).

BACHELARD, G., 1972b. *Le matérialisme rationnel*. (Presses Universitaires de France: Paris).

BACHELARD, G., 1975. *Le rationalisme appliqué*. (Presses Universitaires de France: Paris).

BACHELARD, G., 1983a. *Le nouvel esprit scientifique*. (Presses Universitaires de France: Paris).

BACHELARD, G., 1983b. *La philosophie du non*. (Presses Universitaires de France: Paris).

BACHELARD, G., 1989. *Lautréamont*. (Litoral Edições: Lisboa).

GALPERINE, C., et al., 1974. Table ronde: Bachelard et l'enseignement, in: *Cologues de Cerisy*. (Centre Culturel International de Cerisy-la-Salle, Union Générale d'Éditions: Paris).

LOPES, A.R.C., 1990. *Livros didáticos: obstáculos ao aprendizado da ciência química*. (Dissertação Mestrado IESAE, FGV: Rio de Janeiro).