

“CONTINUIDADE” E “DESCONTINUIDADE”: O PROCESSO DA CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO NA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

Fumikazu Saito*

RESUMO

Historiadores da ciência e educadores têm apresentado propostas que procuram aproximar história da ciência do ensino de ciência há algum tempo. Essas propostas enfatizam aspectos formais da ciência moderna, dedicando pouca atenção para o processo da construção do conhecimento científico. Desse modo, tem-se valorizado as epistemologias baseadas na ideia de ruptura, tais como as epistemologias de Gaston Bachelard e de Thomas Kuhn. Para muitos educadores, as noções de “obstáculo epistemológico” de Bachelard e de “mudança de paradigma” de Kuhn parecem romper com a visão linear e progressista do desenvolvimento do conhecimento científico. Dessa forma, educadores têm buscado pautar suas propostas em teses descontinuistas sem levar em consideração de que elas próprias são resultados de uma forma de pensar o mundo, e foram elaboradas e instituídas frente ao conhecimento científico de uma época. Assim, mais do que pautar a aproximação da história do ensino em aspectos formais, o autor propõe neste artigo uma abordagem contextualizada, pautada em tendências historiográficas mais atualizadas. Especial atenção é dada ao contexto em que as epistemologias de Bachelard e de Kuhn foram elaboradas.

Palavras-chave: História da ciência. Epistemologia. Continuidade e descontinuidade. Construção do conhecimento científico. Natureza da ciência.

ABSTRACT

“CONTINUITY” AND “DISCONTINUITY”: THE PROCESS OF CONSTRUCTING SCIENTIFIC KNOWLEDGE IN THE HISTORY OF SCIENCE

Historians of science and educators have presented some proposals that aim to bring together the history of science and the teaching of science. Such proposals have emphasized the formal aspects of modern science without considering the process of constructing scientific knowledge. Thus epistemologies based on the idea of rupture such as Gaston Bachelard’s and Thomas Kuhn’s epistemologies are especially appreciated. For many educators, the Bachelard’s concepts of “epistemological obstacle” and Kuhn’s notion of “paradigm shift” seem to break with the linear and progressive view of the development of the scientific knowledge. Under these circumstances, educators have based their proposals upon the historical discontinuity

* Doutor em História da Ciência pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Pesquisador do CESIMA (PUC-SP). Professor do PEPG em História da Ciência (PUC-SP). Professor do PEPG em Educação Matemática (PUC-SP). Endereço para correspondência: Rua Marquês de Paranaguá, 111, Prédio I, 2º andar – Consolação. CEP: 01303-050. São Paulo-SP-Brasil. fsaito@pucsp.br

theses without taking into consideration that these very theses were the results of a way of thinking the world which was designed and instituted facing the scientific knowledge of a certain time. In this paper the author proposes that the approach of the history of science to science teaching should be guided by an approach based upon current trends in historiography rather than focusing it in the formal aspects of science. Special attention is given to the context in which Bachelard's and Kuhn's epistemologies were evolved.

Keywords: History of science. Epistemology. Continuity and discontinuity. Constructing scientific knowledge. Nature of science.

Introdução

A epistemologia da ciência é atravessada por problemáticas bem diversas e estabelece múltiplas relações com a ciência e sua história. Dentre essas diversas temáticas, provavelmente, a mais comum seja aquela voltada para a natureza do conhecimento científico. No que diz respeito ao ensino de ciências, essa temática tem recebido bastante atenção de professores e pesquisadores da área de educação, visto que boa parte dos problemas de ensino de ciência parece estar relacionada às características do conhecimento que se pretende ensinar. Desse modo, diferentes abordagens que buscam aproximar história da ciência e ensino de ciência têm sido propostas e discutidas já há algum tempo¹ (MARTINS, 2007; SILVA, 2006; CACHAPUZ; PRAIA; JORGE, 2004; KOMINSKY; GIORDAN, 2002; PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002; MATTHEWS, 1994, 1995; SILVEIRA, 1992).

Contudo, ao abordar a natureza do conhecimento científico, esses estudos têm enfatizado apenas aspectos formais da ciência, dedicando pouca atenção ao processo da construção do conhecimento científico. O que é bastante compreensível, visto que muitas das questões relacionadas à ciência partem de caracterizações do que é conhecimento científico para então compreender o processo histórico de seu desenvolvimento. Assim, educadores, bem como alguns historiadores da ciência, têm buscado aproximar história da ciência do ensino de ciência por um viés epistemológico sem, contudo, levar em consideração que o próprio processo que os conduzem a essa aproximação é também histórico.

Com efeito, uma das preocupações dos pesquisadores em educação quanto à questão da epistemologia diz respeito à predominância de visões de índole empirista-indutivista entre os professores de ciências (PRAIA; CACHAPUZ; GIL-PÉREZ, 2002). Para reverter tal situação, acredita-se que a inclusão de estudos sobre tendências epistemológicas mais atualizadas nos cursos de formação de professores seria fundamental. Nesse sentido, as ideias de Gaston Bachelard (1884-1962), Karl R. Popper (1902-1994), Thomas S. Kuhn (1922-1996), encontram-se entre as mais mencionadas pelos pesquisadores em educação, mesmo entre aqueles preocupados em atualizar as visões de ciência predominantes entre professores e estudantes (BELTRAN; SAITO, 2012).

Dentre esses filósofos da ciência, provavelmente, os mais valorizados sejam Bachelard e Kuhn. Podemos dizer que os educadores são atraídos para os estudos de Bachelard e Kuhn por causa da ideia de ruptura que se encontra na base de suas epistemologias. Para muitos educadores, as noções de obstáculo epistemológico de Bachelard e de mudança de paradigma de Kuhn parecem romper com a visão linear e progressista do desenvolvimento do conhecimento científico, visão esta que caracterizaria uma epistemologia de viés positivista. Todavia, é preciso ter em conta que essas duas noções, na verdade, mascaram as concepções de natureza positivista que ainda permeiam essas duas epistemologias (SAITO; BROMBERG, 2010).

Sem dúvidas que as ideias de Bachelard e de Kuhn foram importantes para compreendermos o desenvolvimento da ciência. Além disso, elas valorizaram a história da ciência dando-lhe um lugar entre as muitas propostas filosóficas que pretendiam refletir sobre o fazer científico. Contudo,

1 Como a lista é longa, citamos aqui apenas algumas propostas e estudos. A lista inclui ainda, entre outros: Gil-Pérez (1983); Gagaliardi (1988); Ayala (1992); Castro (1992); Giordan e Vecchi (1996).

como veremos mais adiante, as epistemologias de Bachelard e de Kuhn não parecem dar conta do processo histórico da construção do conhecimento científico e são tomadas com muita cautela por alguns historiadores da ciência (BELTRAN, SAITO, 2012; SAITO; BROMBERG, 2010; ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

Devemos ter em conta que a epistemologia é o estudo crítico dos princípios, das hipóteses e dos resultados das diversas ciências. Sua principal característica é a reflexão sobre a argumentação dos processos do conhecimento científico, argumentação essa que se desenvolve sobre um pano de fundo em que se entrelaçam diferentes concepções de ciência e outras posições de natureza ética, estética, filosófica, religiosa, política, ideológica etc. Assim, é sobre esse cenário de fundo que devemos situar as diferentes epistemologias da ciência para podermos compreendê-las em seu aspecto mais essencial, tomando-se o cuidado de não extrair-las de seu contexto de modo a subtrair-lhes a historicidade que lhes é inerente. Isso porque toda epistemologia é formulada e desenvolvida em meio a posições conflituosas que conduzem a controvérsias. Em outros termos, as epistemologias de Bachelard e de Kuhn devem também ser contextualizadas e analisadas segundo concepção de conhecimento de suas respectivas épocas, visto que a epistemologia (e também a filosofia da ciência)² está ancorada a certos pressupostos discursivos próprios de uma época. Assim, como abordaremos a seguir, ao aproximarmos história da ciência do ensino de ciências é preciso ter-se em conta que a epistemologia também é resultado de uma forma de pensar e ver o mundo e é elaborada e instituída frente ao conhecimento científico de uma época.

Gaston Bachelard

Podemos dizer que a epistemologia de Bachelard surgiu num momento em que a reflexão sobre a natureza do conhecimento científico se apresen-

2 Por escapar do escopo principal deste artigo, não discutiremos aqui a diferença entre filosofia da ciência e epistemologia. Cabe, entretanto, observar que esses dois domínios de conhecimento referem-se a assuntos distintos. O que se entende por *epistemology* em países de língua anglo-saxônica é entendido como *philosophie de la science* na França, por exemplo, e vice-versa (CARRILHO; SÁÁGUA, 1991).

tava essencialmente a-histórica. Na época em que Bachelard formulou suas ideias, o neopositivismo, expressão do conhecimento filosófico entre as duas grandes guerras mundiais, tinha como meta chegar a uma ciência unificada e, para atingi-la, propunha restringir a própria concepção de ciência à lógica e à matemática. Assim como o positivismo clássico, proposto por Auguste Comte (1798-1857), o neopositivismo mantinha a tendência de privilegiar a ciência empírica como forma de conhecimento válido, buscando, entretanto, novos critérios para fundamentá-la. Para os neopositivistas, a ciência unificada deveria abranger todos os conhecimentos fornecidos pelas ciências empíricas sobre os quais se aplicaria o método lógico de análise que havia sido desenvolvido por matemáticos como Giuseppe Peano (1858-1932), Gottlob Frege (1848-1925), Alfred North Whitehead (1861-1947) e Bertrand Russell (1872-1970) (PASQUINELLI, 1983; SCHILICK, 1975).

É fácil compreender por que razão a epistemologia dos neopositivistas buscou circunscrever a ciência nos moldes lógico-matemáticos e relegar a história a um segundo plano. Naquela época, era generalizada a sensação de que o edifício da ciência não demoraria a ficar pronto. Os cientistas, que já não eram mais filósofos naturais, mas especialistas em campos de conhecimento específicos e complexos, sentiram-se então preparados para falar de sua própria área de conhecimento. Surgiu aí uma espécie de cientista-filósofo ou cientista-historiador cuja ordem do dia era assentar a ciência sobre bases sólidas para garantir o aprimoramento do conhecimento científico (ALFONSO-GOLDFARB, 1994).

Foi nesse contexto, em que a ciência e a epistemologia estavam preocupadas com o presente, que Bachelard renovou alguns pressupostos filosóficos. Foi no confronto com as ideias neopositivistas que ele anunciou que a ciência não tinha a filosofia que merecia porque ela estaria sempre atrasada em relação às mudanças do conhecimento científico (BACHELARD, 2006).

Para Bachelard, o instrumento de análise privilegiado da epistemologia não era a lógica, mas a história da ciência, concebida como área de conhecimento que investiga e identifica as fases efetivas atravessadas pelo desenvolvimento do saber científico (BACHELARD, 1996).

Segundo Bachelard, “o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização [...] [Assim], aceder à ciência é rejuvenescer espiritualmente, é aceitar uma brusca mutação que contradiz o passado” (BACHELARD, 1996, p. 17-18, grifo do autor). Isso significa que as sucessivas contradições do passado, que se afiguram como autênticas rupturas epistemológicas, seriam as molas propulsoras do desenvolvimento do conhecimento científico. Nesse sentido, a história da ciência avançaria com base em sucessivas rupturas epistemológicas.

Cabe observar que a concepção que subjaz a essa ideia tem por base a ruptura entre conhecimento de senso comum e científico (BACHELARD, 1977). Para Bachelard, o conhecimento de senso comum era mera opinião. Para ele, “a ciência, tanto por sua necessidade de coroamento como por princípio, opõe-se absolutamente à opinião [...] A opinião *pensa* mal; não *pensa*: traduz necessidades em conhecimentos [...] Ela é o primeiro obstáculo a ser superado” (BACHELARD, 1996, p. 18, grifo do autor). Isso porque toda opinião já era resposta a um problema, e o espírito científico proibia-nos de termos opiniões sobre questões que não compreendemos. Assim, Bachelard alertava que, antes, precisávamos aprender a formular claramente as questões e considerar, em seguida, as teorias que as responderiam. É nesse sentido que ele afirmava que o conhecimento científico vivia da agitação dos problemas. Em outros termos, o conhecimento científico avançaria por meio de sucessivas retificações de erros anteriores. Desse modo, como “o ato de conhecer dá-se *contra* um conhecimento anterior” (BACHELARD, 1991, p. 17), a verdade alcançaria pleno sentido quando um problema era resolvido, ou seja, quando um erro do passado era retificado:

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. E não se trata de considerar obstáculos externos, como a complexidade e a fugacidade dos fenômenos, nem de incriminar a fragilidade dos sentidos do espírito humano: é no âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional,

lentidões e conflitos. É aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas de inércia à quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos. (BACHELARD, 1996, p. 17).

O obstáculo epistemológico era uma ideia que impedia e bloqueava outras ideias, podendo esta ser hábitos intelectuais cristalizados, teorias científicas dogmáticas, dogmas ideológicos entre outros. Portanto, a história da ciência para Bachelard era a história da superação desses obstáculos epistemológicos. Nesse sentido, o conhecimento sempre avançaria de forma progressiva aproximando-se da verdade por meio de um longo trabalho de construção e de retificação, ou seja, rompendo com o conhecimento anterior.

Podemos dizer que Bachelard foi considerado pelos educadores como o teórico da descontinuidade. E, talvez, do ponto de vista epistemológico (e não histórico), a ideia de obstáculo epistemológico tenha se mostrado bastante atrativa ao educador, visto ser um conhecimento e não, como se poderia supor à primeira vista, ausência de conhecimento. Além disso, um obstáculo epistemológico não era um conhecimento falso, uma vez que ele permitia produzir respostas satisfatórias, e até mesmo corretas, a certos tipos de problemas. Todavia, tal conhecimento tornava-se inadequado quando era transposto ou aplicado a outras categorias de problemas, estagnando assim o progresso do conhecimento científico. Então, para promover o avanço do conhecimento era preciso retificá-lo, ou seja, corrigi-lo em nome do progresso da ciência.

No que diz respeito ao ensino de ciências, essas ideias fundamentaram diversas pesquisas e propostas de ensino de ciências que buscaram determinar as concepções prévias dos alunos e propor estratégias didático-metodológicas para superá-las (BELTRAN, 2009), inclusive no ensino de matemática (MIGUEL; MIORIM, 2005), cuja área de referência, segundo Bachelard, não teve que superar obstáculos epistemológicos em seu desenvolvimento (BACHELARD, 1996). Além disso, essas ideias foram aceitas por alguns educadores que se prontificaram a buscar obstáculos epistemológicos enfrentados pelos cientistas no desenvolvimento do conhecimento científico para fundamentar suas propostas curriculares e de ensino de ciência (GIORDAN; VECCHI, 1996). Muitas

dessas propostas, entretanto, buscaram estabelecer um paralelo entre o desenvolvimento da ciência e o desenvolvimento psicológico da criança (GIL-PÉREZ, 1983), tendo por base a tese de que, no desenvolvimento psicogenético do indivíduo, da mesma forma que na biologia, a ontogênese reproduziria a filogênese. Desse modo, tais propostas acabaram se pautando na ideia de que existiria um “paralelismo” entre a história do pensamento científico e o desenvolvimento da inteligência da criança (GARCIA; PIAGET, 1987).

Segundo Beltran (2009), surgiram críticas severas em relação a essas ideias, visto que seria um absurdo comparar o complexo pensamento de Aristóteles ao de uma criança. Além disso, nem o pensamento da Aristóteles é infantil, nem as crianças deveriam ser pequenos filósofos gregos. Desse modo, alguns educadores que inicialmente defenderam a ideia do paralelismo teriam mudado de posição.

No que diz respeito à história da ciência, embora a epistemologia de Bachelard muito tenha contribuído para elaborar perspectivas historiográficas não continuístas, na medida em que romperia com a visão linear do desenvolvimento da ciência, tão cara aos positivistas e neo-positivistas, sua ideia de progresso, entretanto, continuou fundamentada naquelas escolas (BELTRAN; SAITO, 2012). Isso porque, na época de Bachelard, a ciência era a mais alta expressão do conhecimento. Era nela que deveriam espelhar-se não só a filosofia, mas também a história da ciência. A reflexão sobre a ciência, assim, deveria acompanhar seus novos desdobramentos que, em seu processo construtivo, romperia com os erros do passado e avançaria e progrediria rumo ao futuro. Consequentemente, nesse contexto, faria sentido uma história da ciência que julgasse o passado, como bem salientou Bachelard:

[...] o historiador da ciência, para bem julgar o passado, deve conhecer o presente; deve aprender o melhor possível a ciência cuja história se propõe escrever. E é aqui que a história das ciências, quer se queira quer não, tem uma forte ligação com a actualidade da ciência. (BACHELARD, 2006, p. 209).

Segundo Bachelard (2006, p. 209), era o presente que iluminava o passado, isto é, “a partir das verdades que a ciência actual tornou mais claras e

melhor coordenadas”, que “o passado de verdade surge mais claramente progressivo na própria qualidade de passado”. Em outros termos, Bachelard referia-se a uma história que os historiadores da ciência atualmente identificam como “presentista”, isto é, uma história que busca pinçar no passado somente o que é familiar, deixando de lado outros aspectos, que na realidade foram importantes, por serem incompreensíveis. Consequentemente, estudos em história da ciência pautados nessa perspectiva tenderam a reforçar a ideia de que ciência era um corpo de conhecimentos acabado e verdadeiro, visto que a ciência teria convergido para o momento presente, que seria a etapa mais aprimorada de seu desenvolvimento (BELTRAN; SAITO, 2012).

Podemos dizer que, na acepção de Bachelard, a história da ciência é apenas uma história daquilo que deu certo e é verdadeiro, uma vez que é a história da retificação dos erros do passado. Uma proposta historiográfica que tenha a epistemologia descontinuista inspirada no modelo de Bachelard tende, assim, a nos conduzir a uma história da ciência descontextualizada, visto que deixa de lado outros aspectos ligados à ciência. Em outros termos, Bachelard refere-se a uma história que valoriza apenas as condições internas do discurso científico, deixando à margem outros desdobramentos de natureza social, política, econômica etc.

Em suma, para o historiador da ciência, a epistemologia de Bachelard romperia com uma concepção cumulativa e linear do conhecimento, embora ainda admitisse a noção de progresso científico. Entretanto, ainda na mesma esteira, defendendo a descontinuidade no desenvolvimento do conhecimento científico, uma ideia mais radical seria ainda proposta por outro filósofo natural, que também viria a defender uma epistemologia da ruptura, introduzindo as noções de incomensurabilidade e paradigma, como veremos a seguir.

Thomas S. Kuhn

Em 1963, Kuhn, em *A estrutura das revoluções científicas*, procurou apresentar um modelo para o desenvolvimento da ciência com base nos momentos de grandes mudanças conceituais, ou seja,

nas revoluções científicas. Essa obra chegaria a alcançar um público não especializado na reflexão da filosofia da ciência, atraindo sociólogos, antropólogos e historiadores para a história da ciência. Diferentemente da proposta de Bachelard, a de Kuhn procurou redefinir as bases para se explicar a quebra de processo do desenvolvimento do conhecimento.

Como já mencionamos, a diferença entre as ideias de Kuhn e de Bachelard torna-se compreensível se contextualizarmos a concepção de conhecimento em que tais epistemologias foram elaboradas. E, nesse sentido, podemos dizer que a epistemologia de Kuhn surgiu num momento em que as reflexões sobre a natureza do conhecimento científico estavam voltadas para as questões metodológicas da ciência.

Cabe observar que, embora a proposta epistemológica de Bachelard tenha valorizado a história da ciência, tal como vimos anteriormente, grande parte dos filósofos e pensadores da ciência ainda consideravam-na apenas como um espaço da descrição do contexto das descobertas da ciência: "um espaço eventual, exterior ao processo natural e lógico do conhecimento" (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 82).

Alguns filósofos da ciência, notadamente Popper, propuseram novos modelos para explicar o desenvolvimento da ciência (POPPER, 1979, 1993). Essas propostas, entretanto, buscaram explicar a transformação das teorias científicas analisando sua coerência e estruturas lógicas. Desse modo, dando ênfase ao método científico, esses modelos buscaram dar uma explicação lógica das razões pelas quais as teorias científicas não se acumulavam como mera sequência umas das outras, mas que uma suplantava a outra (POPPER, 2003). Isso porque do ponto de vista lógico (e não histórico), o natural seria encontrar uma teoria que explicasse melhor e de forma mais ampla os fenômenos que a anterior explicava. A ciência teria, assim, por propósito a eliminação dos erros das teorias anteriores, substituindo-as por teorias mais verossímeis de tal modo a aproximar-se da verdade de modo progressivo.

Podemos dizer que foi sobre esse pano de fundo que Kuhn desenvolveu sua tese descontinuísta. Visto que as teorias não se sucediam de forma

acumulativa, o problema agora era explicar como uma teoria substituíria (ou substituíra) outra, ou seja, entender como é que as teorias, que não se acumulavam meramente, eram formuladas e justificadas. Kuhn então buscou estabelecer estreito contato com a história da ciência, propondo a existência de momentos de rupturas no processo do desenvolvimento do conhecimento científico. Assim, procurando suplantar as teses que defendiam o continuísmo, ele buscou justificar a descontinuidade na ciência por meio da noção de "paradigma".

Em linhas gerais, o "paradigma" seria um conjunto de regras, normas, crenças, teorias etc. que forneceria o modelo de problemas e soluções aceitáveis por certo período à comunidade científica. Esse período em que os problemas emergiam e eram definidos e resolvidos pelo paradigma foi denominado por Kuhn "ciência normal" (KUHN, 1997).

Podemos dizer que fazer ciência "normal" significava resolver quebra-cabeças. Segundo Kuhn:

A ciência normal esforça-se (e deve fazê-lo constantemente) para aproximar sempre mais a teoria e os fatos. Essa atividade pode ser vista como um teste ou uma busca de confirmação ou falsificação. Em lugar disso, seu objeto consiste em resolver quebra-cabeça, cuja simples existência supõe a validade do paradigma. O fracasso de uma solução desacredita somente o cientista e não a teoria. (KUHN, 1997, p. 111).

Uma vez aceito o paradigma, a comunidade científica adquiriria também os problemas e os critérios para resolvê-los. O sucesso e o insucesso da solução de problemas não estariam dessa maneira necessariamente relacionados às regras impostas pelo paradigma, mas à capacidade do pesquisador em resolver um problema. Assim, a resolução de problemas fortalecia a ciência "normal", que procuraria elaborar instrumentos mais sofisticados e potentes, ampliando a teoria e precisando seus conceitos (KUHN, 1997).

A ciência "normal", portanto, seria acumulativa, e o cientista "normal" não buscaria a novidade (KUHN, 1997). Razão esta que explicaria os períodos em que uma teoria ganharia força e se aprimoraria progressivamente. Contudo, no processo de articulação teórica e empírica dos paradigmas, o conteúdo informativo de uma teoria aumentaria gradativamente, acabando por colocá-la em risco.

Assim, contra o pano de fundo proporcionado pelo paradigma, surgiriam as “anomalias” que o cientista em algum momento teria que dar conta. Segundo Kuhn: “Quanto maior forem a precisão e o alcance de um paradigma, tanto mais sensível este será como indicador de anomalias e, conseqüentemente, de uma ocasião para mudança de paradigma” (KUHN, 1997, p. 92).

Com a crise do paradigma iniciar-se-ia um período de ciência “extraordinária”, em que os cientistas perderiam confiança na teoria que antes haviam abraçado, colocando em crise o paradigma vigente (KUHN, 1997). Essa crise geraria instabilidades que se transformariam em verdadeiras revoluções na ciência. Nesse período, vários novos paradigmas concorreriam para substituir o anterior. Tais paradigmas, entretanto, ainda seriam incompletos por não incorporarem a série de normas e explicações que só o paradigma estabelecido poderia fornecer. É nesse período que a comunidade científica pautaria sua escolha em motivos nada racionais, ou seja, a escolha do novo paradigma dar-se-ia por razões estéticas, emocionais e até políticas e religiosas. Todavia, uma vez acabada a crise e estabelecido o novo paradigma, esse período de “irracionalidade” seria esquecido. Ocorreria aqui uma verdadeira mudança na concepção de mundo:

Guiados por um novo paradigma, os cientistas adotam novos instrumentos e orientam seu olhar em novas direções. E o que é ainda mais importante: durante as revoluções, os cientistas veem coisas novas e diferentes quando, empregando instrumentos familiares, olham para os mesmos pontos já examinados anteriormente [...] as mudanças de paradigma realmente levam os cientistas a ver o mundo definido por seus compromissos de pesquisa de uma maneira diferente. (KUHN, 1997, p. 145-146).

Diferentemente de Bachelard, podemos dizer que Kuhn relativizou o processo do desenvolvimento do conhecimento científico introduzindo nele alguns aspectos não formais da lógica da pesquisa científica. Com efeito, no que diz respeito à história da ciência, a perspectiva epistemológica de Bachelard reforça ainda a ideia de que o conhecimento científico avançaria e se aprimoraria de modo natural, superando obstáculos epistemológicos. Nessa perspectiva, a ciência no seu processo histórico de desenvolvimento elaboraria

teorias mais amplas que superariam as anteriores. Aspecto este muito diferente do que encontramos na proposta epistemológica de Kuhn. Em outros termos, o novo paradigma na perspectiva de Kuhn não explicaria nem mais, nem melhor os fenômenos antes explicados pelo paradigma anterior. O que significa que os conceitos e as teorias existentes no velho paradigma e aqueles formulados dentro do novo seriam incomensuráveis. Segundo Kuhn:

A maior parte dos leitores do meu texto supusera que quando eu falei de teorias incomensuráveis, queria dizer que elas não podiam ser comparadas. Mas ‘incomensurabilidade’ é um termo retirado da matemática onde não implica tal coisa [...] O que falta não é a comparabilidade, mas uma medida de comprimento em termos da qual ambos possam ser medidos direta e exatamente. (KUHN, 1976, p. 190-191).

Dizer que duas teorias eram incomensuráveis não significava necessariamente que não fossem passíveis de comparação, mas que essa comparação não poderia ser feita por meio de uma redução ou de outros métodos habitualmente discutidos no contexto da filosofia da ciência (KUHN, 2006). Kuhn, assim, abria as portas para a história da ciência vasculhar o passado e o presente numa nova busca. Ou seja, como bem observa Alfonso-Goldfarb,

A busca de como cada cultura, cada comunidade científica e cada época construiu, de acordo com seus objetivos e suas formas de ver o mundo, os critérios das verdades que regeriam sua ciência. E se as ciências de várias épocas e diversas culturas teriam, cada uma, seus próprios critérios do que fosse verdadeiro ou falso, a ciência moderna deixava de ser o padrão. Tornava-se tão-só uma ciência entre muitas, nem melhor nem mais completa, apesar de sua *pujança*. A ciência moderna deveria, a partir daí, ser estudada historicamente para que se pudesse entender a constituição dos critérios que lhe deram formação. (ALFONSO-GOLDFARB, 1994, p. 86, grifo do autor).

No que diz respeito ao ensino de ciência, podemos dizer que, diferentemente das ideias de Bachelard, as ideias de Kuhn não chegaram a ter muita influência em propostas didático-pedagógicas. Entretanto, a noção de paradigma parece ter influenciado alguns educadores porque o próprio Kuhn teria observado que a função do paradigma

cumpria-se nos manuais científicos e livros didáticos por meio dos quais o jovem estudante é iniciado na ciência (KUHN, 1997).

Contudo, no que diz respeito à história da ciência, o termo "paradigma" é utilizado com muita cautela pelos historiadores, visto ter se transformado numa daquelas palavras mágicas que explicam tudo.³ Além disso, do ponto de vista filosófico e historiográfico, o termo é vago e não parece dar conta do desenvolvimento progressivo do conhecimento científico.

A ideia de que a mudança de paradigma implica em progresso da ciência é um problema bastante complexo que tem recebido atenção de filósofos da ciência. Contudo, na perspectiva da história da ciência, não encontramos no passado pessoas dedicadas, de modo consciente, a promover mudanças de paradigma, nem mesmo superando obstáculos epistemológicos. Para alguns historiadores da ciência, as epistemologias da ruptura de Kuhn e Bachelard foram elaboradas num contexto em que a própria ideia de progresso constituía um dos pilares do fazer científico. Isso significa que é preciso também contextualizar a ideia de progresso⁴, evitando assumi-la como um dado objetivo, tal como foram admitidas nas epistemologias de Kuhn e Bachelard.

Novas perspectivas historiográficas

A despeito das críticas ao relativismo supostamente assumido por Kuhn, suas propostas tiveram grande repercussão e juntaram-se à de muitos estudiosos que buscavam novas abordagens para a história da ciência. Dentre esses estudiosos podemos citar aqui Walter Pagel (1898-1983) com o seu trabalho pioneiro sobre Paracelso, bem como Frances Yates (1899-1981) sobre a retomada da tradição hermética na época de Giordano Bruno, entre outros⁵.

A partir desses estudos pioneiros, novas tendên-

cias historiográficas passaram a ser propostas e, nelas, levaram-se em consideração não só as continuidades, mas também as rupturas no desenvolvimento no processo de transmissão, transformação e adaptação dos conhecimentos científicos. Todavia, ao contrário das ideias de Bachelard e de Kuhn, que tiveram grande penetração entre educadores, essas novas perspectivas parecem não ter chegado sequer a ser consideradas no campo do ensino (TRINDADE et al., 2010).

Atualmente, história da ciência não mais se confunde com epistemologia ou filosofia da ciência. A história da ciência renovou seus pressupostos e suas propostas historiográficas nos últimos anos, fortalecendo laços com o campo da própria história, da sociologia e de outras áreas das humanidades. Assim, nos dias de hoje, a história da ciência, embora mantenha a epistemologia como uma de suas possíveis abordagens, não se limita a ela. Novas abordagens metodológicas propõem escrever história da ciência envolvendo três esferas de análise: epistemológica, historiográfica e contextual, conforme proposta historiográfica apresentada e discutida em recente seminário internacional (ALFONSO-GOLDFARB, 2008).

Essa nova abordagem nos estudos de história da ciência tem buscado contextualizar o conhecimento científico, valorizando o processo da construção deste conhecimento. Assim, diferentemente dos estudos pautados em tendências historiográficas mais tradicionais, que têm apenas valorizado resultados, novas propostas historiográficas têm focado suas investigações nos processos que conduziram a tais resultados, considerando agora uma rede de inter-relações (ALFONSO-GOLDFARB, 2003; ALFONSO-GOLDFARB; FERRAZ; BELTRAN, 2004). Desse modo, em vez de adotar uma perspectiva normativa e filosófica, atuais tendências historiográficas da história da ciência têm insistido na necessidade de contextualizar o conhecimento científico, procurando compreender a ciência do passado tal como ela era vista no passado, e não como ela deveria ser vista segundo uma perspectiva filosófica pré-concebida. Em outros termos, para compreendermos a natureza da ciência, por meio de seu processo de construção histórica, é preciso avançar além da própria caracterização formal da ciência moderna. Isso porque, como bem sugere

3 Na verdade, Kuhn utiliza o termo "paradigma" em mais de um sentido. A esse respeito, vide Masterman (1978).

4 Convém observar que a noção de "progresso", que tem por pressuposto a ideia de que é possível chegar a uma verdade absoluta, não é um dado objetivo, mas um valor. A noção de progresso também não pode ser desvinculada do contexto histórico. Vide Rossi (2000) e Butterfield (2003).

5 Pagel (1960, 1961, 1982) e Yates (1988, 2001, 2003). Vide também McGuire e Rattansi (1995); Rattansi (1972, 1988).

Canguilhem (1977, p. 15), “a ciência atual não se confunde com essa mesma ciência no seu passado”.

Nesse sentido, tendências historiográficas atuais têm procurado situar a ciência do passado no passado, analisando cada etapa do desenvolvimento do conhecimento científico segundo uma rede de relações. Assim, estudos recentes em história da ciência têm mostrado que tanto as rupturas quanto as continuidades devem ser consideradas relevantes, assim como as influências de fatores referentes à lógica interna dos conceitos e teorias e o papel das influências externas à ciência do período em que tais conceitos e teorias foram elaborados (ALFONSO-GOLDFARB; BELTRAN, 2002, 2004, 2006; BELTRAN; SAITO, TRINDADE, 2010, 2011; SAITO, 2011).

Contudo, esses novos estudos ainda não chegaram a educadores e professores das várias disciplinas. A perspectiva histórica dominante que permeia o material didático para o ensino de ciências, bem como veiculadas pelos meios de divulgação científica, continua ainda a valorizar uma história linear e progressista. A história da ciência geralmente é utilizada como fonte de exemplos na apresentação das teorias, e espera-se que os discentes construam conhecimento sobre a natureza da ciência por meio de conceitos científicos. Segundo Trindade et al (2010, p. 125-126), tal forma de abordagem

apresenta alguns problemas: a aprendizagem não é favorecida porque os alunos são colocados diante de questões epistemológicas que sequer formularam e acabam sendo conduzidos a interpretações sobre um conceito sem terem estabelecido qualquer tipo de crítica sobre eles. Decorre daí que é absolutamente inútil a leitura de textos antigos, originais, sem que se conheçam as condições históricas, sociais, e da própria ciência do período em foco.

Os educadores têm buscado utilizar a história da ciência para propiciar uma formação em que o discente veja a ciência de modo crítico. Todavia, ao pautarem-se em questões formais da ciência, os educadores muitas vezes não percebem que, na maioria das vezes, os estudantes não estão preparados para elaborar questões de natureza epistemológica. Além disso, uma história da ciência que apenas illustre ou encadeie logicamente as ideias científicas do passado até o presente numa sequência cronológica e linear tende a reforçar a ideia de

que a ciência progride e aprimora-se deixando de lado questões de ordem contextuais importantes. Ao proceder dessa maneira, os conteúdos da ciência são organizados de tal modo a dar ênfase nos encadeamentos lógicos dos conceitos sem relação com as necessidades extracientíficas.

Por outro lado, dar ênfase apenas ao contexto em que a ciência foi elaborada também apresenta problemas. Como bem observam Trindade et al (2010, p. 126), os alunos normalmente têm pouco conhecimentos de história e praticamente nenhum de filosofia. Desse modo,

ao restringir apenas aos aspectos sociais que propiciaram o aparecimento de determinados conceitos, o educando não é colocado frente aos debates que envolveram os estudiosos da época e que propiciaram a formulação de novos conhecimentos, ou ainda de novas formas de se compreender antigos conhecimentos.

Assim, no que diz respeito ao ensino de ciências, é preciso começar pela história da ciência e não pela epistemologia. Episódios da história da ciência, pautada em tendências historiográficas mais atualizadas, pode servir de porta de acesso às questões epistemológicas da ciência. Para tanto é preciso aproximar o historiador da ciência do educador. Será somente por meio de um diálogo entre historiadores da ciência e educadores que poderemos superar os desafios que enfrentamos na articulação dessas duas áreas de conhecimento distintas, história e ensino (SAITO, 2010; TRINDADE et al., 2010).

Considerações finais

As epistemologias descontinuistas às vezes mascaram a expectativa de que, por meio delas, podemos superar o discurso positivista e progressista do conhecimento científico. A noção de ruptura, certamente, desconstrói a ideia de acumulação de conhecimento. Todavia, não rompe necessariamente com as ideias de linearidade e progresso. Para que possamos compreender o desenvolvimento do conhecimento científico, devemos voltar o nosso olhar para o próprio processo de construção da ciência. Devemos compreender que as várias epistemologias da ciência também fazem parte

desse processo e que, portanto, elas também devem ser contextualizadas. Diferentes épocas elaboram diferentes epistemologias, assim como diferentes concepções de ciência. Desse modo, ao articular história e ensino é preciso levar em consideração a visão historiográfica de referência.

Isso, entretanto, não significa que devemos tornar o professor um historiador. Visto que muitos manuais e livros didáticos de ciência, que buscam aproximar história e ensino, ainda reforçam a ideia linear e progressista do desenvolvimento do conhecimento científico, é preciso aproximar o educador do historiador da ciência. Isso porque a história da ciência pode ser um instrumento importante para o professor que, utilizando-se de fontes adequadas e atualizadas, possa promover entre seus alunos uma visão mais crítica em relação à ciência e à

construção do conhecimento científico. Todavia, é importante que o educador tenha consciência de que a História da Ciência não se encontra pronta e acabada. Ela não deve ser confundida pelo educador como um repositório fixo de informações onde ele poderia buscar recursos para articular história e ensino em sala de aula. A História da Ciência deve ser tomada como ponto de partida para ressignificar os conteúdos e levantar discussões sobre diferentes modelos de conhecimento, preparando assim o discente para as questões epistemológicas mais relevantes. É nesse sentido que temos dirigido nossos esforços ao articular história e ensino de ciências. Em outros termos, a História da Ciência pode contribuir na preparação dos alunos para que eles possam formular questões epistemológicas importantes para se compreender a natureza da ciência.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO-GOLDFARB, A. M. **O que é História da Ciência**. São Paulo: Brasiliense, 1994.
- _____. Como se daria a construção de áreas interface do saber. **Kairós**, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 55-66, 2003.
- _____. Centenário Simão Mathias: documentos, métodos e identidade da história da ciência. **Circunscribere**, São Paulo, v. 4, p. 5-9, 2008.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org.). **O laboratório, a oficina e o ateliê: a arte de fazer o artificial**. São Paulo: Educ/FAPESP, 2002.
- _____. (Org.). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões**. São Paulo: Educ/Livraria da Física/FAPESP, 2004.
- _____. (Org.). **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações**. São Paulo: Educ/Livraria da Física/FAPESP, 2006.
- ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M.; BELTRAN, M. H. R. A historiografia contemporânea e as ciências da matéria: uma longa rota cheia de percalços. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Org.). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo: Educ/Fapesp/Ed. Livraria da Física, 2004. p. 49-73.
- AYALA, M. La enseñanza de la Física para la formación de profesores de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 153-161, 1992.
- BACHELARD, G. **A epistemologia**. Lisboa: Edições 70, 2006.
- _____. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- _____. **A filosofia do não: filosofia do novo espírito científico**. 5. ed. Lisboa: Presença, 1991.
- _____. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.
- BELTRAN, M. H. R. História da Ciência e Ensino: Algumas Considerações sobre a Construção de Interfaces. In: WITTER, G. P.; FUJIWARA, R. (Org.). **Ensino de Ciências e Matemática: análise de problemas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2009. p.179-208.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F. História da ciência, epistemologia e ensino: uma proposta para atualizar esse

- diálogo. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: Unicamp, 2012. No prelo.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. dos S. P. (Org). **História da Ciência: tópicos atuais**. São Paulo: CAPES/Livraria da Física, 2010.
- _____. (Org.). **História da Ciência: tópicos atuais 2**. São Paulo: CAPES/Livraria da Física, 2011.
- BUTTERFIELD, H. **As origens da ciência moderna**. Lisboa: Edições 70, 2003.
- CACHAPUZ, A., PRAIA, J.; JORGE, M. Da educação em ciência às orientações para o ensino das ciências: um repensar epistemológico. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 10, n. 3, p. 363-381, 2004.
- CANGUILHEM, G. **Ideologia e racionalidade nas ciências da vida**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- CARRILHO, M. M.; SÁÁGUA, J. Objectivos e Fronteiras do Conhecimento. In: CARILLHO, M. M. (Org.). **Epistemologia: posições e críticas**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1991. p. vii-l.
- CASTRO, R. S. de. História da Ciência: investigando como usá-la num curso de segundo grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 225-237, 1992.
- GAGALIARDI, R. Cómo utilizar la historia de las ciencias en las enseñanza de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, Vigo, v. 6, n. 3, p. 291-296, 1988.
- GARCIA, R.; PIAGET, J. **Psicogênese e História das Ciências**. Trad. de M. F. M. R. Jesuíno. Lisboa: Publicações Dom Quixote, 1987.
- GIL-PÉREZ, D. Tres paradigmas basicos en la enseñanza de la ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, Vigo, v. 1, p. 26-33, 1983.
- GIORDAN, A.; VECCHI, G. de. **As origens do saber: das concepções dos aprendentes aos conceitos científicos**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médica, 1996.
- KOMINSKY, L.; GIORDAN. M. Visões sobre ciências e sobre o cientista entre estudantes do ensino médio. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 15, p. 11-18, 2002.
- KUHN, T. S. Theory change as structure-change: comments on the Sneed formalism. **Erkennis**, v. 10, p. 179-199, 1976.
- _____. **A estrutura das revoluções científica**. 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 1997.
- _____. Comensurabilidade, comparabilidade, comunicabilidade. In: KUHN, T. S. **O caminho desde a estrutura: ensaios filosóficos, 1970-1993, com uma entrevista autobiográfica**. São Paulo: Ed. Unesp, 2006. p. 47-76.
- McGUIRE, J. E.; RATTANSI, P. M. Newton and the 'Pipes of Pan'. In: COHEN, I. B.; WESTFALL, R. S. (Ed.). **Newton: texts, background, commentaries**. London: Norton, 1995. p. 108-143.
- MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.
- MASTERMAN, M. A natureza do paradigma. In: LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. (Org.). **A crítica e o desenvolvimento do conhecimento**. São Paulo: Cultrix, 1978. p. 72-108.
- MATTHEWS, M. R. **History, philosophy, and science teaching**. New York: Routledge, 1994.
- _____. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.
- MIGUEL, A.; MIORIM, M. A. **História na educação matemática: propostas e desafios**. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.
- PAGEL, W. Paracelsus and the neoplatonic and gnostic tradition. **Ambix**, Cambridge, v. VIII, n. 3, p. 125-166, 1960.
- _____. The prime matter of Paracelsus. **Ambix**, Cambridge, v. IX, n. 3, p. 117-135, 1961.
- _____. **Paracelsus, an introduction to philosophical medicine in the era of the Renaissance**. Basel: Karger, 1982.
- PASQUINELLI, A. **Carnap e o positivismo lógico**. Lisboa: Edições 70, 1983.

- POPPER, K. R. **A lógica da pesquisa científica**. 9. ed. São Paulo: Cultrix, 1993.
- _____. **O conhecimento objetivo**: uma abordagem evolucionária. São Paulo: Edusp; Rio de Janeiro: Itatiaia, 1979.
- _____. **Conjeturas e refutações**. Coimbra: Almedina, 2003.
- PRAIA, J.; CACHAPUZ, A.; GIL-PÉREZ, D. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em ciência. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 8, n. 1, p.127-145, 2002.
- RATTANSI, P. M. The social interpretation of science in the Seventeenth Century. In: MATHIAS, P. (Ed.). **Science and society 1600-1900**. Cambridge: Cambridge University Press, 1972. p. 1-32.
- _____. Newton and the wisdom of the ancients. In: FAUVEL, J.; FLOOD, R.; SHORTLAND, M.; WILSON, R. (Ed.). **Let Newton be!** Oxford: Oxford University Press, 1988. p. 185-201.
- ROSSI, P. **Naufrágios sem espectador**: a ideia de progresso. São Paulo: UNESP, 2000.
- SAITO, F. História da Ciência e ensino: em busca de diálogo entre historiadores da ciência e educadores. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, São Paulo, v. 1, p. 1-6, 2010.
- _____. **O telescópio na magia natural de Giambattista della Porta**. São Paulo: Educ/Livraria da Física/FA-PESP, 2011.
- SAITO, F.; BROMBERG, C. História e Epistemologia da Ciência. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. dos S. P. (Org.). **História da Ciência**: tópicos atuais. São Paulo: CAPES/Livraria da Física, 2010. p. 101-117.
- SCHLICK, M. Textos de Moritz Schlick. In: SCHLICK, M.; CARNAP, R.; POPPER, K. R. **Coletânea de textos**. São Paulo: Abril Cultural, 1975. p. 9-116.
- SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: subsídios para aplicação no Ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.
- SILVEIRA, F. L. da. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, v. 11, n. 55, p. 36-41, 1992.
- TRINDADE, L. et al. História da Ciência e Ensino: alguns desafios. In: BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. dos S. P. (Org.). **História da Ciência**: tópicos atuais. São Paulo: CAPES/Livraria da Física, 2010. p. 119-132.
- YATES, F. A. **Giordano Bruno e a tradição hermética**. São Paulo: Cultrix, 1988.
- _____. **The rosicrucian enlightenment**. London: Routledge, 2001.
- _____. **The occult Philosophy in the Elizabethan Age**. London: Routledge, 2003.

Recebido em 28.11.2012

Aprovado em 29.01.2013