



MODELOS E RUPTURAS EPISTEMOLÓGICAS: ANÁLISE CRÍTICA DA POSIÇÃO DE BACHELARD

Gustavo Bertoche
Doutorando em Filosofia – UERJ

RESUMO: Este artigo relaciona o conceito de modelos nas ciências à noção de rupturas epistemológicas entre as diferentes campos do conhecimento. A tese central deste artigo é que a rejeição ou a defesa do uso de modelos nas ciências é derivada de um princípio epistemológico mais fundamental que se refere à posição a respeito da existência de rupturas epistemológicas entre as diferentes áreas do conhecimento, especialmente entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. A posição específica de Bachelard sobre a utilização de modelos é analisada e contraposta a argumentos contrários. O texto apresenta uma tentativa de resposta à pergunta sobre qual a posição que parece ser mais correta: a que defende que entre os domínios epistemológicos somente existem rupturas ou a que defende que existem continuidades entre as regiões do conhecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Modelos. Rupturas Epistemológicas. Epistemologia. Bachelard.

ABSTRACT: This paper relates the concept of models in sciences to the notion of epistemological ruptures between different knowledge fields. The main thesis of this paper is: the rejection or the defense of the use of models in sciences is derived from a more fundamental epistemological principle that refers to the position on the existence of epistemological ruptures between different knowledge fields, especially among common knowledge and scientific knowledge. The specific position of Bachelard on the use of models is analyzed and contrasted with counterarguments. The text presents an attempt to answer the question about what position seems to be more correct: the one that argues that there are only ruptures between epistemological domains or the one that argues that there are continuities between the knowledge regions.

KEYWORDS: Models. Epistemological Ruptures. Epistemology. Bachelard.

INTRODUÇÃO

A utilização de modelos nas ciências é trivial. A ampla utilização de modelos, contudo, não impede a discussão filosófica sobre seu caráter epistemológico.

Duas perspectivas sobre os modelos se opõem: de um lado, há os que defendem que os modelos são, ou podem ser, perniciosos ao progresso do conhecimento. De outro lado, há os que defendem que os modelos são parte essencial do processo do conhecimento.

Entre os filósofos do primeiro grupo está Bachelard, que defende que os modelos podem se tornar obstáculos ao conhecimento. Para ele, nem todos os modelos são realmente obstáculos; mas mesmo os modelos que cumprem um papel no progresso científico devem ser utilizados com precauções críticas.

A tese de Bachelard a respeito dos modelos é uma consequência da tese de que o conhecimento científico é descontínuo: existem rupturas epistemológicas entre o senso comum e a ciência e existem rupturas também entre diversas regiões da racionalidade científica.

Os filósofos que, opostamente a Bachelard, defendem a utilização dos modelos partem da posição de que os modelos são parte integrante de nosso modo próprio de conhecer, de pensar e de agir.

Essa tese tem, como consequência, a posição inversa à de Bachelard a respeito das rupturas epistemológicas: se utilizamos modelos (e analogias e metáforas) em muitos (ou em todos) dos nossos processos relativos ao conhecimento, seja no dia a dia, seja na ciência, então não é possível afirmar que existe um modo especificamente científico de pensar em oposição a um modo do senso comum.

Neste trabalho, essas duas posições a respeito dos modelos (e, consequentemente, a respeito das rupturas epistemológicas) serão confrontadas. Uma das teses será abandonada.

A DEFINIÇÃO DE MODELO POR BOLTZMANN

Na discussão filosófica sobre *modelos*, um bom ponto de partida é o artigo *Model* escrito por Ludwig Boltzmann para a edição de 1902 da *Encyclopaedia Britannica*. No artigo, Boltzmann afirma que um modelo é uma “representação tangível” de algo real ou imaginado; é um objeto que “denota” uma coisa e permite

“copiar propriedades” dela. Para ele, os modelos “representam” objetos a partir de suas características relevantes do mesmo modo que nosso pensamento “representa” coisas pela associação de conceitos (ou “atributos físicos particulares”) às coisas percebidas. A conexão entre os objetos representados e os modelos é semelhante à conexão entre as coisas percebidas e as representações mentais que delas fazemos. Por conseguinte, a construção de modelos segue o mesmo princípio que usamos naturalmente para conhecer as coisas. Em outras palavras, os modelos são “uma continuação e integração de nosso processo de pensamento”; dado que nosso pensamento funciona analogamente ao processo de construção de modelos, pode-se dizer que o nosso conhecimento de uma teoria física ocorre por meio da construção de modelos mecânicos em nossa mente. Em suma, Boltzmann defende a tese de que os modelos são constitutivos do processo de conhecimento.

A consequência dessa tese é que o conhecimento científico é uma extensão dos processos naturais do conhecimento humano: se os modelos são utilizados por nós na construção das relações entre coisas, entre objetos, tanto no conhecimento comum quanto no conhecimento científico, então o conhecimento comum e o conhecimento científico não são essencialmente diferentes – existe uma continuidade epistemológica entre eles. Por isso, construir representações mecânicas – ou seja, modelos – para compreender a realidade física é não apenas lícito do ponto de vista epistemológico, mas, acima de tudo, adequado ao nosso modo de pensar.

Contra essa tese argumenta diretamente Gaston Bachelard.

A POSIÇÃO DE BACHELARD SOBRE OS MODELOS

A partir do fim da década de 1920, Bachelard tenta traduzir filosoficamente o estado das ciências físicas de seu tempo. Para ele, no início do século XX houve uma ruptura entre a ciência clássica, baseada na experiência comum, na geometria euclidiana e na lógica aristotélica, e a física atômica.

Bachelard argumenta que no fim do século XIX “se acreditava no caráter empiricamente unificado do nosso conhecimento do real” (BACHELARD, 2008, p. 11); tanto para os empiristas quanto para os idealistas do fim do século XIX, a experiência era uniforme – seja porque tudo vem da sensação, seja porque a experiência é impermeável à razão. Por isso, o cientista “vivia em nossa realidade, manipulava nossos objetos, aprendia com nosso fenômeno, encontrava a evidência na clareza de nossas

intuições. Desenvolvia suas demonstrações seguindo nossa geometria e nossa mecânica” (BACHELARD, 2008, p. 11); o ideal pedagógico prévio à ciência do século XX seria “ver para compreender” (BACHELARD, 2008, p. 12), seria ver e prever o que está inacessível em função do que está acessível, o longe em função do perto; “o pensamento objetivo se desenvolvia assim mesmo em contato com o mundo das sensações” (BACHELARD, 1999, p. 307).

A afirmação de Boltzmann de que modelos podem ser utilizados para “representar” – ou para “categorizar”, como propõe Leslie Atkins (ATKINS, 2004) a respeito das analogias – propriedades específicas dos objetos científicos, ou relações entre diferentes objetos científicos, é um exemplo dessa atitude identificada por Bachelard na ciência do fim do século XIX. Contudo, Bachelard não considera essa atitude em relação aos modelos adequada às ciências físicas do século XX.

Para Bachelard, o mais importante aspecto da diferença entre a ciência anterior e a ciência do século XX, especialmente a física atômica, consiste no reconhecimento da ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico. Essa ruptura deve-se tanto às condições técnicas de experimentação e visualização dos objetos na escala atômica e subatômica quanto às condições lógicas da compreensão dos fenômenos pela razão humana. Esses fenômenos violam a lógica que usamos em nosso dia a dia e não podem ser representados de acordo com nossas faculdades sensoriais – ou seja, não podem ser representados por modelos ou esquemas pictóricos ou concretos.

Um exemplo dessa afirmação de Bachelard é a descoberta de que a matéria e a energia não são regidas por leis distintas. Em 1924, Louis de Broglie postulou a natureza ondulatória dos elétrons e sugeriu que todas as partículas teriam propriedades ondulatórias. Como diz Erwin Schrödinger em conferência nos Recontres Internationales de Genève, em 5 de setembro de 1952,

il n'y a pas de phénomène physique – que ce soit de matière ordinaire ou de rayonnement quelconque – qui ne présente cette double caractéristique, apparemment contradictoire: participer d'une part à la structure discontinue d'un ensemble de particles et, d'autre part, à la structure continue de ce qu'on appelle, depuis Faraday et Maxwell, un champ physique. (RECONTRES INTERNATIONALES DE GENÈVE [1953], p. 32)

Ou seja, Schrödinger concorda com de Broglie que é preciso pressupor propriedades ondulatórias e corpusculares para descrever tanto a radiação quanto as

partículas. Bachelard concorda com essa tese; mas vai além e afirma que nossa mente não é naturalmente capaz de compreender esse caráter duplo do real. Não podemos entender, com a nossa racionalidade comum, a ideia de que uma coisa pode ser idêntica ao seu oposto: um corpúsculo não pode ser uma onda, uma onda não pode ser um corpúsculo. Bachelard sustenta que para que se possa compreender a ideia de que o elétron manifesta-se como um corpúsculo ou como uma onda em diferentes experimentos é preciso aceitar uma racionalidade que contradiz e rompe com a intuição primeira. Bachelard propõe ser preciso “construir uma teoria do objetivo *contra* o objeto”, pois “com o século XX, começa um pensamento científico *contra* as sensações” (BACHELARD, 1999, p. 307), o cérebro (visto como um coordenador de gestos e apetites na dimensão humana e não capaz de lidar naturalmente com dimensões que não a comum) torna-se um obstáculo para a ciência. Por isso, “É preciso pensar *contra* o cérebro” (BACHELARD, 1999, p. 308). A partir dos trabalhos de Broglie, tornou-se necessário o desenvolvimento de uma nova racionalidade – afinal, uma descoberta revolucionária sobre a estrutura da realidade “sempre provoca uma reação sobre a nossa estrutura mental” (BACHELARD, 2010, p. 87). A dupla natureza onda/corpúsculo do fóton exigiu uma revisão profunda do saber e da razão humana, assim como a descoberta dos raios X por Roentgen em 1895, da radioatividade pelo casal Curie em 1896 e do elétron por Thomson em 1897 (cf. BACHELARD, 1957, p. 152; BACHELARD, 1977, p. 210-211), e não pode ser representada por meio de modelos mecânicos.

A respeito especificamente dos modelos mecânicos, Bachelard afirma:

Na literatura filosófica, com insistência curiosa, muitas vezes se tem citado o aforismo de Lord Kelvin: compreender um fenômeno é poder estabelecer um modelo mecânico dele. Entretanto, se quiséssemos examinar mais de perto os modelos efetivamente propostos por Lord Kelvin para explicar os fenômenos mais diversos, ficaríamos chocados por seus caracteres pouco naturais [nota de pé de página de Bachelard: Lord Kelvin também diz que alguns desses modelos são “impraticáveis” (Conférences scientifiques e tal locutions, trad., p. 341). De fato, pode-se dizer que sua influência pedagógica foi nula. Podem ter sido de ajuda a seu autor, *em caráter pessoal*. Cada cientista tem uma espécie de inconsciente científico que conserva imagens pessoais valorizadas da história contingente de sua própria cultura. [...] Longe de *objetivar para todos* as leis físicas, certos modelos mecânicos são verdadeiros contra-objetos [...]. Pedagogicamente é de reear-se que modelo tão artificial, se adotado por um jovem estudante, mantenha-se abusivamente no espírito e que

sirva de *base* à reflexão, enquanto, na melhor das hipóteses, ele não devesse ser mais que a imagem de uma lição passageira. De resto, se considerarmos com atenção a maior parte dos modelos de Lord Kelvin, deveremos observar que eles foram apresentados, em maioria, em *conferências*. Eles correspondem à ciência que um cientista quer transmitir, numa noite, a leigos. Trata-se de explicações dadas numa base que não é científica. (BACHELARD, 1977, p. 201-202).

No trecho citado, note-se que Bachelard, ao apontar que a maior parte dos modelos de Kelvin teria sido produzida com o objetivo de transmitir conhecimento para leigos em notes de conferências, não faz uma crítica das conferências – visto que o próprio Bachelard participava bastante de eventos dessa natureza. Ao referir-se às conferências, Bachelard pretende apontar o caráter de simplificação, o caráter não-científico, dos modelos utilizados por Kelvin. Essa não é uma posição adotada por outros historiadores da ciência, como Mary Hesse, que afirmava que os modelos de Kelvin “were more than amusing exercises in the interpretation of equations-they were in fact valuable stepping-stones to the electron theory of matter which was developed at the end of the century” (HESSE, 1953, p. 210).

De qualquer modo, a passagem revela claramente a posição de Bachelard a respeito dos modelos mecânicos (ou melhor, *mecanicistas*) nas ciências físicas. Os modelos mecanicistas, que procuram explicar toda a natureza em termos mecânicos, são prejudiciais porque podem induzir o cientista, ou o estudante, a associar, acriticamente, características de um sistema mais simples e mais sensorial a um sistema mais complexo e mais abstrato a partir meramente de uma intuição pessoal do indivíduo criador do modelo – intuição subjetiva que não corresponde a um real, a não ser que esteja traduzida e explicada aos outros cientistas (e a necessidade de explicação revela, ademais, a inutilidade dos modelos). Para Bachelard, modelos que representam um objeto científico de modo acessível ao senso comum são necessariamente obstáculos ao conhecimento objetivo, pois levam não a uma ciência mais precisa, mas à imprecisão.

Na epistemologia de Bachelard, o conhecimento é tanto mais objetivo quanto melhor se especificam as condições sob as quais o conhecimento é atingido ou construído; isso significa, de um lado, a explicitação de todos os pressupostos teóricos e todos os instrumentos técnicos segundo os quais se obtém o fenômeno e, de outro lado, a especificação precisa das margens de erro nas quais o conhecimento é válido. Ora, um modelo mecânico ou, de modo geral, um modelo material de um fenômeno da microfísica não satisfaz, de modo algum, essas condições para a objetividade, pois parte

de pressupostos teóricos diversos dos do objeto, não revela os instrumentos técnicos a partir dos quais o fenômeno é obtido, nem permite a medição ou a aproximação das margens de erro do fenômeno representado.

Em outras palavras, os modelos são nocivos quando produzidos de modo a categorizar um objeto como uma manifestação de um fenômeno bem conhecido, contudo pertencente a outro espírito científico – especialmente se essa classificação é feita de modo ingênuo, sem a explicitação do caráter hipotético, provisório e limitado do modelo.

Isso significa que, para Bachelard, todos os modelos são necessariamente prejudiciais ao conhecimento? Não. Um modelo pode ter um valor pedagógico sob a condição de não ser tomado como uma representação realista, mas como uma representação provisória de uma organização matemática.

Isso não significa que a posição de Bachelard seja semelhante à de Boltzmann. Afinal, Bachelard, diferentemente do físico austríaco, não sugere que as coisas sejam conhecidas pela inteligência num processo análogo ao de construção de modelos. Para ele, os modelos são epistemologicamente errados; contudo, podem ser pedagogicamente úteis quando são concebidos como modelos considerados nem mesmo como hipóteses, mas simplesmente como ideias com sugestões heurísticas a serem superadas pelo progresso do conhecimento.

Um exemplo apresentado por Bachelard de um modelo que tem um valor pedagógico é a imagem do átomo como um sistema planetário sugerida por Bohr:

Diferentemente dos modelos mecânicos de Lord Kelvin – dizemos *mecanicistas* para melhor distinguir as significações – o modelo planetário do átomo desempenhou efetivamente papel considerável no desenvolvimento da física contemporânea. Sem dúvida, atualmente, o princípio de Heisenberg impede tal representação. Mas essa representação corresponde a um estágio pedagógico que seria de má pedagogia desfazer numa tomada de cultura. [...] o átomo de Bohr caracteriza uma era epistemológica cujos valores criativos devemos mencionar. (BACHELARD, 1977, p. 206).

Era evidente para os cientistas da época que a descrição do átomo em termos planetários não devia ser tomada demasiado à letra (BACHELARD, 1974, p. 242); era sabido por todos que o átomo não tinha as propriedades do modelo de Bohr.

Por exemplo, num texto de divulgação do início dos anos 40, Louis de Broglie afirma que

temos de renunciar à imagem muito precisa de elétrons pontuais descrevendo uma órbita em volta do núcleo central, como a Terra girando em volta do Sol. As coisas não são tão simples neste mundo microscópico que os olhos humanos nunca poderão ver. Os elétrons, esses grãos de eletricidade que à nossa escala se manifestam como partículas pontuais, não têm no átomo localizações bem definidas e estão como presentes em toda a parte no estado potencial. A sua evolução, nestes estados tão estranhamente opostos às nossas concepções clássicas, não pode ser descrita senão pelo sistema das ondas da Mecânica Ondulatória ou por outras representações de aparência mais abstrata, mas matematicamente equivalentes. (DE BROGLIE, 1966, p. 18).

Na perspectiva de Bachelard, o modelo de Bohr é importante porque permitiu que os físicos ressaltassem a oposição entre o átomo e os corpos macroscópicos; as perguntas que foram propostas a partir do modelo planetário levaram ao conhecimento mais preciso a respeito do que o átomo era e do que o átomo não podia ser. Por ser considerada, desde o início, uma representação-problema, uma representação que mais propunha perguntas do que solucionava questões, o modelo de Bohr cumpriu um papel relevante no processo da constituição da física atômica. E, nessa perspectiva, é um exemplo de modelo científico que Bachelard não desvaloriza.

Para Bachelard, portanto, há os modelos que são obstáculos ao progresso da ciência e há os modelos que constituem passos importantes, embora transitórios, no desenvolvimento científico. Eles são obstáculos se os cientistas e os alunos assumem, acriticamente, que propriedades não-relevantes dos modelos são propriedades do objeto representado. Esses modelos podem atrapalhar não apenas o progresso da ciência no laboratório, mas também a própria formação dos novos pesquisadores, se forem utilizados como instrumentos pedagógicos. Por outro lado, um modelo é valioso se tomado como um ponto de partida para a crítica, ao tornar evidentes as diferenças entre o modelo e o objeto representado, e ao revelar, conseqüentemente, a ruptura entre suas regiões de racionalidade. O modelo deve ser tomado como algo *a ser superado*, como algo a que se deve rejeitar para que o conhecimento progrida.

Em suma, dado que existe a ruptura entre diferentes regiões de racionalidade, os modelos que se utilizam de elementos de uma determinada região para representar ou

categorizar propriedades de outra região são inadequados, a menos que sejam construídos com o objetivo de evidenciar as incompatibilidades entre os diferentes domínios epistemológicos.

RUPTURAS E CONTINUIDADE: ARGUMENTOS

Essa é, portanto, a diferença fundamental entre a perspectiva de Bachelard e a de Boltzmann a respeito do uso de modelos mecânicos nas ciências: a oposição entre a concepção de que o conhecimento científico é construído por meio de uma ruptura com o conhecimento comum, ou de que o mapa das ciências é descontínuo, e a concepção de que o conhecimento científico é uma extensão do conhecimento comum, ou de que há uma continuidade entre diferentes ramos da ciência.

É possível argumentar a favor das duas posições.

[1] A posição representada por Bachelard, que defende a existência das rupturas epistemológicas, afirma que:

[1.1] O homem de ciência e o homem no dia-a-dia não têm o mesmo pensamento; ao entrar no laboratório, ao fazer ciência, o homem de ciência precisa mudar o modo como pensa, deve aprender a pensar de modo não natural, a “pensar contra o cérebro”.

[1.2] O cientista não é cientista por natureza: ele torna-se cientista por meio de uma preparação especial; ele precisa aprender ciência academicamente e pela convivência com os outros cientistas. Precisa aprender a agir conforme os princípios e valores científicos a que podemos chamar “normas mertonianas” (ZIMAN, 1996). Além disso, os conteúdos mais abstratos da física matemática não são traduzíveis para a linguagem comum; aqueles que compreendem esses conteúdos, os cientistas treinados, não conseguem explicá-los de modo claro para o vulgo.

[1.3] Mesmo entre diferentes domínios científicos há descontinuidades e rupturas. A ciência progride quando os cientistas abandonam os “fatores filosóficos de unificação fácil” (BACHELARD, 1999, p. 20-21).

[1.4] O conteúdo de uma ciência como a microfísica não pode ser apreendido pelos sentidos, mas somente pela razão, e inclusive de modo contrário aos que informam os sentidos.

[1.5] A necessidade de uma instrumentação para a observação de um fenômeno científico mostra que a ciência e o conhecimento comum não estão no mesmo nível.

[1.6] Nas ciências, as palavras utilizadas de modo comum na vida cotidiana adquirem um significado novo. Como diz Bachelard:

Por vezes, o epistemólogo continuísta engana-se, quando julga a ciência contemporânea a partir de uma espécie de continuidade das imagens e das palavras [...] Não existe, pois, qualquer *continuidade* entre a noção de temperatura do laboratório e a noção de “temperatura” de um núcleo. 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. (BACHELARD, 1990, p. 250-252)

A linguagem não é contínua entre o domínio científico e a vida cotidiana. Termos iguais significam coisas completamente diferentes. O fato de que uma mesma palavra pode possuir significados completamente diversos demonstra que na própria linguagem existe o sinal da ruptura epistemológica.

[1.7] Embora a matemática seja fundamentada nas quatro operações, que podem ser aprendidas de modo intuitivo, não se resume a elas; a matemática possibilita raciocínios de tal modo abstratos que não podem ter qualquer interpretação empírica.

[1.8] No momento em que a microfísica era desenvolvida, no começo do século XX, houve grande controvérsia sobre o significado dos fenômenos e da matemática que correspondia a esses fenômenos; essa controvérsia durou muitas décadas e talvez não tenha se esgotado completamente. Um exemplo dessa controvérsia ocorre entre Schrödinger e Max Born a respeito da interpretação dos fenômenos da física quântica nas conferências e debates dos já citados Recontres Internationales de Genève (1953); no debate após a conferência de Schrödinger, Born afirma que “Le brillant exposé de Schödinger sur l'etat actuel de La physique doit toute fois être qualifié de foncièrement erroné” e expõe várias objeções ao que identifica como um anti-realismo e um ceticismo em relação, por exemplo, à teoria da complementaridade proposta por Bohr. Independentemente das controvérsias entre os físicos, é preciso notar também que os estudantes de Física, ainda que aprendam teorias contra-intuitivas, não vivem, em seu cotidiano, de acordo com o que estudam, pois a ciência estudada é incompatível com a vida no dia a dia. Ninguém atravessa a rua utilizando a física relativista; ao usar o

computador, ninguém fica pensando na configuração física dos transistores de um microchip. Isso tudo significa que...

[1.9] A mente humana não opera da mesma forma na ciência e na vida. “O mundo em que se pensa não é o mundo em que se vive” (BACHELARD, 1974, p. 225) – ou seja: há uma ruptura entre a atitude cotidiana e a atitude científica.

[2] A favor da tese continuísta, podemos afirmar que:

[2.1] O homem de ciência não muda sua natureza ao entrar no laboratório; apenas utiliza sua inteligência com um método aprendido academicamente e tacitamente.

[2.2] É possível que qualquer pessoa possa aprender uma ciência, caso tenha recebido a formação adequada do ponto de vista formal e informal.

[2.3] Todo o conhecimento, inclusive o científico, possui um aspecto que somente pode ser transmitido pela convivência, pela prática, constituindo um conhecimento tácito, como afirma Michel Polanyi (POLANYI, 1962); mesmo os conteúdos mais esotéricos podem ser traduzidos em uma linguagem compreensível para os cientistas treinados em outro campo da mesma ciência, pois eles possuem um conhecimento tácito de como essa ciência funciona; e esses cientistas, caso se familiarizem com as práticas de outro campo, podem mesmo adquirir o domínio da linguagem específica com a qual o conhecimento nesse outro campo é produzido e relatado.

[2.4] Todo o conteúdo de um fenômeno somente pode ser apreendido por meio dos sentidos, que obtêm o conhecimento de modo natural. Isso significa que...

[2.5] As características objetivas dos fenômenos científicos são justamente aquelas que podem ser captadas por uma instrumentação capaz de traduzir informações para a sensibilidade humana. Os fenômenos científicos são, por sua própria condição de *fenômenos*, acessíveis aos sentidos.

[2.6] A linguagem científica parte da linguagem comum. Um conceito científico que utiliza uma palavra comum utiliza alguma propriedade da coisa significada originalmente pela palavra para classificar ou categorizar o fenômeno da ciência. Ademais, a mudança de significado das palavras, tanto do ponto de vista histórico quanto do ponto de vista geográfico e social, é fato corriqueiro no dia a dia; mesmo com

o significado variante, uma palavra pode ser corretamente traduzida quando colocada sob um contexto. Por isso, a mudança de significado de um termo não pode ser considerada um sinal distintivo da ruptura radical entre diferentes regiões do conhecimento.

[2.7] Mesmo a matemática mais avançada tem um fundamento na aritmética, ou seja, nos cálculos mais básicos derivados da experiência natural.

[2.8] A história do ensino científico no século XX mostra que os aspectos revolucionários, contra-intuitivos, das ciências foram incorporados ao ensino científico acadêmico sem grandes traumas. Basta consultar os livros-texto utilizados no ensino superior de ciências, mesmo das ciências desenvolvidas a partir da revolução científica do início do século XX, para notar que questões filosóficas a respeito da constituição do conhecimento científico estão ausentes.

[2.9] Tudo isso indica a capacidade da mente humana de fazer a conciliação entre uma teoria contra-intuitiva e a experiência comum (o próprio Bachelard dizia que uma descoberta sobre a realidade provoca uma revolução em nossa estrutura mental [BACHELARD, 2010, p. 87]; ou seja, a mente é capaz de se adaptar a um esquema ontológico alternativo), ou a conciliação entre diferentes regiões de racionalidade.

Finalmente, se a mente se adapta a racionalismos regionais diferentes e consegue, de algum modo, fazer a ponte entre diferentes racionalidades, talvez se deva ao fato de que qualquer tradução entre diferentes racionalismos (ou entre a ciência e conhecimento comum) se realize em função da linguagem e da prática comum a todos, ou seja, em função da universalidade do conhecimento comum obtido pela junção entre a estrutura da razão, os sentidos e a convivência entre as pessoas.

A DIFÍCIL POSIÇÃO DO DESCONTINUÍSMO EPISTEMOLÓGICO

Se, de um lado, podemos defender a existência de rupturas entre diferentes regiões das ciências e entre o conhecimento científico e o conhecimento comum, de outro podemos também defender a existência de continuidades. Ora, se existe a possibilidade de continuidades, então não pode haver rupturas epistemológicas totais. Pode haver rupturas entre certos domínios; mas a existência de continuidades derruba a tese de que todo o conhecimento científico é constituído por rupturas. De fato, o

pensamento [2.10] transita entre diferentes regiões de racionalidade científica e [2.11] transita entre a ciência e a vida comum.

[2.10] Entre as regiões de racionalidade científica o pensamento transita porque todas as ciências naturais: reconhecem a importância da utilização dos métodos científicos de modo geral, especialmente em relação à metodologia da divulgação, à comunidade científica interessada, dos procedimentos realizados no estudo de um fenômeno (ainda que os métodos utilizados em domínios diferentes sejam diversos, e ainda que exista certa idealização quanto à existência de uma metodologia geral); utilizam-se da matemática, que possui um núcleo fundamental, a aritmética (Bachelard mesmo reconhece que “Entre as duas linguagens do mecanicismo e do eletricismo, há um aparelho tradutor: é a fórmula algébrica. Essa fórmula algébrica é a chave dos dois reinos” (BACHELARD, 1977, p. 194); e investigam, em última instância, uma única *coisa*, que é a natureza ou a realidade (mesmo que o “real” em um domínio tenha significado diferente do “real” em outro). Finalmente, todos os cientistas reconhecem a si mesmos como membros de uma instituição, a *comunidade científica* (embora o próprio conceito de *comunidade científica* seja de difícil definição, pois é problemática a delimitação precisa da extensão desse conceito).

[2.11] Entre o conhecimento científico e o conhecimento comum também o pensamento transita. A linguagem em que os cientistas comunicam seus procedimentos científicos na maior parte das vezes pode ser traduzida, ainda que de modo somente aproximado, da linguagem comum utilizada por qualquer pessoa culta. Os livros e artigos de divulgação científica, que são escritos por jornalistas, historiadores e pelos próprios cientistas, constituem evidência da possibilidade da aproximação entre o pensamento científico e o pensamento comum.

Poder-se-ia questionar essa aproximação proporcionada pelos livros e artigos de vulgarização ao se afirmar que, por um lado, [2.11.1] mesmo eles são incompreensíveis para as pessoas pouco cultas, o que significa que a ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico é evidente; por outro lado, [2.11.2] eles apresentam, via de regra, uma ciência excessivamente simplificada e, em parte, errônea.

[2.11.1] É possível responder à crítica a respeito da dificuldade da compreensão dos textos de divulgação científica por pessoas que não têm uma cultura acadêmica mínima com a constatação de que qualquer conhecimento, por mais simples que seja, pode ser incompreensível para algumas pessoas. Mesmo a simples leitura de uma

página de receita de bolo pode estar além do alcance intelectual de alguns. Não se pode, somente por essa razão, afirmar que há uma ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento culinário; analogamente, também não se pode afirmar que o conhecimento comum é essencialmente diferente do conhecimento da vulgarização científica pelo fato de alguns não serem capazes de compreendê-la. A vulgarização é tanto mais acessível quanto maior a cultura científica do leitor.

Se continuarmos a utilizar o mesmo raciocínio, certamente poderemos encontrar pessoas que são capazes de compreender a vulgarização completamente, inclusive em relação aos aspectos matemáticos e geométricos básicos que eventualmente nela são apresentados; e poderemos igualmente encontrar pessoas não-cientistas que são capazes de compreender aspectos teóricos e técnicos fundamentais das ciências (não importa quais elas sejam), aspectos que estão para além do escopo das obras de divulgação. Ora, não se pode dizer que essas pessoas não são capazes de pensar cientificamente ou de compreender os princípios essenciais das ciências, ainda que não sejam cientistas.

Se é possível encontrar uma gradação progressiva na capacidade de as pessoas – desde o indivíduo mais inculto até o mais criativo e habilidoso cientista – compreenderem as ciências, então não é possível encontrar um ponto onde se possa dizer: até aqui, não há pensamento científico; a partir daqui, há pensamento científico. Não se pode encontrar uma demarcação precisa para o pensamento científico. Portanto, é necessário aceitar a continuidade entre o conhecimento comum e a ciência: não há ruptura a não ser que se tome o pensamento radicalmente inculto em oposição ao pensamento científico especializado, sem se levar em conta todo o pensamento intermediário. Propor um ponto qualquer de demarcação entre a ciência e a não-ciência é simplesmente uma arbitrariedade.

[2.11.2] A crítica da vulgarização por apresentar uma imagem de ciência supersimplificada e errônea também serve à tese descontinuísta: a vulgarização somente pode ser feita à custa da correção conceitual. Contudo, há diferentes graus de vulgarização, das mais simplificadoras às mais avançadas, do mesmo modo que é possível conceber uma gradação na capacidade de compreensão dos leitores. Novamente, seria arbitrário escolher um grau padrão de compromisso entre a simplificação e a correção de um texto de popularização da ciência, grau a partir do qual se poderia decidir de qual lado estaria o texto: do lado completamente vulgar ou do lado completamente científico.

Ao defender a ruptura entre o conhecimento comum e o conhecimento científico, assim como a descontinuidade entre as diferentes regiões de racionalidade na ciência, Bachelard adotou a perspectiva de um professor de ciências no secundário e estudante de filosofia surpreendido por uma revolução científica, e não a de um cientista. Bachelard estava distante dos laboratórios e do ensino superior de física e química; assim, não pôde perceber que, após o período da revolução, as ciências incorporaram as novidades e voltaram à normalidade nos laboratórios e nas universidades – fato posteriormente notado por Thomas Kuhn (KUHN, 1970).

A concepção adotada por Bachelard de que a ciência é uma atividade claramente delimitada, o que significa que os modelos devem ser estreitamente vigiados para que não constituam obstáculos epistemológicos, foi rejeitada por filósofos como Mary Hesse e Paul Feyerabend. Hesse afirma que

There can be no set of rules given for the procedure of scientific discovery - a hypothesis is not produced by a deductive machine by feeding experimental observation into it: it is a product of creative imagination, of a mind which absorbs the experimental data until it sees them fall into a pattern, giving the scientific theorist the sense that he is penetration beneath the flux of phenomena to the real structure of nature. (HESSE, 1953, p. 198)

Para ela, a descoberta científica não tem regras formais: é impossível estabelecer critérios absolutamente racionais para o pensamento científico. Essa posição é compartilhada e radicalizada por Feyerabend em seu famoso livro de 1975, onde argumenta que a concepção de uma ciência “pura”, firmemente assentada sobre um método objetivo e livre de idiossincrasia, é uma fantasia. Na ciência real, “tudo vale”, pois

para onde quer que olhemos, quaisquer que sejam os exemplos que consideremos, vemos que os princípios do racionalismo crítico (leve os falseamentos a sério; aumente o conteúdo; evite hipóteses *ad hoc*; “seja honesto” – seja lá o que for que isso signifique; e assim por diante) e, *a fortiori*, os princípios do empirismo lógico (seja preciso; baseie sua teoria em medições; evite idéias vagas e não-testáveis; e assim por diante), embora praticados em áreas especiais, apresentam uma explicação inadequada do desenvolvimento passado da ciência como um todo e são propensos a estorvá-la no futuro. Apresentam uma explicação inadequada da ciência porque a ciência é muito mais “descuidada” e “irracional” que sua imagem metodológica. E são propensos a estorvá-la porque a tentativa de tornar a ciência mais

“racional” e mais precisa acaba, como vimos, por eliminá-la. (FEYERABEND, 2007, p. 220)

Em suma, a posição de Feyerabend é a de que qualquer tentativa de propor uma metodologia científica geral é arbitrária e não corresponde à prática científica real.

Não é preciso ir tão longe quanto Feyerabend e dizer que “não há uma 'visão de mundo científica', assim como não há um empreendimento uniforme denominado 'ciência’” (FEYERABEND, 2007, p. 333) para considerar que todos os instrumentos utilizáveis nas ciências são válidos no desenvolvimento e no aprofundamento do conhecimento sobre o real.

Entre esses instrumentos, evidentemente se encontram os modelos que usam propriedades de determinadas regiões de racionalidade para representar ou categorizar fenômenos de outras regiões. Dado que não é possível delimitar claramente os domínios científicos entre si, nem é possível delimitar claramente a ciência diante do conhecimento comum, não há razão para que não sejam utilizados modelos como ferramentas úteis para representar ou categorizar fenômenos. Afinal, como propõe Boltzmann no artigo da *Brittanica*, nós utilizamos modelos tanto na ciência quanto no dia a dia; utilizamos naturalmente modelos para representar objetos. Para ele, “pensamentos representam coisas na mesma relação que os modelos representam objetos”. Contudo, não utilizamos somente os modelos como instrumentos de conhecimento: utilizamos também, indistintamente, analogias e metáforas.

Por essa razão, mesmo as analogias e as metáforas, que, num sentido lato, têm uma proximidade metodológica com os modelos, por utilizarem propriedades de outros domínios para tornar um fenômeno mais compreensível, não devem ser rejeitadas como não-científicas ou como obstáculos epistemológicos, mas consideradas como componentes de processos cognitivos normais. Georges Lakoff e Mark Johnson afirmam, na obra em que defendem que as metáforas são as estruturas de nossa percepção, de nosso pensamento e de nossa ação, que “most of our ordinary conceptual system is metaphorical in nature” (LAKOFF & JOHNSON, 1980, p. 4).

Afinal, como o próprio Bachelard reconhece, conhecer é categorizar; conhecer é “representar em um espaço de configuração”, em um “espaço metafórico” (BACHELARD, 1974, p. 202). Ainda nas palavras de Bachelard, “conhecer é descrever para reconhecer” (BACHELARD, 2004, p. 13). Ora, descrever é traduzir uma coisa em

termos que são essencialmente diferentes, em vários sentidos, da coisa descrita; é representar propriedades selecionadas da coisa que permitam sua comparação com outras coisas diferentes; é classificar e categorizar suas propriedades escolhidas. Descrever é metaforizar: podemos dizer, com Bachelard, que “a realidade não é pensada e compreendida diferentemente da metáfora” (BACHELARD, 1974, p. 203). Todo conhecimento envolve, portanto, a transposição, na mente humana, de domínios; por conseguinte, essa transposição de domínios não pode ser considerada, por si só, obstáculo à ciência. É consistente a tese de que os modelos, assim como as analogias e as metáforas de modo geral, são componentes naturais dos processos cognitivos humanos.

CONCLUSÃO

Em toda a sua obra, Bachelard mostra-se comprometido com a tese da ruptura epistemológica. Esse comprometimento, possivelmente fruto de uma concepção idealizada de ciência, impediu que explorasse a possibilidade, que chega a antever nas passagens citadas no parágrafo acima, de que os modelos (e as metáforas e as analogias) possam não apenas não ser obstáculos à ciência, mas efetivamente as condições para qualquer conhecimento.

Como se pode ver, a posição de Boltzmann, ao definir o conceito de “modelo” por meio da aproximação com a própria maneira natural de conhecermos qualquer coisa, é mais defensável ao se adotar uma perspectiva menos idealizada a respeito da ciência.

A afirmação de que as ciências e o conhecimento comum compartilham dos mesmos processos epistêmicos significa que não é aceitável desqualificar o conhecimento comum como se fosse desprovido de racionalidade. É preciso concluir que o que distingue o senso comum do pensamento científico é mais uma diferença de treinamento e de conhecimento tácito do que uma diferença nos processos internos pelos quais o pensamento adquire e organiza as informações sobre o real. Ao contrário do que afirma Bachelard, a mente científica e a mente do senso comum podem ser regidas, fundamentalmente, pelos mesmos processos cognitivos – que incluem, certamente, a construção de modelos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, Leslie Jill. *Analogies as categorization phenomena: studies from scientific discourse*. Tese de Doutorado. University of Maryland (College Park, Md.), 2004.

BACHELARD, Gaston. *A Filosofia do não*. Trad. Joaquim José Moura Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1974.

_____. Númeno e microfísica. IN: *Estudos*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2008.

_____. *A formação do espírito científico: a psicanálise do conhecimento objetivo*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1999.

_____. *A experiência do espaço na física contemporânea*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2010.

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

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

_____. *L'activité rationaliste de la physique contemporaine*. Paris: PUF, 1957.

_____. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

BOLTZMANN, Ludwig. *Verbete Model*. IN: *Encyclopaedia Britannica* (1902).

DE BROGLIE, Louis. *O futuro da física*. IN: *Para além da ciência*. Trad. Eduardo Pinheiro. 5aEd. Porto: Tavares Martins, 1966.

FEYERABEND, Paul. *Contra o Método*. Trad. Cezar Augusto Mortari. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

HESSE, Mary B. *Models in Physics*. IN: *The British journal for the philosophy of science*, Vol. 4, No. 15 (Nov., 1953), pp. 198-214

KUHN, Thomas. *The structure of scientific revolutions*. Second edition, enlarged. Chicago: The University of Chicago Press, 1970.

LAKOFF, George; JOHNSON, Mark. *Metaphors we live by*. Chicago: University of Chicago Press, 1980.

POLANYI, Michel. *Personal knowledge: towards a post-critical philosophy*. Corrected edition. London: Routledge, 1962.

VV.AA. *L'homme devant la science*. Texte des conférences et des entretiens organisés par les Rencontres Internationales de Genève, 1952. Neuchatel: Éditions de la Baconnière, 1953.

ZIMAN, John. Postacademic science: constructing knowledge with networks and norms. IN: *Science Studies*, vol. 9 (1996), No. 1, 67-80

