

Estudios originales y rigurosos de interés, que involucren análisis, organización sistemática y reflexionada, explicación teórica y predicciones viables.

Os modelos abstratos na apreensão da realidade química

Marcelo Eichler*

Abstract (*Abstracts models in chemistry reality seizure*)

To debate this issue we'll use a narrative that seems similar to one of knowledge construction's ways. We initiate by a particular opinion that is compared with other opinion, more general. Thus, some semantics clarifications were made. Next, we introduce some postulates from Mario Bunge's philosophic analysis and we bring a panorama of Jean Piaget's researches conclusions. Then, we compare these points of views. At the end, some opinions in chemistry teaching were done.

“O cuidado que se consagra a verificar certas opiniões é talvez inversamente proporcional a sua força de propagação, porque, considerando-as globalmente, parecem evidentes e, principalmente, porque, transmitindo-se, se beneficiam da autoridade do número crescente de autores” (Piaget, 1973, p. 69).

Neste artigo, mantendo em foco o assunto indicado pelo título, utilizaremos um curso que parece similar a um dos caminhos da construção dos conhecimentos. Iniciamos por uma opinião particular, que será, posteriormente, debatida à luz de outra opinião, mais geral. Procuraremos uma aclaração semântica que contará, inclusive, com definições situadas na história do pensamento, mesmo que essa última não seja estritamente necessária. Apresentaremos alguns postulados gerais, oriundos de uma análise filosófica. A seguir, traremos um recorte das conclusões de pesquisas que tiveram a intenção de verificar experimentalmente a validade desses postulados. Por fim, sem que isso seja absolutamente necessário e, apenas, para não nos eximirmos de uma resposta à questão que ficou aberta com as opiniões utilizadas no início, serão apresentadas algumas idéias, longe de serem suficientes, sobre o ensino de ciências.

Opiniões sobre o abstrato

Em meados da década de 70, J. Dudley Herron, um dos editores do *Journal of Chemical Education*, publicou um artigo que se tornaria uma das referências mais citadas na pesquisa e na proposição de atividades direcionadas ao ensino de

química. O artigo versava sobre o ensino de química para calouros universitários, em especial para aqueles cursos não diretamente relacionados com a química, tais como enfermagem, nutrição, economia doméstica, etc. Herron ponderou, usando conceitos postulados por Jean Piaget, que: “o conteúdo de química e a abordagem que normalmente damos ao ensino de química requer que o estudante opere no nível operacional formal para que eles compreendam os conceitos que são apresentados”. Acreditava ele que os “bons” (aspas do autor) estudantes, mesmo fazendo um esforço consciente para alcançar êxito na solução dos problemas apresentados, “simplesmente parecem não poder entender idéias *abstratas* tais como átomos, moléculas e gases ideais” (grifo nosso). Segundo suas opiniões, esses estudantes, ainda mais, não delineariam todas as possibilidades da realidade e nem pensariam que o observado seria simplesmente um caso possível, por isso especial. Em função das características dos seus estudantes, propunha uma solução que consistia em fornecer experiência extensiva como suporte concreto, essa servindo de *modelo* para os conceitos *abstratos*. Concluía que, sendo o modelo concreto, “o estudante pode imaginar o processo que descrevemos em termos desse modelo”, ou seja, seriam “muitas as possibilidades do uso de modelos físicos para dar significado para os conceitos abstratos em química” (Herron, 1975).

O fato descrito por Herron, ou seja, a dificuldade de aprendizagem e a incompreensão de conceitos químicos manifestada por alunos noviços parece ser válido - isso inclusive é de fácil constatação - mas ele mesmo concorda que o “fato (...) é muito mais aparente do que a causa dessa atitude”. Neste artigo, teremos a intenção de esclarecer, ou no mínimo apontar, algumas possíveis causas dessa dificuldade e incompreensão.

No entanto, julgamos que a solução apresentada por Herron não é suficiente. Vamos, então, buscar outra opinião, mais assentada, que considera outras dificuldades do objeto da química, por exemplo, as questões semânticas envolvidas na comunicação dessa ciência.

No Brasil, o professor e escritor Attico Chassot é um dos iniciadores da área de educação científica, militando, entre outras lutas, por um *educar através da Química*. Em um de seus livros¹, Chassot (1993) disserta sobre o ensino *abstrato*, argu-

* Área de Educação Química/UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500 - Sala D144 - Campus Vale - CEP 91501-970 - Porto Alegre/RS - Brasil.

E-mail: exler@vortex.ufrgs.br

Recibido: 27 de noviembre de 2000; aceptado: 12 de marzo de 2001.

¹ Seria interessante lembrar que estamos debatendo com as opiniões desses professores, com grande e influente trajetória no ensino de

mentando que “a maioria daquelas coisas que pretensamente ensinamos aos alunos não são assimiladas por estes [pois] na área das ciências, operamos num mundo em que, mesmo nós, os adultos, versados nos conhecimentos que ensinamos, temos dificuldades de entender” (p. 49). Isso ocorreria, muitas vezes, porque “esquecemos² de duas situações importantes, e estas decretam uma ainda maior necessidade de *abstração* para os nossos estudantes:

- a) o mundo que descrevemos está fantásticamente distante da realidade do estudante. (...) Em ciências, as coisas ainda são mais trágicas, pois os professores mandam o aluno desenhar modelos de ‘realidades’, cuja existência são hipóteses. Fala-se em átomos e moléculas, como se fossem elefantes e pulgas.
- b) usamos uma linguagem que não é a do aluno. (...) Nós não nos damos conta do quanto falamos uma linguagem, na qual nós somos iniciados e nossos alunos não. (...) Há ciências — e a Química e a Matemática são bons exemplos — que têm linguagens tão particulares e tão universais que só os iniciados as entendem, e nós as falamos com nossos alunos como se eles as entendessem” (grifos e aspas do autor; pp. 49-50).

Nesse livro, que é dedicado e escrito aos professores de química de nível médio, Chassot relata que usamos *modelos* em química porque a realidade está muitas vezes fora de nosso alcance direto. Justamente por isso, seria preciso compreender que “modelos são simplificações da realidade, ou porque esta é complexa demais, ou porque sobre ela pouco conhecemos. [Mas] uma simplificação não significa que o modelo é *errado*. Ele é, apenas, menos sofisticado, mas mais adequado para tratar certos conhecimentos. [Ou seja] um modelo é uma situação *provável* e não algo certo e acabado” (grifos do autor; p. 104).

Há uma passagem do livro de Chassot que contém uma importante diferença em relação ao tratamento que Herron dá ao tema da construção de modelos e de sua necessidade. Nessa passagem, há outro sujeito conhecedor, muito mais ativo. Vejamos:

“A necessidade de se usar modelos decorre de duas limitações: (1) os modelos se destinam a descrições de situa-

ções com as quais dificilmente interagiremos, e das quais conhecemos apenas os efeitos; e (2) os modelos são simplificações de situações muito diversificadas, para as quais haveria necessidades de milhares de descrições diferentes. Estas duas limitações concorrem muito, ainda que diferentemente, para que determinemos as nossas exigências sobre o modelo que vamos elaborar” (p. 103).

Ou seja, uma vez que Herron propunha apenas a apresentação de modelos físicos e concretos em experiências extensivas como suporte para a aprendizagem dos conceitos abstratos da química, Chassot supera essa proposição. Chassot enfatizou que o modelo é uma elaboração ativa do sujeito em seu curso de apreensão da realidade e não uma reprodução do que por outro foi orientado, por isso utiliza a primeira pessoa do plural —no sentido de ‘a gente’ ou de ‘todos nós’— no seu texto. A elaboração ativa, enfim, é também realizada através da compreensão de conceitos e da linguagem que os exprime.

No decorrer dessas opiniões, várias vezes, apareceram grifos e aspas em palavras que farão parte de nossa discussão. No entanto, antes que ela se amplie, é interessante aclarar determinados conceitos para que cheguemos a definições, que possam eliminar as possíveis dúvidas, sobre ao que exatamente nós estamos nos referindo. Então, inicialmente, vamos começar fazendo uma aclaração semântica de *modelo*.

Um início de aclarações semânticas³

A palavra modelo, ou conforme é citado em dicionários, o verbete modelo teria origem do italiano *modello* e, entre outros, indicaria: o objeto destinado a ser reproduzido por imitação; aquilo que serve de exemplo ou norma; aquele a quem se procura imitar nas ações, no procedimento, nas maneiras, etc.; enfim, noções relacionadas à idéia de molde, de referência para cópia, reprodução, imitação, etc.

Porém, é nesse o sentido que se guarda a palavra modelo quando a ela nos referimos em ciência e conforme foi apresentado na seção anterior deste artigo? O que exatamente queremos dizer quando usamos a palavra modelo?

Outra definição, presente em dicionários, vincula o verbete modelo ao significado manifesto em uma ciência, por exemplo, a física. O uso da palavra modelo designaria um conjunto de hipóteses sobre a estrutura ou o comportamento de um sistema, por exemplo, físico, pelo qual se procuram explicar ou prever, dentro de uma teoria científica, as propriedades do sistema. Ou seja, modelo é alguma coisa que promoveria a união entre teoria científica e as propriedades inferidas de um sistema. Mas, o que exatamente se

química de seus países, apenas para exemplificar o contexto em que se insere a discussão que este artigo apresenta. O livro de Chassot foi publicado quase duas décadas depois de Herron. Como o conhecimento é dinâmico e, quando se permite, evolui progressivamente no curso do tempo, duas décadas em ensino de química permitiram a Chassot manifestar opiniões mais claras em relação àquelas apresentadas por Herron.

² O uso da primeira pessoa do plural é um recurso utilizado pelo autor para se incluir na reflexão que ele faz e dirige aos professores para quem escreve.

³ Uma primeira aproximação pode contar, por exemplo, com a ajuda de um dicionário. Nesse caso, usamos a versão eletrônica do Dicionário Aurélio, de Lacerda, Geiger e Barroso (1996).

quer dizer com isso? Vamos procurar esgotar um pouco mais os conceitos e as definições.

Nesse sentido, podemos buscar alguns aportes na filosofia da ciência. Mario Bunge (1998) sustenta, pedindo escusas pela metáfora, que: “para entender como a ciência funciona alguém deve olhar em sua face. (...) De outra maneira, não se contribuirá com qualquer verdade, quanto mais original, para o conhecimento do conhecimento científico”. Esse olhar na face da ciência ocorreria porquê: “qualquer autêntico filósofo da ciência tem dois objetivos, um epistêmico, outro pragmático. O primeiro é compreender a pesquisa científica e alguns de seus achados. A outra finalidade é auxiliar os cientistas a aguçar alguns conceitos, refinar algumas das teorias, escrutinar alguns métodos, revelar pressupostos filosóficos, resolver controvérsias e introduzir dúvidas sobre pontos aparentemente controversos. Um objetivo complementa o outro” (p. 405).

Em uma coletânea de seus artigos, publicada no Brasil em um livro com o sugestivo nome de *Teoria e Realidade* (1974), Bunge empreendeu um estudo filosófico que teve por objetivo responder, entre outras, as seguintes questões: “o que é um modelo teórico? Quais são as relações entre um modelo teórico e uma teoria geral? Como são comprovadas as teorias? Que papel desempenha a teoria na ação planejada?” (p. 10).

Como afirma Bunge, o que a palavra modelo significa à luz da semântica, mesmo quando traz significados no seio de uma ciência, não é suficiente para entender o conceito, pois: “as coisas não são positivamente tão simples”. Isso acontece porque: “nem todos os modelos teóricos foram submetidos a provas de veracidade: conseqüentemente, não se lhes podem atribuir um valor de verdade. Em segundo lugar, todo o modelo testado é, no melhor dos casos, parcialmente verdadeiro no sentido de que, com sorte, algumas de suas conseqüências comprováveis se mostram aproximadamente verdadeiras. Portanto, nenhum modelo teórico é, falando estritamente, um modelo no sentido semântico, pois isto exige que todas as fórmulas da teoria sejam exatamente satisfeitas” (pp. 38-39).

Essas noções, por ora, nos bastam para deixar em suspeição os entendimentos rígidos de modelo. Como abordaremos mais adiante, modelo é alguma coisa que permite a apreensão da realidade. Dessa forma, nossa própria apreensão é uma interpretação, submetida ao que ela tem de dinâmica e, às vezes, de progressiva. Permanecemos com essa noção de modelo em suspenso e vamos voltar o foco para a questão da realidade, do concreto e do abstrato, para que façamos outras esclarecimentos semânticos que poderão nos ser úteis.

Em suas opiniões acerca do objeto da química, Chassot fez uma reflexão opondo, de certa maneira, o concreto e o

abstrato, duas dimensões da realidade. Mas, novamente, o que é o concreto e o que é o abstrato?

Em nossas primeiras aproximações, podemos verificar que o verbete concreto se relaciona: ao que existe em forma material; ao que é considerado no objeto de que faz parte e não abstraído dele; e ao que exprime um objeto particular, determinado. Ou seja, confirmamos a relativa oposição entre as noções de concreto e abstrato. Porém, o que é abstraído do objeto, o é sempre da mesma maneira? Se há diferenças no que é abstraído, quais são essas? Por que elas ocorrem?

As primeiras definições nos sugerem que o abstrato é o resultante da abstração, o que utiliza abstrações e o que expressa uma qualidade ou característica separada do objeto a que pertence ou a que está ligada. Então, cabe discorrer sobre a noção de abstração —não à toa grifada nas opiniões que trouxemos como introdução— por ser um processo que influi na apreensão da realidade e na construção de modelos.

O verbete abstração indica o ato de abstrair, verbo que aponta a ação de: considerar isoladamente (coisas que se acham unidas) um ou mais elementos de um todo; separar; pôr de parte; afastar; alhear. No entanto, a palavra abstração também é de uso na filosofia —o que por si nos sugere a existência de uma profusão de definições— e, no dicionário que estamos usando, consta que, em filosofia, abstrair é separar mentalmente para tomar em consideração. Porém, repetindo o mote de Mario Bunge, as coisas não são positivamente tão simples. Assim, será útil, sem dúvida, situar a noção de abstração na história do pensamento filosófico.

Situando a abstração, à luz da filosofia⁴

“Os maiores sistemas da história da filosofia nasceram todos de uma reflexão sobre as ciências ou de projetos que tornem possíveis novas ciências” (Piaget, 1983, p. 69).

Coloquemos a noção de abstração em um enfoque evolutivo de seus conceitos. O verbo grego que se traduz por abstrair, era de uso comum para designar o ato de tirar algo de alguma coisa, separar algo de algo, privar alguém de algo, pôr algo à parte, arrancar algo de alguma coisa, etc. O substantivo correspondente, que se traduz por abstração, significava a ação ou efeito de tirar, arrancar, privar, separar, etc. Em latim, essas noções permaneceram, crescendo-se as

⁴ Há muitas maneiras diferentes de se fazer isso. Aqui seguimos uma alternativa simples: a consulta de um bom dicionário filosófico, no caso o Ferrater Mora (1990). Várias palavras, nesse dicionário, estão grifadas com aspas, isso ocorre com o intuito de ressaltar a importância de certas noções e indicar sua presença como verbete. Neste nosso artigo as aspas foram retiradas por dois motivos: primeiro, não temos a mesma intenção; segundo, por características de buscar um estilo mais sóbrio na expressão em língua portuguesa.

de ‘afastar de’ e ‘subtrair de’. Nas duas culturas, tanto o verbo quanto o seu substantivo foram usados em diversos contextos e com vários significados.

Conforme Ferrater Mora (1990), os filósofos antigos, desde Aristóteles, em vários sentidos, determinaram a noção de abstração como a ação ou efeito de separar conceitualmente algo de algo, isto é, de pôr algo (alguma característica ou propriedade, sobretudo) mentalmente à parte. Nesse sentido, cabe pôr à parte uma característica ou uma propriedade de um objeto —por exemplo, certa cor ou dada forma, de tal ou qual determinado objeto— com o fim de considerar esta característica ou propriedade separadamente. Desse modo, entretanto, cabe pôr à parte o que se estima que é uma característica ou propriedade comum a vários objetos —por exemplo, a cor azul de vários objetos azuis— e considerar, então, o que se põe à parte como algo geral ou universal. Ainda assim, cabe pôr à parte certos objetos —por exemplo, o círculo ou o triângulo, considerados separadamente dos objetos circulares ou triangulares, ou de possíveis objetos circulares e triangulares.

Portanto, Aristóteles se interessou por um modo de conhecer que é o abstrair, em outras palavras, por um conhecimento que obtém, mediante abstração, certos tipos de objetos ou realidades. Assim, por exemplo, obtém-se os objetos matemáticos, que existem somente na abstração. Os objetos matemáticos não se acham metafisicamente separados, isto é, não são, propriamente falando, substâncias. Entretanto, é possível separá-los da matéria mediante conceitos, o que os diferencia dos objetos físicos, uma vez que esses estão relacionados a algum conceito de matéria. Se há tal matéria, então teremos três formas de abstração: matemática, física e metafísica ou intelegível.

No entanto, a doutrina aristotélica da abstração passou, de certa forma, ao largo da filosofia medieval. Em todo o caso, numerosos filósofos medievais chegaram a usar outras noções de abstração, mais unitárias, em sua explicação da origem e estrutura do conhecimento. Outros, seguindo a tradição augustiniana —a alma é iluminada por Deus— não concebiam a abstração ou entendiam não ser necessário usá-la para possuir as formas que não se encontravam nos objetos.

Esse debate, que se pode dizer entre os abstracionistas e os iluministas, seguiu (e segue) por muito tempo. Diversos dicionários de filosofia, inclusive aquele que nos serve de referência, discorrem sobre as diferentes noções utilizadas por vários filósofos na descrição e explicação de como é possível o conhecimento dos conteúdos e das formas, ou seja, de como se apreende o real. Por fim, se considerarmos que as diferenças entre as ciências seriam função do grau de abstração própria de cada uma, então haveria de se considerar os vários graus de abstração.

Por exemplo, Jacques Maritain, em uma obra publicada em 1932, disserta sobre as diferentes abstrações, expondo o problema, que fora antes reformulado por João de São Tomás, da seguinte maneira:

- 1) o primeiro grau de abstração, próprio da física, abstrai meramente a matéria singular e considera o mundo sensível. Então, o espírito considera os corpos em sua realidade móvel e sensível, os corpos revestidos de suas qualidades e propriedades experimentalmente comprováveis. O objeto abstraído não pode nem existir sem a matéria e as qualidades a ela ligadas, nem ser sem ela concebido;
- 2) o segundo grau de abstração, próprio da matemática, abstrai, além disso, da matéria sensível, e considera a quantidade. Isso porque, o espírito pode considerar objetos abstraídos e purificados da matéria. Por essa possibilidade, em geral, funda as propriedades sensíveis —ativas e passivas— dos corpos. Então, considera unicamente uma certa propriedade que separa os corpos: a quantidade, nome ou extensão em si. O objeto abstraído não pode existir sem a matéria sensível, mas pode ser concebido sem ela.
- 3) o terceiro grau de abstração, próprio da metafísica, abstrai inclusive a matéria inteligível e a considera como substância ou ser. Esse grau de abstração tem lugar quando o espírito considera objetos abstraídos e purificados de toda a matéria. Nesse sentido, não retém nas coisas mais do que lhe é próprio, do que está embebido nas coisas. Assim, considera o ser como igual a suas leis. Os objetos abstraídos não só podem ser concebidos sem a matéria, senão que podem inclusive existir sem ela, seja que não existam jamais na matéria (como Deus e os espíritos puros), seja que existam tanto nas coisas materiais como nas imateriais, como a substância, a qualidade, o ato e a potência, a beleza, a bondade, etc.

Em sua época, Maritain alegava que os autores que tomaram essa perspectiva, sabiam que a distinção entre as abstrações seria necessária para evitar os erros em que caíam quase todos os autores modernos (empiristas, nominalistas, positivistas, etc.). Esses não levaram em conta tal distinção e, por isso, consideraram exclusivamente o aspecto total e unitário da abstração. Restaria lembrar que os autores modernos, aludidos à época de Maritain, diferiam entre si de várias maneiras. Como não é esse o nosso tema em debate⁵, já consideramos ter o necessário para o que será exposto a seguir.

⁵ Quem achar necessário, ou mesmo interessante, uma exposição mais ampla sobre o debate acerca da noção de abstração, podem consultar, por exemplo o Dicionário de Filosofia de Ferrater Mora, que disserta, nesse tema, sobre as obras de Locke, Berkeley, Hume, Kant, Fichte, Hegel, Husserl, Russel, etc.

Aportes para uma teoria do conhecimento: os estudos em epistemologia genética

Começamos esta seção com algumas perguntas, seja para, em parte, situar a finalidade dos modelos abstratos, seja para desenvolvermos algumas *reflexões* sobre os objetivos dos estudos em epistemologia genética. Então, em geral, será que é possível referendar a validade ou revelar a falsidade de postulados filosóficos? Haveria alguma maneira, método ou mecanismo que tornaria possível submeter à experimentação o que fora postulado por análises semânticas e/ou filológicas? Em particular, haveria como comprovar se os postulados acerca da abstração são corretos?

Os estudos em epistemologia genética,⁶ iniciados por Jean Piaget com a colaboração de estudiosos e pesquisadores de diversas áreas do conhecimento, partem de respostas afirmativas a todas essas questões. Dessa forma, em se mantendo a questão mais geral, seria interessante conhecermos um pouco mais os objetivos desses estudos para, então, verificar os aportes que eles trazem para uma teoria do conhecimento.

Consideramos que o problema geral dos estudos empreendidos por Piaget e/ou colaboradores estava relacionado às questões de como os conhecimentos são possíveis e de como ocorreria a passagem de um conhecimento mais pobre (em extensão, profundidade, implicação, conceituação, significação, etc.) para um mais rico. Questões como essas não foram unicamente estudadas pelos adeptos da epistemologia genética ou dos postulados e das teses de Jean Piaget. Longe disso, essas questões poderiam ser chamadas de tradicionais ou clássicas no seio da filosofia. O que ocorreu de diferente e original foi tanto a abordagem dada à questão quanto o método utilizado em seu estudo.

A teoria do conhecimento, também chamada de epistemologia, costuma ser descrita como uma das partes da filosofia, como também são a metafísica, a ética e a lógica. Se entendermos assim, no campo da filosofia, quem se dedica à teoria do conhecimento visaria, de preferência, estabelecer critérios para o conhecimento, que, possivelmente, colocariam limites ao que pode vir a ser conhecido. Ocorre que essa separação das partes da filosofia é mais para efeitos de estudo, ou seja, o que se estuda em uma parte está relacionada à outra. Citando um exemplo voltado ao nosso tema em foco, as concepções que temos acerca da estrutura da realidade —objeto da metafísica— estão relacionadas com aquilo que está ao nosso alcance conhecer —objeto da teoria do conhecimento (Ayer, 1975)—. Então, como delimitar, para

efeito de estudo, questões, apenas, voltadas à teoria do conhecimento, sem que se entre nos domínios da metafísica? Vamos buscar aportes em uma obra que se consagrou a esse intuito.

Na obra de Jean Piaget há algumas passagens que nos podem ser úteis para saber como ele colocava em questão seu objeto de estudo. Conforme Piaget (1973) é possível dissociar a teoria do conhecimento da metafísica desde que se delimite metodicamente o objeto de estudo. Assim, por exemplo, trataríamos de estudar: “como aumentam os (e não o) conhecimentos” (p. 32), “considerados em sua multiplicidade e, principalmente, na diversidade de seus respectivos desenvolvimentos” (p. 104). Bem como, “por quais processos uma ciência passa de um conhecimento determinado, julgado depois insuficiente, a outro conhecimento determinado, julgado depois superior pela consciência comum dos adeptos desta disciplina” (pp. 32-33). Essa segunda questão, por si só, já bastaria para afastar nosso estudo das conotações metafísicas.

Sendo essas as questões mais gerais, podemos delas retirar implicações e pressupostos. Assim, se todo conhecimento é sempre um vir a ser e “jamais se considera seu estado como definitivo” (Piaget, 1990, p. 4) —as questões estão relacionadas ao processo de passar de um conhecimento menor— e “jamais existem começos absolutos” (idem, p. 3) —para um estado mais completo e mais eficaz, então, “é claro que se trata de conhecer esse vir a ser e de analisa-lo de maneira mais exata possível” (Piaget, 1973, p. 14).

Nesse sentido, lembramos que “todo aumento do conhecimento científico supõe, sem dúvida, um processo de pensamento, isto é, um raciocínio, de uma forma ou de outra” (Piaget, 1990, p. 1). Então, se todo conhecimento contém um aspecto de elaboração nova (ou seja, a passagem de um conhecimento menor para outro estado mais completo e eficaz), que opiniões, postulados, teorias gerais ou modelos teóricos poderiam explicar o processo de pensamento envolvido na elaboração dos conhecimentos?

Nas muitas obras de Piaget essa questão está presente, mas parece ter sido abordada mais objetivamente nos livros dedicados ao desenvolvimento do pensamento (1977) e às abstrações (1995). Neste nosso artigo, trataremos considerações relacionadas ao segundo livro. No entanto, antes que se retorne ao tema da abstração, voltemos a discussão sobre modelos e a descrição do seu vínculo entre teoria e realidade.

Teoria, realidade e sua ligação através de modelos

Na seção dedicada as primeiras esclarecimentos semânticos, deixamos em suspenso a noção de que modelos são alguma coisa que nos permitem apreender a realidade. Nesse sentido, nossa própria apreensão seria uma interpretação, submetida ao seu dinamismo e, por vezes, progressividade. Nesta

⁶ No Centro Internacional de Epistemologia Genética, em Genebra-Suíça, fundado por Jean Piaget, foram realizados estudos sobre, entre outras, as noções de número, espaço, tempo, movimento, força, identidade, generalização, correspondência, abstração, etc.

seção, retomamos ao tema, tentando trazer algumas considerações que possam nos mostrar como ocorre o dinamismo e, quando há, a progressividade.

Em seu estudo sobre a realidade, a teoria e seus modelos, Bunge (1974) entende que: “a conquista conceitual da realidade começa (...) por idealizações (...), é o nascimento do *objeto-modelo* ou modelo conceitual de uma coisa ou de um fato” (grifo do autor; p. 13). Nesse sentido, um objeto-modelo (ou um evento-modelo quando se tratar de um fato) é uma representação de um objeto: ora perceptível, ora imperceptível, mas sempre esquemático e, ao menos em parte, sujeito a convenções.

No entanto, não basta esquematizar o objeto que está sendo modelado, é preciso descrever tudo isso em detalhe e de acordo com as leis gerais conhecidas. Então, temos um “*modelo teórico*, [isto é] um sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto-modelo, que é, por sua vez, uma representação conceitual esquemática de uma coisa ou de uma situação real ou suposta como tal” (grifo do autor; p. 16).

Os resultados que os modelos teóricos e os objetos-modelo apresentam podem estar de acordo com as informações baseadas na experiência. Quando isso ocorre, presumimos que fizemos uma imagem verdadeira do real (uma imagem não-visual, é claro). No entanto, “quanto mais se exige fidelidade ao real, tanto mais será preciso complicar os modelos teóricos” (p. 17). Assim, “a escolha entre [os] diversos objeto-modelo e os modelos teóricos correspondentes dependerá do objetivo do investigador” (p. 20). Em relação a isso, vejamos um exemplo, que guarda paralelo com a discussão sobre o pensamento envolvido na elaboração dos conhecimentos.

Então, se o que se quer é apenas manejar um sistema (cognitivo, por exemplo), uma caixa negra pode bastar. No entanto, se se deseja compreender o funcionamento de um sistema —seja por curiosidade, seja porque se intenta dominá-lo ou modificá-lo— então não se pode deixar de imaginar modelos mais ou menos profundos, gozando de apoio de teorias gerais bem como do apoio de experiências novas.

Até aqui, no decorrer deste artigo, afastamos as definições estritas para o conceito de modelo, pois como podemos verificar no que já foi exposto, a própria definição de modelo está relacionada com aquilo que se está modelando. Então, como, no caso deste artigo, trata-se dos conceitos sobre os modelos abstratos, finalmente apresentaremos uma definição estrita, para que possamos discorrer sobre a apreensão da realidade. Segundo Bunge (1974), “um modelo teórico da conduta de um sistema é um grupo de enunciados (preferencialmente de forma matemática) que ligam as variáveis exógenas e as variáveis endógenas do sistema, sendo estas últimas concebidas como variáveis intermediárias, dotadas de um valor de cálculo, mais do que como representantes dos detalhes internos do sistema” (p. 20-21).

Como procuraremos mostrar em uma próxima seção, Jean Piaget propôs —e submeteu à experimentação— modelos teóricos para o sistema cognitivo, ou em outras palavras, a partir de seus diversos estudos, ele propôs um conjunto de teorias específicas relacionadas à teoria do conhecimento. Ainda mais, essas teorias específicas contemplariam as características postuladas por Mario Bunge. Mas, antes que apresentemos tal modelo teórico, cabe discutir se podem as teorias gerais e os modelos teóricos serem comprovados.

Conforme Bunge (1974), teorias gerais não fornecem conclusões particulares e, portanto, rigorosamente comprováveis. Assim, “a comprovação de teorias gerais demanda a produção de teorias específicas; (...) o que se pode testar é uma teoria geral equipada de um objeto-modelo em suma, um modelo teórico” (p. 36).

Se aceitarmos esse postulado de Bunge, para que se possam comprovar as teses dirigidas à teoria do conhecimento, faz-se necessário a proposição de modelos teóricos. Conforme nos parece, as teses de Piaget e colaboradores entendem a teoria do conhecimento como uma teoria geral. Como uma teoria geral não pode ser comprovada, surgem os estudos em epistemologia genética —como modelo teórico submetido à experimentação— no intuito de corroborar as teses propostas à teoria do conhecimento. Assim, no decorrer dos estudos desse modelo teórico, foram enunciados dois tratados de lógica e mais de trinta outros baseados em enunciados e premissas semanticamente definidos. Como o intuito do projeto —de Piaget e de seus colaboradores— foi compreender o funcionamento do sistema cognitivo, então, podemos entender a ação do sujeito e os estímulos do ambiente como variáveis exógenas. No modelo, os esquemas assimiladores seriam a variável endógena. Esses esquemas, que possibilitariam a intermediação da ação feita no ambiente, são entendidos como noções lógico-matemáticas que possuem valor de cálculo; em outras palavras, seriam essas noções que permitiriam, entre outras, a avaliação, a conjectura e a realização de uma operação ou uma combinação delas sobre números e símbolos.

Assim, entendemos que, no estudo que versou sobre a abstração, Piaget e seus colaboradores analisaram o comportamento do sistema cognitivo, utilizando como objeto-modelo, a razão, e como modelo teórico, a *abstração reflexionante*.

A vinculação do problema epistemológico, uma teoria específica para a sua interpretação e explicação: a abstração reflexionante

Parece ser aceito pelos filósofos da ciência que todos os problemas epistemológicos são encontrados em uma perspectiva histórico-crítica. Porém, essa perspectiva não é entendida como uma “história anedótica das descobertas, mas

como história do próprio pensamento científico (...), o método histórico-crítico consiste, precisamente, em julgar o alcance real das noções por sua construção histórica” (Piaget, 1973, p. 108). Conforme Piaget, essa perspectiva afasta o imprevisto que possa existir nas filosofias.

No entanto, esse método não seria o único. Segundo Piaget, podemos “prolongar a análise histórico-crítica com uma investigação psicogenética” (idem, p. 109), entendida como o estudo da origem e evolução das funções mentais. Nesse sentido, podemos lembrar que os trabalhos de Piaget não são os únicos a seguirem esse curso, uma vez que: “os belos estudos de Leon Brunschvicg [terminam] por um esboço da gênese mental das noções [e] cada estudo crítico de Henri Poincaré utiliza tal recurso” (p. 110). Ocorre que os autores citados por Piaget faziam a investigação psicogenética pela análise das noções sem submeter tais análises a comprovações experimentais. Ou seja, como verificar se as inferências desses autores seriam verdadeiras? Piaget entendeu que o exame dos comportamentos da criança poderia trazer mais aportes para esse debate e, então, talvez corroborasse os postulados desses filósofos da ciência.

A maior parte dos estudos de Piaget seguiu o caminho psicogenético. Os tratados escritos por Piaget —relatórios de pesquisas desenvolvidas em cooperação com seus diversos colaboradores— contemplam o problema central da teoria do conhecimento: quais as relações envolvidas entre sujeito (conhecedor) e objeto (conhecido). O estudo dessas relações abarcou tanto as características da experiência quanto as do pensamento. Assim, no que tange à experiência, “o exame dos comportamentos da criança, com respeito aos objetos mostra que existem duas espécies de experiência e duas espécies de abstração” (p. 35).

As diferentes espécies de experiência parecem estar sempre reunidas, mas podem ser facilmente dissociáveis para efeitos de análise. Conceituando-as, Piaget entende que “a *experiência física* responde à concepção clássica da experiência: ela consiste em agir sobre os objetos, para extrair um conhecimento por abstração, a partir dos próprios objetos” (p. 76, grifo meu). Já a *experiência lógico-matemática* é de natureza completamente diferente, ela “consiste em agir sobre os objetos, mas com abstração dos conhecimentos, a partir da ação e não mais dos próprios objetos” (pp. 76-77). Nesse caso, os objetos servem como instrumentos para o sujeito. A experiência do sujeito é, então, em relação às ações que ele executa com e sobre os objetos. Esse tipo de experiência permite que o sujeito faça a abstração de outras propriedades, mas essas partem de suas ações e não das qualidades do objeto.

Conforme vimos abordando, somente para efeitos de estudo se pode fazer uma separação entre as espécies de experiência e as espécies de abstração. Antes contemplamos

algumas características que diferenciariam as espécies de experiências. Dessa forma, acreditamos já ter elementos suficientes para debater as seguintes questões: se há diferentes experiências, qual modelo teórico poderia descrevê-las e explicá-las? Se há diferentes abstrações envolvidas nessas experiências, como elas se tornam possíveis e, caso isto ocorra, como progridem?

Como já havíamos comentado há alguns parágrafos, Piaget (1995) deteve seus estudos sobre essas questões em uma obra consagrada à pesquisa sobre a *abstração reflexionante*. Porém, para que não nos percamos em diferentes compreensões semânticas, vamos procurar identificar alguns significados possíveis para o termo em grifo. Inicialmente, podemos entender que a adjetivação ou a tipificação denotada com o termo *reflexionante* indicaria alguma qualificação para a abstração. Isso poderia nos bastar para sugerir que há a existência de diferentes graus de abstração, conforme abordado em nossa seção dedicada à aclaração semântica. Porém, vejamos como isso se confirma.

A continuação das aclarações semânticas

Na introdução, bem como no início das conclusões, do tratado de Piaget e colaboradores dedicado às abstrações, podemos ler que os seus mecanismos são descritos e explicados, também, utilizando-se como metáfora o fenômeno físico da reflexão. No entanto, ainda sem utilizar tal metáfora, cabe citar o conceito que Piaget postula para a abstração, que “consiste, por si mesma, (...) numa diferenciação, porquanto separa uma característica para transferi-la, e uma nova diferenciação acarreta a necessidade de integração de novas totalidades, sem as quais a assimilação deixa de funcionar, daí o princípio comum da formação de novidades” (p. 284). Essa definição, ainda unitária, contém acepções que procuramos aclarar em seção passada, aqui não voltaremos ao tema. Tal citação nos possibilitará uma comparação entre os conceitos de Piaget e aqueles postulados por Jacques Maritain, mas antes façamos algumas definições.

Então, voltemos nossa atenção para o ato qualificativo da abstração, ou seja, o que vem a ser *reflexionante*? Procuremos, novamente, uma aclaração semântica para o termo, antes de recorrer ao significado que Piaget lhe atribui. Lembremos que reflexionante é um neologismo, dessa forma pode ser interessante compreender o que se quer dizer com tal palavra. Busquemos um breve estudo em língua portuguesa, procurando por palavras que apresentem o mesmo sufixo (-ante), por exemplo: estudante, semelhante, tolerante, etc. Palavras que apresentam o sufixo *ante* denotam, entre outros, o agente, a qualidade ou o estado do verbo a elas relacionadas, assim, em nosso exemplo, teríamos: o agente do ato de estudar, o estado do ato de assemelhar, a qualidade do ato de tolerar, etc. Ora, logo reflexionante é a qualidade ou

o estado do ato ou efeito de reflexionar, que é sinônimo de refletir, que por sua vez é descrito como o que causa reflexão. Dessa forma se têm definições circulares que, poderíamos pensar, não diferenciariam reflexionante e reflexão. Nesse caso, podemos ponderar que o primeiro desses aspectos utiliza a metáfora do fenômeno físico, cabendo ao segundo a significação filosófica, ou seja, o ato do espírito. Então, vejamos o que se entende por reflexão.

O verbete reflexão denota, entre outros, o ato ou efeito de refletir(-se); o ato ou efeito de voltar(-se) da consciência, do espírito, sobre si mesmo, para examinar o seu próprio conteúdo por meio do entendimento, da razão; por isso, a consideração, a ponderação, a observação e o reparo atentos. Também denota, mas já no entendimento de física, a modificação da direção de propagação de uma onda que incide sobre uma interface que separa dois meios diferentes, e retorna para o meio inicial. Quando analisamos os significados do termo reflexão é difícil desvincular esses diferentes entendimentos.

Uma segunda aproximação, por exemplo, permite-nos identificar que a noção psicológica de reflexão - a que denota um processo relacionado à consciência, espírito ou razão - tem sua origem a partir da metáfora, ou seja, na reflexão de uma substância material (corpo elástico, onda de luz ou de som, etc.). A partir da idéia de que se a substância material cai sobre uma superfície lisa, rebote e muda de direção, supôs-se que o mesmo pode ocorrer no sujeito humano e também na realidade inteira. Assim, no caso do sujeito humano, a reflexão é a mudança de direção de um ato mental, e especificamente de um ato intelectual, por meio do qual o ato inverte a direção que o conduz para o objeto e volta em direção a si mesmo. Dessa forma considerada, a reflexão é um ato de consciência. De maneira mais simples, conforme relata Ferrater Mora (1990), chega-se a tornar idêntico a consciência e a reflexão, de uma forma que se pode considerar o sujeito humano como um ser fundamentalmente reflexivo.

Ora, como a noção de reflexão está relacionada à consciência, não à toa, foi tema de debate de diferentes autores e filósofos. Como não é esse o nosso tema em debate, já consideramos ter o suficiente para relatar como Piaget entendeu tais conceitos. Lembrando que o que pode ser ressaltado, no que diz respeito à busca sobre a produção do conhecimento, são os mecanismos e possíveis diferenciações nos atos de reflexão. Nesse sentido, “é cabível separar a analogia do que se quer estudar, ou seja, distinguir a reflexão em seu sentido real e a reflexão no sentido mental. O produto do primeiro tipo de reflexão é uma idéia direta; o produto do segundo tipo de reflexão é uma idéia reflexa. Trata-se de uma concepção, respectivamente, ‘ampla’ e ‘restrita’ da noção de reflexão. (...) Na reflexão [mental], por tanto, não só

o sujeito vê, senão sente que vê, se dá conta que vê, reflexiona sobre o seu ver. A reflexão é o conhecimento que o sujeito tem de seus próprios atos” (aspas do autor; Ferrater Mora, 1990, p. 2811).

Após várias reflexões, voltamos às abstrações

Buscando uma síntese do que até agora abordamos, Piaget propôs, de certa forma, uma união das noções de abstração e reflexão, pois entendia que os diferentes graus de abstração poderiam ser descritos e explicados a partir dos diferentes apoios que as crianças utilizam nos processos de reflexão. Dessa forma, considerando tais abstrações reflexivas, seria útil distinguir “a ‘reflexão’ no sentido quase geométrico da projeção de certas ligações anteriores sobre um novo plano de pensamento e ‘reflexão’ no sentido noético de uma reorganização requerida pela reconstrução das ligações nesse novo plano” (aspas do autor; Piaget, 1990, p. 70). Com relação a essa definição, algumas considerações nos permitiriam ampliar os entendimentos. Em primeiro lugar, uma reflexão no sentido noético seria aquela relacionada à noese ou, em outras palavras, a reflexão entendida em relação aos aspectos subjetivos da vivência, constituída por todos os atos que tendem a apreender o objeto: o pensamento, a percepção, a imaginação, etc. Em segundo lugar, o uso da palavra plano, para expressar os diferentes níveis ou graus do pensamento, permite entender tanto uma representação espacial atual quanto um projeto ou empreendimento com fim determinado. Dessa forma, o entendimento seqüencial e encadeado do processo de reflexão poderia ficar mais claro. Ou seja, quando as reflexões se dão em novos planos, elas permitem reorganizações de conhecimento diferentes das anteriores, que permitem outros planejamentos nas ações futuras. Podemos, também, procurar por outras definições.

No tratado sobre as abstrações, esses diferentes processos que eram homônimos, ganharam nomes diferentes, então a *abstração reflexionante* passa a ser definida a partir de “dois aspectos inseparáveis: de um lado, ‘reflexionamento’, ou seja, a projeção (como através de um refletor) sobre um patamar superior daquilo que foi tirado do patamar inferior (por exemplo, da ação à representação) e, de outro lado, uma ‘reflexão’, entendida esta como ato mental de reconstrução e reorganização sobre o patamar superior que foi assim transferido do anterior” (aspas do autor; Piaget, 1995, pp. 274-275). Novamente, a diferença sugere a existência de diferentes graus de abstração. Ora, o que tornaria diferente tais graus de abstração? Porque haveria diferenças nos processos de reflexão? Quais seriam os diferentes apoios para os processos de reflexão? O que se abstrai, afinal, em cada um desses graus de abstração?

A abstração e a reflexão poderiam ser consideradas, grosso modo, como processos mentais implicados na apreensão

são da realidade, ou seja, características do pensamento envolvidas no processo de conhecer. Nesse sentido, o estudo da *abstração reflexionante*, novamente, contempla o problema central da teoria do conhecimento: quais as relações envolvidas entre sujeito (conhecedor) e objeto (conhecido), em outras palavras, como o sujeito conhecedor chega a conceituar o objeto que conhece.

Segundo Piaget, “em um sistema de conceitos, é necessário distinguir dois aspectos: sua forma e seu conteúdo” (p. 286). Então, como já havíamos abordado anteriormente, o problema da abstração se dirige às diferentes formas envolvidas na apreensão do real. Onde se entende a *forma* como a relação existente entre os termos de uma operação da faculdade de compreender, de pensar ou de conhecer. Nessas operações, a matéria ou o conteúdo é abstraído. Os termos, por sua vez, seriam considerados como as partes de um todo, entre as quais se estabeleceria uma ligação lógica. Nesse sentido, podemos entender conteúdo por aquilo que está contido nas formas. Assim, na medida que seja mais poderosa a forma abstraída da realidade, tantos maiores serão os conteúdos nela contido.

Dessa maneira, se todo o conteúdo é extraído do que é observável, da experiência física, a abstração mais simples já seria suficiente para descrever e explicar o ato de conhecer. Então, por um lado, segundo Jacques Maritain, esse seria o primeiro grau de abstração, próprio da *física*. Em outra expressão, por outro lado, conforme Piaget, essa seria a *abstração empírica*, que “tira suas informações dos objetos como tais, ou das ações dos sujeitos sobre suas características materiais” (p. 274).

No entanto, quando se reconhecem propriedades novas, que os objetos pareciam não possuir nos níveis anteriores de entendimento, outros graus de abstração seriam necessários para o ato de conhecer. Assim, as reorganizações novas —em relação às anteriores— levariam a outras formas que engendrariam, então, novos conteúdos. Nesses casos, ocorreriam outras experiências, além da física, haveria, conforme designa Piaget, a intervenção da experiência lógico-matemática. Sobre esse tipo de experiência que se apoiariam os diferentes tipos de abstração reflexionante.

Conforme Piaget, a abstração reflexionante conjuga tanto a *abstração pseudo-empírica* quanto a *abstração refletida*. Nesse sentido, “quando o objeto é modificado pelas ações do sujeito e enriquecido por propriedades tiradas de suas coordenadas, a abstração apoiada sobre tais propriedades é chamada de ‘pseudo-empírica’” (aspas do autor; p. 274). Descrita dessa forma a abstração pseudo-empírica guarda paralelo com o segundo grau de abstração postulado por Maritain, e essa seria própria da *matemática*, ou da experiência lógico matemática.

Finalmente, à medida que a reflexão acontece sobre

reflexões anteriores, ou seja, quando a reflexão “se torna consciente” (p. 274), teríamos o que Piaget chama de *abstração refletida*. Essas ensejam formas cada vez mais ricas em implicação, dedução e explicação. Conforme os postulados de Maritain, esse seria o terceiro grau de abstração, próprio da *metafísica*, ou seja, do que está além do conhecimento das coisas naturais.

Entretanto, esses diferentes graus de abstração são isolados para efeitos de análise, uma vez que eles funcionariam de forma solidária no curso da apreensão da realidade. O que parece ocorrer, conforme o estudo realizado com o comportamento das crianças, é uma gradual independência entre os graus de abstração, tendendo a uma maior utilização de abstrações reflexionantes em níveis mais desenvolvidos.

Resumindo, vamos trazer um recorte das conclusões das pesquisas, de Piaget e colaboradores, que, parece-nos, tiveram a intenção de verificar experimentalmente a validade dos postulados sobre os diferentes graus de abstração, uma das questões em debate na teoria do conhecimento: “nos níveis elementares (...) a abstração empírica aparece (...) como quase pura, limita-se ela a registrar as características perceptivas mais aparentes e mais globais dos objetos, enquanto, com os progressos da conceituação, (...) quantidades crescentes das propriedades dos corpos e das ações tornam-se observáveis depois de terem sido, anteriormente, ou negligenciadas ou sistematicamente deformadas. [Por exemplo] é, sobretudo, no terreno do pensamento científico que o fenômeno é mais impressionante, [onde] cada uma das medidas obtidas (...) supõe um mundo de elaborações teóricas necessárias, tanto ao enunciado das questões postas à natureza quanto à construção dos aparelhos indispensáveis (...) à própria leitura dos fatos da experiência” (Piaget, 1995, pp. 288-289).

A construção de modelos abstratos na apreensão da realidade

“Todo o modelo teórico é, no melhor dos casos, um *quase-modelo* no sentido que suas fórmulas são aproximadamente satisfeitas pelo real” (grifo do autor; Bunge, 1974, p. 29).

Nas seções anteriores, vimos uma série de postulados voltados à noção de modelos. Neles, os modelos são descritos como entes abstratos que permitem a união entre um conjunto de conhecimentos, uma teoria, e a realidade. Os modelos, portanto, e no mínimo, ensejam características interpretativas e justificativas para realidade conhecida. Também, vimos —a partir de um modelo para a teoria do conhecimento, corroborado experimentalmente— que no curso da apreensão da realidade concorrem diferentes tipos de experiência e diversos graus de abstração. Ainda mais, os camin-

hos percorridos no ato de conhecer podem ser conhecidos através de métodos chamados de histórico-crítico e de psicogenético. Na história da ciência, há diversos exemplos que mostram os caminhos de transição de um modelo para outro. Nessa nossa conclusão, a partir de excertos dos autores que citamos, intentaremos construir um caminho para a construção de modelos abstratos na apreensão da realidade.

Em uma síntese de estudos das noções relacionadas aos conhecimentos físico, lógico e matemático, Piaget (1990) defende que “a dedução só se torna explicativa a partir do momento [que] tende a destacar uma ‘estrutura’ cujas transformações permitiriam então reencontrar as leis, tanto gerais quanto particulares, mas a título de conseqüências necessárias da estrutura e não mais a título de generalidades de diversas ordens simplesmente [reunidas]. Uma tal estrutura, tomada —muito naturalmente— do arsenal das estruturas matemáticas possíveis (sem modificações ou remanejadas para se adaptarem ao problema que estiver sendo considerado), equivale então a introduzir no plano físico aquilo a que se dá o nome de ‘modelo’ ” (grifo do autor; p. 93)

Ou seja, Piaget consideraria os modelos como sendo estruturas lógicas e conceituais, que reuniriam, por dedução, as leis até então conhecidas. Então, seriam os modelos integrações conceituais necessárias à explicação da realidade que se conhece. Dessa forma, um modelo só desempenharia seu papel explicativo quando a disposição e a ordem das partes de um todo, ou seja a estrutura, impedisse que o sujeito se encontrasse em um cruzamento confuso de caminhos possíveis das relações ou das leis. Ainda mais, a diferenciação generalizada de conceitos prejudica a coesão necessária aos modelos. Assim, no desenvolvimento dos modelos abstratos, em seguida das diferenciações possíveis, faz-se necessário integrações conceituais a partir da formulação de novos modelos. Justamente, isso quer dizer que existem modelos parciais que não contemplam toda a complexidade da realidade. Somente a partir da inclusão de novos dados, da constatação de novas leis e das integrações que a eles são necessários se pode chegar “às transformações objetivas e reais (portanto, ‘ônticas’) que se produzem nas coisas” (grifo do autor; p. 94).

Dessa forma, enquanto as operações realizadas para a representação das leis —naturais, por suposto— somente forem aplicadas aos objetos conhecidos, haverá, no máximo, por abstração, a constituição de estruturas ou modelos emprestados dos próprios objetos. Ou seja, haverá um maior grau do uso de experiência física e de abstração empírica e um menor do uso de experiências lógico-matemáticas e de abstrações reflexionantes. Dessa forma, somente quando o pensamento se dirige a superar o que está nos objetos, quando começa neles a especular por atribuições causais ou por outras determinações, chegará o sujeito as mais ricas

integrações conceituais, que lhe possibilitarão compreender as implicações necessárias e as insuficiências possíveis de seus modelos parciais. Em outras palavras, haverá criatividade.

Então, nas palavras de Mario Bunge (1974), destinadas ao trabalho científico: “a observação é apenas uma fonte (não a única) de problema e um teste (não o único tampouco) de nossos modelos teóricos. A intuição —ou melhor, os diversos tipos de intuição— é uma fonte de idéias que devem ser submetidas à crítica da razão e dos fatos para serem fecundadas. A razão, enfim, é o instrumento que nos permite construir sistemas com a pobre matéria-prima dos sentidos e da intuição. Nenhuma destas componentes do trabalho científico —observação, intuição e razão— pode, por si só, nos dar a conhecer o real. Elas não passam de aspectos diversos da atividade típica da pesquisa científica contemporânea: a construção de modelos teóricos e sua comprovação” (p. 30).

Nesse caso, “cabe a nós decidir aonde queremos chegar ao tomar o caminho da pesquisa: a opção é entre o conhecimento superficial (descrição e previsão da conduta) e o conhecimento aprofundado (explicação e capacidade de prever efeito inauditos). Mas nos dois casos trata-se da construção de objeto-modelo e de modelos teóricos” (p.22).

Para não nos furtarmos de uma outra opinião para os problemas de ensino anunciados no início

Como vimos, no início deste artigo, o problema do ensino de ciências revelado por Herron (1975) parece ser de fácil constatação e bastante referendado em ampla literatura. No entanto, a proposta ou a alternativa que ele defende para o ensino de ciências gradualmente tem sido desacreditada por professores e pesquisadores dedicados a essa área de conhecimento. A utilização de experimentação extensiva como apoio concreto para a construção de modelos abstratos é um dos esteios do Método da Descoberta, que subsidiou diversos programas de ensino no Brasil e no exterior. Esse método e seus programas causaram polêmicas e não se efetivou como uma metodologia que resolvesse os problemas a que se propunha. Talvez, em parte, porque faltassem a seus proponentes noções mais aclaradas sobre a teoria do conhecimento e sobre a construção de modelos abstratos na apreensão da realidade.

No entanto, mesmo que, tanto Herron quanto os métodos e os projetos voltados ao ensino pela (re)descoberta, tenham partido, em grande parte, de interpretações —parciais, por certo— da obra de Jean Piaget e de seus colaboradores, não parece ser prudente desacreditar um referencial por utilizações as quais, em essência, não foram dirigidos.

No periódico onde se encontra o artigo de Herron, também pode ser encontrado dois artigos que fazem uma ampla revisão da obra de Piaget e de seus colaboradores. Em um primeiro artigo (Good, Mellon e Kromhout, 1978), é

apresentada uma síntese da obra de Piaget, pois se entendeu que o seu “trabalho (...) tem relevância para o campo da educação química bem como para os outros assuntos a ela relacionados que requeiram pensamento abstrato, lógico”.

No entanto, foi em um segundo artigo (Good, Kromhout e Mellon, 1979), que esses professores, revelaram a proficiência da obra piagetiana. Nesse artigo, àquela época, consta uma revisão bibliográfica, que apontou mais de 130 publicações em periódicos indexados de ensino de ciências que utilizam as idéias de Piaget como pauta para proposição e avaliação de estratégias de ensino e aprendizagem, investigações das habilidades de raciocínio dos estudantes de ciências e a natureza do raciocínio formal. Essa revisão, por exemplo, apontou que o uso de modelos concretos para representar conceitos químicos abstratos parece auxiliar estudantes já no nível do pensamento formal, mas foi pequeno o auxílio para estudantes no nível pré-formal. O que enfatiza a insuficiência de proposições baseadas apenas em modelos concretos. Nesse sentido, há de se levar em conta outros atributos necessários para a construção de uma teoria e da utilização dos modelos. Assim, por exemplo, seria o estudante quem deveria propor os modelos e não a ele serem apresentados outros já prontos. Dessa forma, através dos modelos por ele construído, poderia retirar implicações, testá-las, etcétera. Porém, isso deveria ocorrer se se julga que a atividade própria à educação científica é uma iniciação à pesquisa científica. Talvez isso pudesse ocorrer, com mais facilidade, em cursos de ciências de nível superior. Mas, será que as mesmas idéias se aplicariam nas escolas de níveis fundamental e médio?

Concluiremos este nosso artigo, trazendo algumas idéias –longe de serem suficientes– de Jean Piaget, relacionadas ao ensino de ciências, publicadas em *Compreender é inventar* (transcrito de: Good, Kromhout e Mellon 1979):

1. “*pode ser* que a incapacidade do estudante em um assunto em particular seja devida a uma passagem muito rápida da estrutura qualitativa dos problemas (pelo simples raciocínio lógico mas sem a introdução imediata de relações numéricas ou leis métricas) para a formulação quantitativa ou matemática (no sentido das equações previamente resolvidas) normalmente empregadas pelos físicos;
2. “ele (o professor) carece de prover contra-exemplos que instiguem reflexões e reconsiderações para soluções muito precipitadas. O que é desejável é que o professor deixe de ser um conferencista, satisfeito com a transmissão de soluções já prontas; seu papel deveria ser mais o de um mentor estimulando a iniciativa e a pesquisa;
3. “nesse contexto mais que em qualquer outro, os métodos do futuro terão de dar mais e mais espaço para a atividade e o agrupamento de estudantes, bem como para as manufações espontâneas de dispositivos que intentem confirmar ou refutar as hipóteses que eles formaram para explicar um fenômeno elementar dado;
4. “os princípios básicos dos métodos ativos terão de tirar suas inspirações da história da ciência e poderão ser expressadas pelo seguinte: compreender é inventar, (...) e nessas condições pode ser favorecido se no futuro os indivíduos são formados com a capacidade de produzir e criar e não simplesmente repetir.”

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao CNPq, pela bolsa de pesquisa, bem como aos seguintes professores, por suas leituras atentas e críticas a primeira versão deste manuscrito: Dr. Fernando Becker (Faculdade de Educação da UFRGS), Dr. José Claudio Del Pino (Instituto de Química da UFRGS), Dra. Léa da Cruz Fagundes (Instituto de Psicologia da UFRGS) e Jorge Visintainer (Instituto de Filosofia e Ciências Humanas da UFRGS). ■

Bibliografia:

- Ayer, A.J. (1975). *As questões centrais da filosofia*. Rio de Janeiro: Zahar. (Trabalho original publicado em 1973).
- Bunge, M. (1998). *Philosophy of science-Volume 2: from explanation to justification* (Ed. revisada de *Scientific Research*, de 1967). New Brunswick (EUA): Transaction Publishers.
- Bunge, M. (1974). *Teoria e realidade*. (G. Guinsburg, Trad.). São Paulo: Perspectiva. (Trabalho original publicado s/d).
- Chassot, A.I. (1993). *Catalisando transformações na educação*. Ijuí: Ed. Unijuí.
- Ferrater Mora, J. (1990). *Diccionario de filosofia*. Madri: Alianza.
- Good, R.; Kromhout, R.A. & Mellon, E.K. (1979). Piaget's work and chemical education. *Journal of Chemical Education*, 56, 426-430.
- Good, R.; Mellon, E.K. & Kromhout, R.A. (1978). The Work of Jean Piaget. *Journal of Chemical Education*, 55, 688-694.
- Herron, J.D. (1975). Piaget for chemists: explaining what “good” students cannot understand. *Journal of Chemical Education*, 52, 146-150.
- Lacerda, C.A., Geiger, P. & Barroso, M.E.G. (1996). *Dicionário Aurélio Eletrônico* (Versão 2.0). [Software]. Rio de Janeiro: Nova Fronteira.
- Piaget, J. (1973). *Psicologia e epistemologia: por uma teoria do conhecimento*. (A. Cretella, Trad.). São Paulo: Forense. (Trabalho original publicado em 1970).
- Piaget, J. (1977). *O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio das estruturas cognitivas*. (A. Figueiredo, Trad.). Lisboa: Publicações Dom Quixote. (Trabalho original publicado em 1977).
- Piaget, J. (1983). Sabedoria e ilusões da filosofia. (Z.A. Daeir, Trad.). Em: *Os pensadores* (2ª ed.) São Paulo: Abril Cultural. (Trabalho original publicado em 1969).
- Piaget, J. (1990). *Epistemologia genética*. (A. Cabral, Trad.). São Paulo: Martins Fontes. (Trabalho original publicado em 1970).
- Piaget, J. e colaboradores (1986). *O possível e o necessário-Volume 1: evolução dos possíveis na criança*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Piaget, J. e colaboradores (1987). *O possível e o necessário-Volume 2: evolução dos necessários na criança*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Piaget, J. e colaboradores (1995). *Abstração reflexionante: relações lógico-aritméticas e ordem das relações espaciais*. (F. Becker e P.B.G. da Silva, Trad.). Porto Alegre: Artes Médicas. (Trabalho original publicado em 1977).