

## CONSTRUÇÃO DE CONHECIMENTOS: TENDÊNCIAS PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

Carlos Eduardo Laburú\*

Este trabalho objetiva mostrar aspectos comuns encontrados em dois modelos teóricos que norteiam as concepções de ensino-aprendizagem em Ciências atuais.

As tendências teóricas a serem especificadas referem-se à teoria da equilíbrio de Piaget (1977) e ao movimento, conduzido nas últimas duas décadas, denominado por Gilbert e Swift (1985) e Millar (1989) de Movimento das Concepções Alternativas (MCA).

Este trabalho, com a sua proposta de indicar pontos confluentes aos dois modelos teóricos, vai de encontro a muitas críticas específicas feitas à primeira teoria por integrantes da segunda e, em certos casos separatistas extremos, coloca-as como programas de pesquisas rivais (Gilbert e Swift, 1985).

A postura a ser adotada aqui é a de compreender essas teorias menos como rivais e mais como passíveis de integração, principalmente nos aspectos fundamentais que aqui exibiremos.

É preciso destacar que o modelo MCA é formado por um grupo de pensadores com preocupações específicas em educação de Ciências e, portanto, com aplicações pedagógicas muitas vezes diretas. A inspiração deste modelo é a filosofia da ciência, onde há a preocupação de se encontrar, no processo de evolução do conhecimento científico, elementos que sirvam de heurística à compreensão dos processos ocorridos em sala de aula, em nível conceitual. Ele busca, através da compreensão do desenvolvimento epistemológico, pistas ou um denominador comum, entre

\* Professor da Universidade Estadual de Londrina.

o processo de evolução do conhecimento científico e a natureza do conhecimento individual.

A teoria da equilíbrio, por outro lado, é uma teoria do conhecimento (epistemologia genética) que procura explicar o desenvolvimento do indivíduo, a partir dos primeiros meses de idade até a adolescência, e que, esbarra nas fronteiras do conhecimento hipotético-dedutivo científico, procurando englobá-lo. É uma teoria de natureza geral e qualquer tentativa de derivá-la para implicações pedagógicas fica na responsabilidade daqueles que assim o fizerem ou a interpretarem.

Sem querer polemizar sobre as diferenças entre os dois modelos, iniciaremos esboçando suas principais convergências: a primeira pode ser encontrada na postura dos mesmos em estabelecer a elaboração do conhecimento do indivíduo como sendo um processo de construção, em que os dois modelos se auto-atribuem como "construtivistas" do conhecimento.

Como ponto de partida motivador para o estabelecimento da postura construtivista dos dois modelos, vejamos-se a seguir as seguintes perguntas que paulatinamente serão respondidas no desenvolver destas idéias:

- 1) Como o conhecimento (individual ou social) passa de um estado de menor conhecimento para um estado de maior conhecimento?
- 2) É possível especificar elementos responsáveis para que o objetivo da pergunta acima — um estado de maior conhecimento — seja alcançado?

### O Construtivismo

O conhecimento individual como instrumento de estudo pode ser compreendido segundo várias posturas. Entre elas, o conhecimento pode ser postulado como pré-formado no sujeito, ou seja, o sujeito já apresenta todo o conhecimento necessário, ou está em vias de apresentá-lo — tese maturacionista —; portanto, cabe ao sujeito tão somente tomar consciência do seu próprio conhecimento.

Uma segunda postura é aquela que considera o sujeito como uma tábula rasa. Neste caso, o conhecimento vai se efetivando através da transmissão verbal ou empírica. Ao entrar em contato com o objeto, este imprime no espírito do sujeito toda a informação ou verdade evidente.

A visão do conhecimento na postura construtivista, por outro lado, se opõe a estas posições inatistas ou empiristas-indutivistas. Na visão construtivista, o conhecimento não é adquirido nem por observação direta do objeto e nem está pré-formado no sujeito. O construtivismo estabelece que o conhecimento do indivíduo é um processo de auto-construção, a partir da interação do sujeito construtor com o objeto a ser construído. Disso resulta uma relação necessária de reciprocidade entre sujeito-objeto. Por meio dessa interação entre o sujeito e o objeto, há pelo primeiro a criação constante de novidades (de estruturas conceituais), a fim de entender este último. No entanto, esta criação não se dá no vazio, mas a partir de uma assimilação sobre o que já havia sido previamente construído pelo sujeito, em sua interação com outros objetos e outros seres sociais prévios. Desse modo, o sujeito ao criar deve estar compromissado em acomodar a nova e inesperada reação do objeto observado, com o que já havia sido anteriormente construído do referido objeto (Piaget, 1977). Neste caso, a relação do sujeito com o objeto não é de contemplação pura, mas um processo que envolve uma coordenação do observado às outras elaborações já realizadas pelo sujeito, ou como coloca sinteticamente Popper (1972, p.61): "que uma observação é sempre uma observação à luz de teorias"; ou ainda: "O conhecimento não parte do nada—de um tábula rasa—como também não nasce da observação; seu progresso consiste, fundamentalmente, na modificação do conhecimento precedente"(Popper, 1972a, p.56). Para Driver (1989) — uma representante do modelo MCA — o sujeito é o "construtor", o "arquiteto" do seu próprio conhecimento.

Em resumo e procurando unificar algumas idéias semelhantes de Piaget (Inhelder et al. 1978, p.73) e de Popper (1972a, p.218) numa única proposição, podemos dizer que a visão construtivista encara a mente do sujeito como "legislado sobre a natureza, tentando impor as suas leis" e a natureza (o objeto) "deixa-se levar, mas nem sempre, e quando isto acontece foi por não ter o sujeito encontrado as operações adequadas,

chegando a teorias falsas por falta de convergência". Dessa forma, o sujeito deve construir, inventar uma teoria melhor, utilizando-se de duas vias possíveis: ou substituindo a antiga teoria ou completando-a, integrando-a a uma melhor (Piaget, 1977, p.20, 32 e 89).

Por outro lado, o invariante básico da construção do conhecimento individual (e mesmo na ciência, segundo Popper), está orientado e se suporta na procura do sujeito pela coerência; ou como coloca Bovet: "o sujeito não procura de modo nenhum a incoerência e se inclina portanto sempre em direção de certas formas de equilíbrio, sem no entanto jamais atingi-las, senão às vezes a título provisório".

A busca comprometida com a consistência, a coerência e a generalidade (Posner et al., 1982; Hewson e Thorley, 1989), através do uso da crítica, é para a teoria da equilibrção e para o modelo MCA, o motor do desenvolvimento do conhecimento.

Conseqüentemente, para os dois modelos construtivistas, criar e inventar é, portanto, acomodar-se aos imprevistos do objeto, para, essencialmente, manter-se o compromisso com a coerência. Para tentar solidarizar estes imprevistos com os conhecimentos prévios, que o sujeito já havia anteriormente construído na sua interação com este objeto (e com outros sujeitos) é necessário que estes conhecimentos anteriores do sujeito sejam modificados, sem serem desprezados no processo de modificação.

Com isso, o conhecimento transformado obriga as reações do objeto, de um lado, a serem novamente previsíveis e dedutíveis; por outro, a sujeitar-se à generalização, levando esse conhecimento a encaminhar-se na direção do conhecimento cientificamente aceito; o que em termos pedagógicos cabe ao professor "orientador".

### **A Mudança Conceituai**

Uma outra similaridade importante entre os modelos teóricos da equilibrção e MCA pode ser encontrada no momento em que se pretende entender

como um sujeito, com concepções prévias sobre um objeto, sofre uma transformação conceitual, de modo a eliminar ou modificar essas suas pré-concepções sobre o objeto.

Novamente, apesar dos dois modelos acima convergirem para uma resposta comum, o fazem com formas ou linguagens diferentes. Para a teoria da equilíbrio, uma mudança conceitual (linguagem própria ao modelo MCA) é conduzida a partir de construções compensatórias (Vuik, 1981) — para Piaget (1977, p.46) compensações e construções são dois aspectos indissociáveis. Piaget também coloca que, caso um sistema cognitivo não consiga acomodar um evento novo ao seu esquema de assimilação, este sistema, inicialmente em equilíbrio, passa por um processo de desequilíbrio. O sistema somente se reequilibra — este reequilíbrio sendo majorante (superior) ao equilíbrio anterior—quando compensações são geradas para anular a perturbação. Neste processo de absorção da perturbação, três fases possíveis de compensação podem ser notadas como comportamentos do sistema cognitivo.

Um comportamento chamado alfa, no qual prevalece a tentativa de neutralizar, de anular a perturbação, considerando-a anômala (não lhe atribuindo importância), deformando-a para não reconhecê-la como perturbação, ou simplesmente rejeitando-a a fim de preservar a teoria. Esta maneira de restaurar o equilíbrio só é parcialmente compensadora e o equilíbrio é, pois, frágil e instável e será facilmente perturbado.

O segundo comportamento chamado beta, busca integrar a perturbação no sistema, não a ignorando, criando teoria substituta para explicá-la ou completando explicações prévias. Há uma reorganização da estrutura prévia, tentando preservar ao máximo o esquema de assimilação. O sistema começa a ser modificado até atingir um novo equilíbrio, no qual os distúrbios aparecem como variações da própria estrutura reorganizada em virtude das novas relações produzidas. Logo, tenta-se um máximo ganho (integrar perturbação) com um mínimo custo (conservar o possível do esquema anterior do sujeito).

A reorganização iniciada em beta é completada no comportamento gama

que consiste em antecipar por previsão ou dedução as variações possíveis. Elimina-se, assim, a perturbação como tal, inserindo-a no sistema já devidamente transformado para contê-la como uma possibilidade e não mais como distúrbio.

Com o objetivo de ilustrar essa classificação das compensações, consideremos o seguinte exemplo (Carvalho et al., 1992) de como um aluno age quando é levado a medir a temperatura de ebulição da água numa cidade situada acima do nível do mar. Ele pode esperar, baseado em informações anteriores, que a água ferva a 100°C. Ao obter experimentalmente um valor menor do que este, apresentará um comportamento alfa quando se negar a reconhecer essa perturbação, atribuindo a anomalia, por exemplo, a um defeito do termômetro ou à incapacidade da fonte de calor em elevar mais a temperatura ("se usarmos um fogo mais alto a temperatura chegará a 100°C").

Este comportamento evoluirá para uma fase beta quando o aluno procurar alterar a sua explicação, levando em conta o fato perturbador. Ele pode, então, atribuir a temperatura menor ao fato do vapor "estar carregando o calor", impedindo que a temperatura se eleve; ou ainda ao fato do dia estar frio ou mesmo chegar à conclusão de que a altitude influencia a temperatura de ebulição.

Esta evolução do comportamento chegará à fase gama quando o aluno possuir, coordenadamente, todas as informações necessárias para considerar o fato perturbador como algo previsível dentro de seu sistema cognitivo. Para apresentar um comportamento gama o aluno deverá, então, ser capaz de articular vários esquemas entre si e saber aplicá-los ao fenômeno em questão. No exemplo citado, isso implica coordenar os seguintes aspectos: um líquido entra em ebulição quando sua pressão de vapor iguala a pressão atmosférica; a temperatura em que isto ocorre é tanto mais baixa quanto menor for a pressão atmosférica; a pressão atmosférica é menor em altitudes maiores.

No momento em que uma perturbação é causada por um agente externo (professor, debates em grupo, demonstrações, laboratório, filmes, textos

etc), entende-se que níveis compensatórios beta e gama devam ser alcançados, tendo neste último o objetivo final numa perspectiva de ensino-aprendizagem de conteúdos. Para tal objetivo ter êxito, é importante que, dentro dos esquemas iniciais do sujeito, existam espaços e limites suficientes para que a perturbação seja integrada em novo, ou novos esquemas do sujeito construídos para esse fim. Se a perturbação for demasiadamente grande, em relação ao potencial de assimilação dos esquemas do sujeito, o aprendiz simplesmente não irá encarar o elemento perturbador como um distúrbio ou conflito cognitivo e, portanto, não iniciará a sua integração. Piaget sintetiza:... "se os saltos são excessivamente grandes em relação ao ponto de partida, deixa de haver compreensão" (Inhelder et al., 1978, p.61).

Do ponto de vista do modelo MCA podemos observar que a preocupação com a superação de um conhecimento limitado é paralela às construções compensatórias piagetianas — os dois modelos partem do que já é previamente conhecido pelo sujeito e preocupam-se com a superação desse restrito conhecimento anterior. Para o modelo MCA a mudança conceitual — que leva em consideração o que o aprendiz já conhece (Driver, 1989) — é de tal natureza relevante que ele estabelece condições apropriadas para o favorecimento de mudanças conceituais.

Posner et al. (1982) sugerem que no processo de mudança conceitual do sujeito quatro situações devem estar presentes para que este processo de mudança se efetive. As situações são definidas por: insatisfação, inteligibilidade, plausibilidade e frutificação.

A *insatisfação* é a condição na qual os conceitos dos estudantes (e dos cientistas) sofrem mudanças, no momento em que geram um conjunto de enigmas ou anomalias não resolvidas.

A *inteligibilidade* é a condição na qual o indivíduo compreende a sintaxe, o modo de expressão, os termos e os símbolos utilizados pela nova concepção. Requer, também, construir e identificar representações, imagens e proposições coerentes, internamente consistentes e inter-relacionadas, sem contudo, acreditar necessariamente que elas sejam verdadeiras.

A *plausibilidade* é a condição na qual os novos conceitos adotados são, pelo menos, capazes de resolver os problemas gerados pela concepção predecessora. Desta condição resulta, ainda, a relação de consistência dos conceitos aceitos para com outros conhecimentos (ecologia conceitual) correlatos.

A *frutificação* é a condição que abre a possibilidade de que novos conceitos sejam estendidos a outros domínios, desvelando novas áreas de questionamento.

Ligada a essas quatro condições diretoras de uma mudança conceitual, junta-se mais a condição denominada de *ecologia conceitual*. A natureza desta ecologia conceitual é indicadora de se compreender o indivíduo como resultante de uma base conceitual corrente, lastreada nos seguintes elementos: (1) Anomalia — determina a importância dos problemas surgidos numa determinada idéia; (2) Analogia e metáforas — servem para sugerir novas idéias e fazê-las inteligíveis; (3) Compromissos epistemológicos — compromissos com elegância, economia, parcimônia, com a consistência interna e a generalização ao julgar um conhecimento (Hewson, 1985); (4) Conceitos e crenças metafísicas — crenças na existência de uma ordem e simetria do universo; relações entre a experiência diária e a ciência, crença na natureza última do universo; (5) Outros conhecimentos — conhecimentos em outros campos; e que o novo conceito seja mais promissor do que os seus competidores.

Desse modo, esses cinco elementos permeiam as quatro condições acima, formando um "meio ambiente intelectual atuante, semelhante a um nicho ecológico. Ambiente este no qual as pessoas vivem (incluindo crenças culturais, linguagem, teorias aceitas, fatos e eventos), favorecendo certos conceitos e inibindo outros" (Hewson, 1985).

Enquanto para Posner et al. (1982) essas condições anteriores dão os alicerces essenciais ao desenvolvimento efetivo de um conceito no indivíduo, Hewson (1985) e Hewson e Thorley (1989) entendem, como também prioritário à mudança conceitual, a tomada de consciência pelo aprendiz do *status* ostentado por essas condições anteriores. De forma que o

monitoramento dessa troca de *status* na passagem para uma nova concepção se faça perceber pelo estudante, através de sentimentos, opiniões, atitudes e reflexões frente às suas concepções.

O que se compreende dessas últimas colocações é a importância, realçada pela escola MCA, do entendimento e da valorização de aspectos metacognitivos ou, como coloca White e Gustone (1989), de meta-aprendizagem na elaboração do novo conceito. A meta-aprendizagem é então colocada como promotora da mudança de crenças, por meio de discussões freqüentes do aprendiz em relação ao seu próprio ato de aprender.

Vê-se, por conseguinte, como os modelos da teoria de equilíbrio e MCA confluem no sentido de se preocuparem com processos de transformação conceitual — o primeiro, por meio das compensações, o outro, firmando condições para que se estabeleça um *status* superior de uma concepção em relação a outra. Interpretamos, assim, que a passagem através das compensações piagetianas está diretamente relacionada com as condições de mudança de *status* das concepções (mudança conceitual).

Uma observação final é a concordância dos dois modelos em realçar a importância de se provocar o "conflito", a "perturbação", a "insatisfação" para com as concepções prévias do sujeito, a fim de se processar, por superação destas concepções prévias, as transformações acima desejadas.

Com as idéias precedentes pensamos ter respondido às duas questões centrais propostas, deixando, conjuntamente, algumas posições centrais convergentes dos dois modelos construtivistas que muito influenciam as concepções atuais de ensino-aprendizagem em Ciências.

### Referências Bibliográficas

CARVALHO, A.M.P. et al. Pressupostos epistemológicos para a pesquisa em ensino de ciências. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, p.85-89, ago. 1992.

DRIVER, R. Student's Conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, n.7, p.481-490, 1989. Special issue.

GILBERT, J.K. SWIFT, D. J. Towards a Lakatosian analysis of the piagetian and alternative Conceptions research programs. *Science Education*, v. 69, n.5, p.681-696, 1985.

HEWSON, P. W. Epistemológica! commitments in the learning of science: examples from dynamics. *European Journal Science Education*, London, v.2, n.2, p.163-172, 1985.

HEWSON, P. W.. THORLEY N.R. The Conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal Science Education*, n.7, p.541-553, 1989.

INHOLDER, B. et al. *Epistemologia genética e equilíbrio*. Lisboa: Horizonte Universitário, 1978.

MILLAR, R. Constructive criticisms. *International Journal Science Education*, n.11, p.587-596, 1989.

MILLAR, R., DRIVER, Beyond process. *Studies Science Education*, v.14, p.33-62, 1987.

PIAGET, J. *O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio das estruturas cognitivas*. Lisboa: Dom Quixote, 1977. 228p.

PIAGET, J. Lógica e conhecimento científico, In; ENCICLOPÉDIA de la Pleiade. [Lisboa]: Liv. Civilização, 1980. v. 1, p. 17-114.

POPPER, KR. *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo: Cultrix, 1972. 567p.

POPPER, K. R. *Conjecturas e refutações*. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 1972a. 449p.

POSNER, G.J et al. Accommodation of scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, New York, v.66, n.2, p.221-227, 1982.

VUIK, R. *Overview and critique of Piaget's genetic epistemology 1965 -*

*1980*. London.: Academic Press, 1981. v.6, 264p.

WHITE, R. T. and GUSTONE, R. F. Metaleamig and conceptual change. *International Journal Science Education* , n.7, p.577-586, 1989. Special issue.