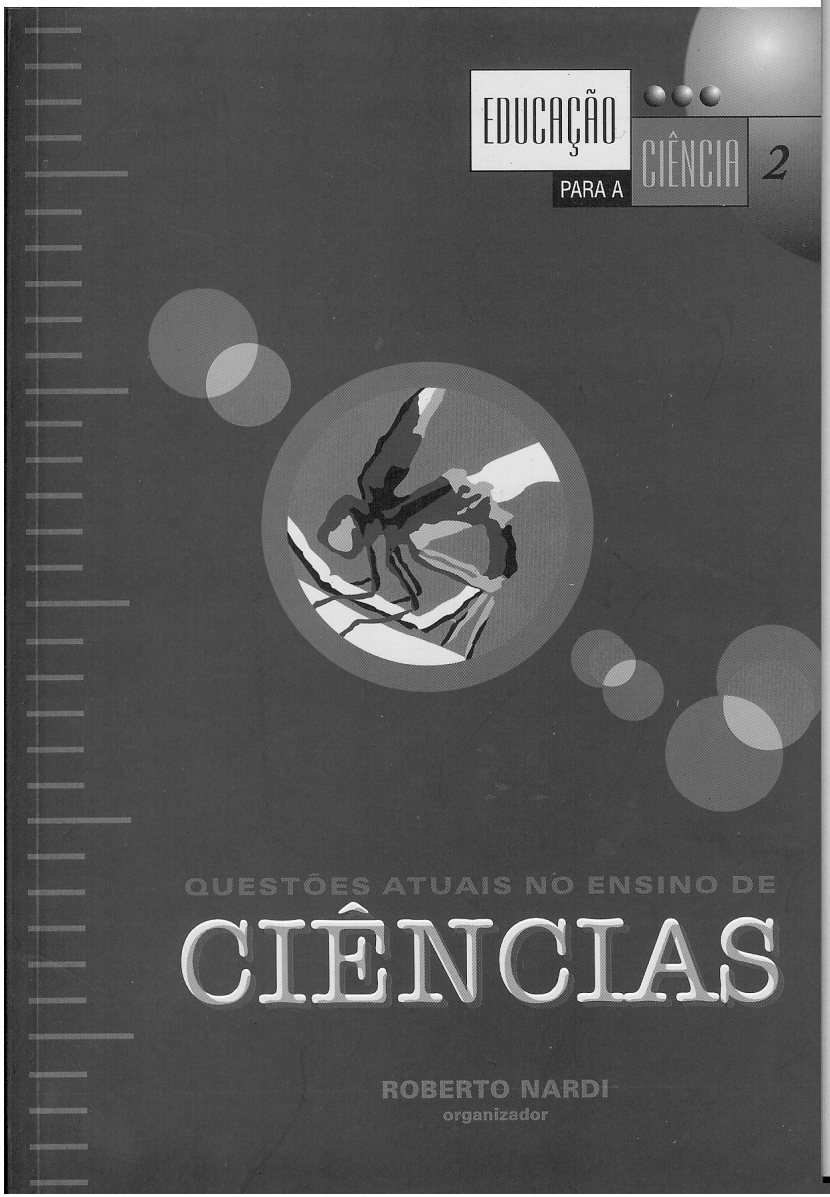

Construtivismo e ensino de ciências

Fernando Bastos [1]

1.Introdução

É hoje comum ouvirmos falar em *construtivismo*, ensino *construtivista*, *construção* de conhecimentos. Porém, o que de fato significam essas expressões tão exaustivamente repetidas nos debates sobre educação e ensino? Deve o construtivismo ser entendido como um método de ensino? Como uma filosofia da prática docente? Como uma política do Estado para o setor da educação?

Um primeiro erro que se comete é o de se acreditar que existe uma noção única de construtivismo. Na verdade, muitos 'construtivismos' diferentes são possíveis. A idéia de construção está presente não apenas nas obras de Piaget e Vygotsky, mas também, por exemplo, na de Carl Rogers (construção da pessoa humana e das relações interpessoais significativas) e na de Paulo Freire (construção do homem novo, livre, consciente de sua historicidade; construção do saber e da cultura como expressões dos anseios e expectativas das camadas populares). Como bem se vê, são vertentes bastante diferenciadas, todas elas compartilhando da idéia de construção. Outro aspecto importante é a existência de interpretações ecléticas do processo de construção do conhecimento, as quais acomodam num mesmo corpo teórico elementos provenientes de diferentes vertentes. Há por exemplo quem hoje identifique um construtivismo pós-piagetiano que se apoia tanto em aspectos do trabalho do próprio Piaget como em aspectos dos trabalhos de Vygotsky, Wallon, Paulo Freire, Freud e Marx, entre outros (cf. Grossi & Bordin, 1993). No âmbito desta junção heterodoxa de saberes, muitas possibilidades de abordagem são possíveis.

Por outro lado, ainda que consideremos o território relativamente bem delimitado de um certo 'construtivismo cognitivista', também neste caso a discordância e o debate estão francamente presentes. Ausubel, Novak, Osborne, Posner e Driver (para citarmos apenas cinco autores vinculados a esta tendência) têm seus próprios pontos de vista acerca das questões da aprendizagem e da construção do conhecimento no indivíduo.

1 - Professor Assistente-Doutor do Departamento de Educação da Faculdade de Ciências - UNESP - Câmpus de Bauru. e-mail: fbastos@bauru.unesp.br

Assim, um importante aspecto das atuais abordagens construtivistas é sua heterogeneidade.

Outro ponto que merece destaque é a freqüente confusão entre modelos de aprendizagem e modelos de ensino. Originalmente, as abordagens construtivistas são reflexões *sobre a aprendizagem* e não sobre o ensino. Sempre que um indivíduo aprende um conteúdo complexo de maneira significativa, supõe-se que tenha ocorrido algum tipo de *construção de conhecimentos*, não importando se aprendizagem se deu dentro ou fora da escola, em função de um 'ensino tradicional' ou de qualquer outro esquema de ensino. De acordo com tal perspectiva, o fracasso do aluno dentro de um modelo de ensino que se auto-intitule 'construtivista' significa apenas que durante uma determinada etapa de trabalho houve pouca ou nenhuma aprendizagem, e não que esteja errada a relação que os especialistas vêm estabelecendo entre aprendizagem significativa e processos de construção de conhecimentos.

2.O processo de produção de conhecimentos na ciência como fonte de inspiração para a proposição de modelos de aprendizagem e modelos de ensino

Nos últimos anos, o debate acadêmico em torno do Ensino de Ciências tem sido fortemente influenciado por abordagens construtivistas que tomam como referência analogias ou relações que são feitas entre os processos de produção de conhecimentos na ciência e no indivíduo.

Tais analogias ou relações têm sido explicitamente formuladas e discutidas em diversas oportunidades [1], mas parecem estar presentes também de modo implícito, sempre que as habilidades lógico-matemáticas são definidas como o ápice do desenvolvimento intelectual dos indivíduos. Neste último caso, o raciocínio (claramente suscetível a críticas) seria o seguinte: se a ciência, que é a expressão máxima das potencialidades do homem (?), tem um de seus grandes eixos nos processos lógico-matemáticos, não será que as manifestações mais elevadas da mente dos indivíduos também estão (ou deveriam estar) intimamente relacionadas aos processos lógico-matemáticos característicos da atividade científica?

De fato, vários pesquisadores construtivistas têm adotado implícita ou explicitamente a análise do processo de produção do conhecimento na ciência como *uma de suas fontes de inspiração* para a proposição de *modelos de aprendizagem*. Note-se ainda que estes modelos de aprendizagem, tendo tido impacto considerável nas comunidades de educadores, vêm-se tornando subsídios teóricos importantes para a proposição de *estratégias de ensino, currículos, material de apoio* etc.

Em sua análise do processo de produção de conhecimentos na ciência, pesquisadores construtivistas têm empregado visões *não-empiristas* (ou "epistemológicas") identificadas com os trabalhos de filósofos da ciência como Thomas Kuhn, procurando combater as visões *empiristas* (ou "ontológicas") (cf. Ryan & Aikenhead, 1992, p.565).

Vejamos pois alguns aspectos desse debate que opõe visões empiristas e não-empiristas.

Segundo uma perspectiva empirista, as leis e princípios que a ciência vai enunciando estão codificados *a priori* nos fenômenos naturais, cabendo ao cientista

1 - Cf. por exemplo Piaget & Garcia, 1987; e também Kneller, 1980, p.98-100.

simplesmente *extrair* da natureza os conhecimentos que ali já estavam definidos previamente. Este processo de aquisição de saberes em nenhum momento depende da *criação* ou da *construção*, pois nada é criado. Os princípios e leis já existem de antemão na natureza e o cientista apenas os descobre, recolhe, enuncia, sistematiza. Note-se porém que várias objeções têm sido feitas a este tipo de argumentação. Pode-se afirmar, por exemplo, que as interpretações empiristas são claramente contraditórias com o fato de as hipóteses e teorias da ciência serem continuamente substituídas por novas hipóteses e teorias. Se a História da Ciência, em todos os seus períodos, registra uma contínua sucessão de hipóteses e teorias conflituosas entre si, então torna-se lícito supor que tais teorias e hipóteses *não tenham sido* leituras imparciais da natureza, mas sim *criações, construções*, interpretações da realidade que levaram em conta não só os fatos objetivos de que os cientistas dispunham no momento, mas também sua visões pessoais, suas especulações, suas expectativas, suas preferências estéticas, suas motivações etc., daí o caráter divergente dos conhecimentos produzidos em diferentes contextos [2]. Em outras palavras, teorias e hipóteses produzidas pela ciência corresponderiam não a verdades absolutas extraídas diretamente da natureza, mas a *explicações provisórias* elaboradas pelos cientistas de modo a acomodar as evidências disponíveis da melhor maneira possível, explicações estas que seriam dependentes do contexto e estariam sujeitas à substituição por teorias e hipóteses consideradas mais poderosas.

Pois bem: o que têm feito alguns pesquisadores e educadores contemporâneos é justamente *transportar essa discussão* para os planos da psicologia do desenvolvimento, da psicologia da aprendizagem, da didática das ciências etc. Assim, a uma interpretação empirista do processo de produção de conhecimentos corresponderia a idéia de que o aluno aprende *por absorção de informações* que já estão prontas no discurso do professor, na lousa, no livro, nos fenômenos da natureza etc.; neste caso, nada é construído. Uma outra visão é possível, contudo: a de que o conhecimento adquirido pelo aluno resulta de uma síntese pessoal, sendo portanto *reelaboração* daquilo que é dito pelo professor ou daquilo que está registrado no livro-texto. De acordo com esta perspectiva, que pode ser classificada como não-empirista, os conhecimentos atuais do aluno e as informações e experiências proporcionadas pela escola funcionam como uma *matéria-prima* a partir da qual o aluno irá construir *conhecimentos que são novos e de caráter pessoal.*

Esta discussão acerca de como os conhecimentos são produzidos na ciência e no indivíduo (extração/absorção x criação/construção) pode ser desdobrada em vários ítens específicos:

- As teorias atuais determinam possibilidades e limites para a aquisição de novos conhecimentos

Em cada época e local o desenvolvimento científico apresenta possibilidades e limites decorrentes do tipo de teorias, hipóteses e modelos disponíveis. De um modo geral, as teorias vigentes constituem o 'caldo de cultura' no qual novos conhecimentos vão ser gerados, isto é, elas proporcionam o universo de referência e as ferramentas intelectuais para a formulação

2 - Um excelente exemplo da arbitrariedade do conhecimento científico são as classificações biológicas. Quantas vezes já não tivemos notícia de um ser vivo que mudou de gênero, de família, de ordem, de classe, de filo, de reino? Quantas vezes já não tivemos notícia de famílias e outras entidades taxionômicas que foram reunidas, desmembradas, suprimidas? De fato, não se poderá dizer que as classificações de seres vivos têm existência própria fora do universo teórico da biologia.

e investigação de uma variedade de problemas científicos, abrindo relevantes possibilidades para a pesquisa. Por outro lado, cada teoria específica *tende a impedir* a produção de determinados conhecimentos que fariam enorme sentido sob a ótica de outras possíveis teorias.

Note-se porém que as situações existentes em cada momento histórico estão longe de ser imutáveis. Exemplos colhidos junto à História da Ciência nos fazem supor que as teorias dominantes numa determinada época e local têm um prazo de vigência limitado, tendendo a enfraquecer-se após um certo período de tempo, em geral pelo acúmulo de evidências desfavoráveis. Uma teoria em fase de declínio perderá progressivamente sua utilidade, pois tornar-se-á incapaz de continuar estimulando e orientando a produção de novos conhecimentos. Neste caso, faz-se necessária a identificação (ou elaboração) de novas teorias que venham a redirecionar os caminhos trilhados pela pesquisa. Uma vez, porém, que nem sempre novas teorias estão disponíveis, há momentos em que os cientistas ficam sujeitos a um quadro de *completa ausência de aparatos teóricos* que conduzam a conhecimentos consistentes num determinado campo específico de pesquisa. Essa ausência do instrumental teórico adequado, que pode perdurar por um tempo relativamente longo, tem sido denominada *obstáculo epistemológico*. Os obstáculos epistemológicos manifestam-se não apenas na ausência de teorias potencialmente úteis, mas também quando o excessivo apego às teorias dominantes impede que teorias mais promissoras sejam notadas e aproveitadas.

Assim, embora numerosas descrições da célula viva estivessem disponíveis desde o século XVII, a teoria celular não pôde surgir senão em 1838, talvez porque sua formulação tenha exigido duas importantes transformações: (a) a superação da idéia (bastante difundida) de que a vida era indivisível em partes menores do que o próprio indivíduo; (b) a construção da idéia de que os fenômenos macroscópicos estão indissociavelmente vinculados a fenômenos microscópicos (cf. Gagliardi, 1988; Bastos, 1992).

O modelo geocêntrico do universo, que estabelecia que a Lua, o Sol, os planetas e as estrelas giravam ao redor da Terra fixos a esferas celestes concêntricas, compôs, juntamente com outros conhecimentos disponíveis na época, um quadro teórico diante do qual seria muito pouco provável que algum astrônomo sentisse necessidade de criar a idéia de *forças gravitacionais* (ou outra idéia similar) para poder explicar as trajetórias dos diferentes corpos celestes. No entanto, este mesmo modelo geocêntrico permitiu que se elaborassem previsões bastante acuradas acerca das posições dos astros nos céus, as quais tiveram importantes aplicações na agricultura e na navegação.

Uma limitação do modelo geocêntrico estava relacionada à crença de que os céus eram "imutáveis". Tal crença parece ter sido um importante obstáculo epistemológico que impediu os astrônomos ocidentais de darem atenção a fenômenos que sugeriam o aparecimento, desaparecimento ou transformação de corpos celestes. Assim, por exemplo, foi somente após a apresentação "do novo paradigma de Copérnico" que esses astrônomos começaram a registrar o surgimento de manchas solares e a aparição de novas estrelas. Os chineses, no entanto, que não descartavam "mudanças nos céus", já haviam realizado esse tipo de observações vários séculos antes, mesmo "sem contar com a ajuda do telescópio" (cf. Kuhn, 1992, p.151).

No final do século XIX e início do século XX, a teoria microbiana das doenças estimulou uma série de pesquisas através das quais foram descobertos os agentes causadores de várias doenças importantes (cólera, tuberculose, peste, malária etc.). No entanto, essa mesma

teoria induziu os cientistas da época a propor erroneamente que doenças como a febre amarela, a varíola, o beribéri e o escorbuto também se deviam a 'micróbios' (bactérias, fungos, protozoários, algas) (cf. Bastos, 1998).

Carlos Chagas, familiarizado com a idéia da transmissão de doenças por meio da picada de insetos, aventou a hipótese de o barbeiro (inseto hematófago) ser vetor de uma alguma moléstia infecciosa. Investigando o problema, acabou descobrindo uma doença até então desconhecida, que veio a ser denominada tripanossomíase americana ou doença de Chagas. Note-se porém que se essa mesma doença fosse transmitida por um outro meio (água contaminada, por exemplo), Chagas provavelmente não a teria descoberto.

Esses exemplos procuram mostrar que as hipóteses, modelos e teorias existentes num dado período histórico determinaram possibilidades e limites para os conhecimentos que foram efetivamente produzidos. Pergunta-se portanto se processos semelhantes não ocorrem também nos indivíduos. Conforme foi mencionado anteriormente, é hoje bem aceita a idéia de que os conhecimentos prévios dos indivíduos têm grande influência sobre a aprendizagem. Supõe-se que tal influência possa ser positiva (no caso dos conhecimentos que funcionam como pontos de partida para a aquisição de idéias cientificamente corretas) ou negativa (no caso de conhecimentos que contradizem o saber científico vigente). A posse de determinados conhecimentos e a não-posse de outros poderiam representar obstáculos epistemológicos para o indivíduo. Assim, tem sido proposto que as atividades de ensino empregadas nas aulas de diferentes disciplinas escolares *sejam planejadas de modo a aproveitar, complementar, desenvolver e transformar as idéias, teorias e conhecimentos que os alunos trazem consigo.*

- *O processo de aquisição de conhecimentos é descontínuo*

O processo de produção de conhecimentos na ciência envolve a reformulação ou substituição de hipóteses e teorias anteriormente vigentes, isto é, ele não se dá de modo linear, por mero acúmulo de conhecimentos, mas envolve rupturas e mudanças de rumo. De acordo com o modelo desenvolvido por Kuhn, a ciência alterna períodos de crise, turbulência e mudança (períodos de *revolução científica*, como por exemplo o da revolução coperniciana, em que o modelo geocêntrico do universo foi substituído pelo modelo heliocêntrico) e períodos de relativa calmaria caracterizados pela exploração quadro teórico (*paradigma*) dominante (períodos de *ciência normal*). Durante os períodos de revolução científica os cientistas gradativamente convergem para teorias e modelos que rompem com os conhecimentos anteriormente aceitos (cf. Kuhn, 1992). Entre as teorias e modelos que estiveram associados a revoluções científicas podemos citar a teoria da combustão de Lavoisier, a teoria microbiana das doenças, as leis de Mendel, o evolucionismo de Darwin, a teoria da relatividade especial etc.

Muitos pesquisadores em Ensino de Ciências acreditam que a aprendizagem consistente de novos conteúdos requer mudanças conceituais similares àquelas observadas nas revoluções científicas. Tais mudanças conceituais corresponderiam a um processo em que o indivíduo abandona concepções inadequadas do ponto de vista científico e as substitui por concepções cientificamente aceitáveis.

Analogias desse tipo vêm recebendo uma série de críticas (ver mais adiante), mas isso não significa de modo algum que a idéia da mudança conceitual possa ser descartada, pois na prática é muito difícil imaginar processos de aquisição de conhecimentos que não envolvam quaisquer mudanças conceituais, principalmente quando tais processos são considerados numa perspectiva de longo prazo.

• *O ato de observar é influenciado pelas teorias do observador*

Segundo uma visão empirista, a observação adequadamente conduzida resulta em dados fielmente representativos da realidade; segundo uma visão não-empirista, ao contrário, a observação é um ato interpretativo que é necessariamente influenciado por teorias, expectativas e motivações prévias, o que significa que cientistas diferentes (ou cientistas inseridos em contextos diferentes) poderão chegar a diferentes conclusões a partir da observação de um mesmo objeto, fenômeno ou processo.

No século XVIII, cientistas adeptos da teoria pré-formacionista do desenvolvimento embrionário, utilizando os microcópios disponíveis na época, literalmente 'viram' e descreveram pequenos 'homúnculos' inseridos em espermatozóides humanos, enquanto cientistas adeptos da doutrina vitalista, com base em observações semelhantes, negaram firmemente este fato.

Galileu mirou o planeta Marte com um telescópio rudimentar e observou uma figura semelhante a uma circunferência com duas protuberâncias laterais. Dirigido pela convicção de que os planetas possuiam 'luas' esféricas, entendeu que uma imagem deste tipo mostrava a existência de dois satélites em Marte, embora a figura observada, por si só, dificilmente permitisse tal conclusão.

Esse fenômeno da observação afetada por idéias e motivações também ocorre entre as pessoas comuns ou leigas (lembremo-nos por exemplo das diferentes conclusões a que chegam os torcedores de times adversários quando *observam* um mesmo lance de um jogo de futebol), de modo que os pesquisadores educacionais têm procurado repensar o papel da observação no âmbito do Ensino de Ciências. Embora muitos professores acreditem que o aluno, através de observações realizadas em aulas práticas e excursões, pode de fato 'verificar' um fenômeno, 'conhecer' um espécime etc., parece cada vez mais evidente que o aluno, em contato com situações reais, 'vê' somente aquilo que está preparado para ver, e não necessariamente aquilo que *o professor pretende* que ele veja.

• *Discrepâncias entre teorias ou entre teoria e dados tendem a estimular a busca de novos conhecimentos*

De um modo geral, os relatos históricos disponíveis parecem sugerir que o processo de produção de conhecimentos na ciência é consideravelmente estimulado por situações conflituosas em que idéias, hipóteses, descobertas, teorias, modelos ou leis são contestados em função do surgimentos de novas evidências factuais, descobertas, hipóteses, teorias, modelos etc.

A mencionada disputa entre vitalistas e pré-formacionistas no século XVIII é um bom exemplo disso. Empenhados em defender suas idéias e refutar os argumentos de seus adversários, os naturalistas da época realizaram inúmeros trabalhos de estudo microscópico de embriões de diferentes espécies animais e vegetais, e como resultado desse intenso esforço investigativo esclareceram-se as principais etapas do desenvolvimento embriológico em vários grupos de organismos vivos e consolidaram-se as bases fundamentais de um novo campo de pesquisa biológica, a embriologia.

O sistema geocêntrico proposto por Ptolomeu "foi admiravelmente bem sucedido na predição da mudança de posição das estrelas e dos planetas". Mesmo assim, várias de suas predições "nunca se ajustaram perfeitamente às melhores obsevações disponíveis". Essa

discrepâncias foram o ponto de partida para numerosas pesquisas que conduziram a uma série de retificações do modelo geocêntrico. Com essas retificações, o modelo geocêntrico passou a gerar predições mais acuradas, mas sua complexidade aumentou enormemente, sem que houvesse uma resolução satisfatória dos problemas constados. Assim, no início do século XVI, um número crescente "dentre os melhores astrônomos europeus" reconhecia que o geocentrismo estava em crise, e esse reconhecimento "foi um pré-requisito para a rejeição do paradigma ptolomaico por parte de Copérnico e para sua busca de um substituto" (cf. Kuhn, 1992, p.95-7).

Nos primeiros anos do século atual, com a descoberta de que certas características da ervilha de cheiro apareciam na progênie em proporções diferentes das previstas por Mendel (9:3:3:1), tornou-se evidente a necessidade de se elaborarem novos modelos teóricos para explicar determinados tipos de herança genética. Dois principais modelos foram propostos (o de Bateson, Punnett e colaboradores e o de Morgan e colaboradores). Como esses modelos eram antagônicos, ambos os grupos de pesquisa, a fim de defender suas posições, empreenderam esforços continuados em aperfeiçoar seus argumentos e realizar investigações experimentais. Os trabalhos de Morgan e colaboradores vieram a fornecer as bases para o mapeamento dos genes nos cromossosmo.

Outro exemplo que pode ser mencionado é o dos episódios que levaram à proposição da teoria da relatividade especial. A elaboração dessa teoria por Einstein pode ser entendida como o resultado de esforços que buscavam resolver "uma incompatibilidade" entre a mecânica de Newton e o eletromagnetismo de Maxwell (cf. Kneller, 1980, p.100 e 282; cf. Kuhn, 1992, p.102).

A constatação de que as situações conflituosas podem ter notável importância no processo de produção dos conhecimentos científicos tem feito com que os pesquisadores construtivistas se perguntem se tais situações não deverão ter um papel de destaque também na aprendizagem individual (e, por conseguinte, no contexto escolar). Acreditam eles (aparentemente com razão) que o conhecimento tende a não se transformar em situações em que não exista conflito. Tanto na ciência como na vida cotidiana, as teorias e hipóteses que explicam adequadamente a realidade podem ser mantidas por tempo indefinido. A necessidade de novas teorias e hipóteses surge principalmente quando nos defrontamos com fatos novos que não conseguimos explicar ou com situações problemáticas que impliquem soluções práticas desconhecidas. De um modo geral, as situações rotineiras são resolvidas a partir de ações mecanizadas que exigem pouca ou nenhuma reflexão, ações estas que se fundamentam em conhecimentos já sedimentados. Assim, a importância das situações desafiadoras, problemáticas poderia ser a seguinte: produzir o *conflito cognitivo*, ou seja, fazer com que o indivíduo perceba a inadequação de suas teorias atuais em relação aos novos problemas, estimulando-o a refletir, questionar, buscar informações, pesquisar alternativas, transformar idéias.

• *As teorias atuais influenciam o processo de enunciação de problemas*

Segundo uma visão empirista, a definição de problemas é decorrência natural da observação, o que significa que um dado problema científico poderia ser levantado independentemente do local e da época nos quais os cientistas trabalham; segundo uma visão não-empirista, ao contrário, os diferentes problemas que virão a ser abordados pela ciência só passam a fazer sentido quando as teorias, hipóteses, modelos, necessidades e expectativas da época assim o permitem, ou seja, o fato de um problema estar sendo investigado significa que

a comunidade científica não apenas o reconhece enquanto tal (a partir de suas teorias atuais) como também o considera relevante.

Embora diante de um mesmo fenômeno geral (a hereditariedade), Mendel e Darwin, em razão de suas diferentes perspectivas científicas e pessoais, formularam problemas científicos bastante diversos, produzindo respostas também diversas. Mendel, fiel à sua formação religiosa, acreditava que as espécies vivas *eram fixas*, e por isso procurou estudar quais seriam os mecanismos de transmissão hereditária que permitiriam a conservação de características entre uma geração de indivíduos e a seguinte. Darwin, ao contrário, convencido de que as espécies vivas evoluiam, estava interessado em explicar de que maneira as *variações individuais* surgiam e eram incorporadas à espécie, e assim elaborou a sua teoria da Pangênese, que admitia, entre outras coisas, a modificação dos organismos vivos através da herança de caracteres adquiridos (cf. Bizzo, 1992, p.33).

Um dos problemas científicos levantados em conexão com a teoria microbiana das doenças foi o de descobrir *que tipo de 'micróbio' causava a febre amarela.* Note-se que esse problema só tinha sentido em sua própria época (final do século XIX e início do século XX), porque (a) nos períodos anteriores os cientistas ainda não haviam estabelecido uma forte relação entre 'micróbios' e doenças e (b) nos períodos subseqüentes ficou cada vez mais claro que as hipóteses microbianas não constituíam uma explicação adequada para a febre amarela (cf. Bastos, 1998).

Transportada para o plano do ensino escolar, esta discussão tem originado a seguinte pergunta: como esperar que o ensino escolar obtenha sucesso, se ele ignora os problemas que os alunos consideram compreensíveis, importantes e estimulantes, substituindo-os por problemas que serão vistos como ininteligíveis, irrelevantes, desestimulantes? Por que não inserir no currículo atividades de ensino que proponham a formulação e a resolução de problemas *pelos próprios alunos*? Não será que o uso de desse tipo de atividades contribuiria para um maior interesse pelos assuntos a serem estudados, para uma maior proximidade entre o que os alunos já sabem e o que se vai ensinar, enfim, para uma melhor aprendizagem dos conteúdos?

- *O processo de aquisição de conhecimentos envolve etapas sucessivas de construção, desconstrução e reconstrução e estende-se indefinidamente*

Pode-se dizer que a investigação de um dado problema científico não se resolve a partir de ações isoladas, mas exige etapas sucessivas de construção, desconstrução e reconstrução. Conforme bem o assinala Rosen, a solução de problemas nas diferentes "áreas do esforço científico" não aparece subitamente, "mas [...] como a culminância de uma série longa de observações, teorias e experimentos" (cf. Rosen, 1994, p.249). Presume-se que um processo semelhante pode estar ocorrendo nos indivíduos. De fato, a aprendizagem de conceitos científicos (tanto mais quanto mais complexo for o conteúdo em questão) parece requerer inúmeras etapas em que as idéias iniciais são gradativamente complementadas, ampliadas, testadas, reformuladas, rejeitadas, substituídas etc., num processo complexo que se estende indefinidamente. Assim, por exemplo, o conceito de *cidadania* certamente continuará sendo reformulado ao longo de toda a vida de um indivíduo, conforme esse indivíduo vai refletindo e tendo contato com uma imensa variedade de novos contextos práticos e teóricos.

3.Idéias alternativas dos alunos e mudança conceitual

Um marco importante na pesquisa educacional construtivista foi o chamado *movimento das concepções alternativas* (décadas de 1970 e 1980).

Os trabalhos realizados por autores vinculados ao movimento das concepções alternativas têm fornecido uma multiplicidade de dados acerca de como as pessoas constróem e transformam suas concepções sobre fenômenos naturais (Mortimer, 1994, p.55). Tais dados (às vezes surpreendentes) têm levado os especialistas da área a concluir que

- os alunos, a partir de suas experiências com fenômenos naturais, seres vivos, pessoas, informações da mídia etc., constróem *por si mesmos* uma variedade de teorias acerca das coisas da natureza;
- teorias que os alunos trazem consigo *podem divergir consideravelmente* dos conhecimentos científicos atuais;
- teorias não-científicas dos alunos podem ser consideravelmente resistentes à mudança;
- teorias dos alunos que divergem do saber científico podem funcionar como *importantes obstáculos à aprendizagem escolar*;
- o ensino escolar em diferentes países do mundo tem sido ineficaz em fazer com que os alunos construam conceitos cientificamente aceitáveis.

Assim, a idéia (amplamente disseminada) de que os alunos *nada sabem* antes de serem ensinados tem sido vigorosamente questionada.

Outro resultado das pesquisas sobre concepções dos alunos foi a constatação de que o ensino escolar pode estimular o surgimento de idéias imprevistas e indesejáveis. Os alunos, influenciados pela escola, podem chegar a conclusões ('errôneas') tais como as seguintes: (a) as unidades constituintes dos seres vivos e não vivos são de natureza completamente diversa, pois os primeiros "são formados de células e não possuem átomos", enquanto os segundos "são formados de átomos e não possuem células" (Bastos, 1992, p.65); (b) os seres humanos respiram oxigênio e as plantas 'respiram' gás carbônico; as plantas respiram somente à noite etc. (cf. Anderson et al., 1990, p.767-8).

Idéias dos alunos que não coincidem com o saber científico têm sido designadas pelos pesquisadores como concepções, conceitos ou idéias intuitivos, ingênuos, espontâneos, alternativos ou de senso comum.

Entre os numerosos trabalhos de pesquisa que se ocuparam do estudo das idéias alternativas em biologia, podemos mencionar, a título de exemplo, os de Brumby (1984), Deadman & Kelly (1978), Dreyfus & Jungwirth (1988), Longden (1982), Ochiai (1989) e Stavy (1987).

Alguns exemplos de idéias alternativas em biologia são os seguintes:

- os gametas de um indivíduo AaBb são Aa e Bb;
- os animais evoluiram porque foram obrigados a ou esforçaram-se para se adaptar;
- a evolução acontece porque os indivíduos vão adquirindo novas características, por exemplo, eles ficam mais fortes [idéia de que as modificações evolutivas estão relacionadas a diferenças entre o indivíduo antes e o indivíduo depois e não a diferenças entre gerações sucessivas; idéia de que a evolução se dá pela herança de caracteres adquiridos];
- as plantas respiram só à noite;
- não podemos matar nenhum animal e nenhuma planta, porque isto destrói o ambiente;

- se todas as plantas morrerem, os animais vão-se alimentando uns dos outros, e assim eles sobrevivem.

De fato, conhecimentos de diferentes tipos parecem superpor-se ou articular-se para formar *quadros de referência* a partir dos quais o aluno interpreta e assimila os dados concretos que a escola lhe fornece.

Uma das conseqüências disso é que uma mesma palavra, uma mesma frase, um mesmo texto, uma mesma experiência (no sentido de *situação vivenciada*) podem ser compreendidos diferentemente por diferentes alunos. O que o aluno aprende a partir do texto do livro, da fala do professor ou das atividades de ensino realizadas pode variar de acordo com suas experiências prévias. Temos então *1 ensino* e *múltiplas aprendizagens.*

Um excelente exemplo da possível divergência entre as interpretações do aluno e do professor é aquele que João Zanetic nos apresenta. Diante de uma classe de 2a. série do 1o. grau, o autor dependurou uma batata na extremidade de uma mola, sendo que a mola sofreu uma elongação bastante evidente.

> *[...] Peguei um béquer transparente cheio de água. Mergulhei a batata ainda presa na extremidade da mola nessa água. O indicador da mola voltou praticamente ao zero inicial de quando a mola estava sem carga. Aí eu perguntei para a turma: por que isso ocorreu? Esperava aquela resposta clássica: o empuxo da água devia fazer com que a batata flutuasse, como ocorre quando a gente está numa piscina ou numa banheira. Pois bem, antes desse tipo de resposta acontecer, um menininho de nove anos afirmou: "isso ocorreu porque a gravidade não atravessa a água". Fiquei espantado [...] com o modelo que aquele menino havia construído sobre a gravidade [...]* [Zanetic, 1990, p.18].

O fato de os alunos possuirem idéias alternativas que são coerentes com seus conhecimentos e necessidades atuais parece ser justamente a razão maior pela qual essas idéias alternativas dificilmente são abandonadas. Se as idéias do aluno, ainda que cientificamente inaceitáveis, têm-se mostrado úteis na vida cotidiana, no sentido de satisfazer necessidades de explicação de fatos ou de permitir previsões que auxiliem a escolha de modos de ação frente à realidade, estando, por outro lado, firmemente assentadas na experiência pessoal, então é difícil que as práticas escolares tradicionais consigam transformá-las (cf. Osborne & Wittrock, 1985).

Até o momento discutimos as idéias dos alunos somente no sentido de alertar que elas podem funcionar como *obstáculos ao processo de aprendizagem* (obstáculos epistemológicos). Obviamente, porém, a situação inversa (idéias que auxiliam a aprendizagem) também ocorre e é importantíssima. Certas idéias, ainda que rudimentares, podem constituir excelentes pontos de partida para que o aluno elabore concepções cientificamente corretas. Suponha que o professor pretenda que seus alunos construam um conceito preliminar de ser vivo. Ele poderá planejar atividades de ensino através das quais os alunos explorem determinados conhecimentos prévios adquiridos a partir de experiências cotidianas (animais domésticos nascem de animais semelhantes a eles, crescem, têm filhotes, respiram, necessitam de alimento, movimentam-se, sentem dor etc.), de maneira que tais conhecimentos sejam confirmados ou não, complementados, ampliados, retificados, modificados. Algumas das questões que poderão ser discutidas nesse momento seriam as seguintes:

- Se os cães nascem de outros cães, não será que algo semelhante também ocorre com outros animais, por exemplo, com ratos, moscas, minhocas, cobras etc.?
- De onde vêm os vermes que aparecem na carne em decomposição?

- Se a planta cresce, não será que isto significa que ela é viva? Mas se ela é viva, porque ela não se 'alimenta'? Um pé de feijão nasce de outro pé de feijão? E o capim? Por que o capim aparece 'de repente' em vasos e canteiros?
- Sendo a planta viva, seria correto afirmar-se que a capacidade de se mover é uma característica fundamental dos seres vivos? E a capacidade de respirar? etc.

Em etapas subseqüentes da aprendizagem o conceito preliminar de ser vivo será ele próprio um conhecimento prévio a ser confrontado com novos dados, reexaminado, retificado etc. Por exemplo, o professor precisará alertar seus alunos para o fato de que uma compreensão mais profunda do fenômeno da vida requer o estudo da célula e de sua fisiologia, e isto pode ser feito através da discussão de evidências que demonstrem que unidades menores que o próprio organismo (órgão e células) também podem ser dotadas de vida. O professor poderá então recorrer a exemplos como culturas de células e tecidos, transplantes de órgãos, reprodução de plantas a partir de mudas e estacas etc. Este modo de trabalhar faz com que os alunos estejam sempre discutindo assuntos que lhes sejam familiares ou façam sentido, isto é, *assuntos que possam ser relacionados a seus conhecimentos anteriores.*

Uma estratégia de que o professor pode lançar mão a fim de auxiliar os alunos na tarefa de estabelecer relações entre seus conhecimentos atuais e os assuntos que vão ser ensinadas é a do uso de *analogias.* As analogias permitem que a aprendizagem tome como ponto de partida conhecimentos que os alunos possuam sobre *outros assuntos que não aqueles diretamente relacionados ao conteúdo.* Um professor de biologia pode comparar, por exemplo, a seleção natural a uma peneira e os organismos vivos a grãos de areia ou pedrinhas, para mostrar que os indivíduos existentes num dado momento, assim como as pedrinhas, já estão ou não pré-adaptados às condições que a 'peneiragem' lhes vai impor, não sendo possível que neste ínterim mudem fundamentalmente o conjunto de suas características e com isso melhorem suas chances de vencer a 'peneira'[3]. Imaginemos também que um professor de Didática queira salientar os inconvenientes de se entender o ensino como um simples processo de transmissão de informações. Ele pode examinar a analogia entre o aluno e um aparelho de TV, para argumentar que o aparelho não interpreta informações, mas o aluno sim, de modo que o ato de ensinar não pode ser apressadamente igualado às transmissões de TV. Note-se por fim que o emprego de analogias deve ser feito com cautela, pois uma analogia ruim ou mal discutida pode estimular compreensões distorcidas acerca dos assuntos em estudo.

---

(3)Embora não dê conta, por si só, da enorme complexidade dos processos relacionados à evolução orgânica, esta idéia inicial simplificada pode servir como ponto de partida para discussões que estimulem os alunos a elaborar progressivamente suas concepções acerca da seleção natural: Pedrinhas colocadas numa peneira são selecionadas exclusivamente com base em seu tamanho e sua forma. Seria isto válido também para os seres vivos? Até que ponto não são importantes outras características, tais como estrutura morfológica e anatômica, particularidades da fisiologia, interações com outros organismos, nicho ecológico, modo de vida, padrões de comportamento etc.? Se o ambiente está em permanente transformação, não sendo estático como uma peneira, que conseqüências isso tem para o processo de seleção natural? A seleção natural é um processo contínuo ou restringe-se a determinadas 'peneiradas' em épocas específicas? Sabe-se que os seres vivos se reproduzem e as pedrinhas não - pode isto representar uma falha da analogia que foi feita? Há uma única 'peneira' atuando sobre os seres vivos ou as 'peneiras' são inúmeras? A seleção pela peneira divide as pedrinhas em dois grupos, isto é, pedrinhas que passam e pedrinhas que não passam - será que a seleção natural também se dá dessa mesma forma ou, ao contrário, distribui os indivíduos num continuum que vai do menos adaptado ao mais adaptado? A peneiragem da areia é intencional - há intencionalidade na imposição de 'peneiras' aos seres vivos? etc.

É importante também que os professores estejam atentos à enorme distância que tende a se estabelecer entre o mundo da ciência e o mundo do cotidiano, distância esta que o academicismo exagerado da escola pode tornar ainda maior, principalmente quando ignora as necessidades concretas de clientelas escolares sujeita a condições de existência precárias. Assim, embora constituam elementos indispensáveis da educação científica, vocabulário técnico, convenções, enunciados, conceitos, teorias, modelos e leis podem à primeira vista ser tão incompreensíveis para o aluno quanto as palavras e frases de uma língua estrangeira. O professor precisa considerar este problema e procurar encontrar pontos de contato entre o conteúdo a ser ministrado e os conhecimentos atuais do aluno. Tais pontos de contato se localizam geralmente em temáticas do cotidiano e da atualidade (alimentos, poluição do ar, preservação do ambiente, viagens espaciais, computadores, doenças que têm sido objeto de atenção da mídia etc.).

Vejamos agora, para finalizar o presente item, um importante modelo de ação didática elaborado por autores vinculados ao movimento das concepções alternativas.

A constatação de que o aluno chega à escola com idéias que divergem do saber científico e são resistentes à mudança tem motivado educadores construtivistas a pesquisar caminhos pelos quais concepções não-científicas podem ser transformadas ou substituídas.

Um dos mais conhecidos modelos de ação didática que têm sido propostos a fim de enfrentar a problemática das idéias alternativas é o da *mudança conceitual*, fundamentado principalmente nos trabalhos de Posner et al. (1982) e Hewson & Thorley (1989).

De acordo com Hewson & Thorley, a mudança conceitual é um processo em que a concepção alternativa do aluno perde *status* e a concepção científica apresentada pelo professor ganha *status*. As concepções que o aluno tende a conservar são aquelas que ele considera *inteligíveis*, *plausíveis* e *proveitosas*. A tarefa do professor é pois fazer com que o aluno passe a ver as concepções científicas como inteligíveis e ao mesmo tempo mais plausíveis e proveitosas que as concepções alternativas. Para que isto ocorra, no entanto, o professor precisará criar situações em que o aluno se torne *insatisfeito* com suas concepções atuais, isto é, situações em que as concepções atuais do aluno se tornem pouco plausíveis e pouco proveitosas (cf. Hewson & Thorley, 1989, p.542). Enfim, o professor precisará:

- criar argumentos convincentes que contradigam as idéias não-científicas dos alunos;
- descobrir situações reais (acessíveis a todos ou facilmente demonstráveis através de experimentos, vídeos, textos, relatos etc.) nas quais as teorias dos alunos não sejam aplicáveis;
- identificar, entre as idéias prévias dos alunos, pontos de partida consistentes para a construção das idéias cientificamente corretas;
- propor currículos em que os argumentos e situações reais mencionados acima sejam utilizados consistentemente no sentido de favorecer a mudança conceitual nos alunos.

4.Breve crítica dos modelos construtivistas de aprendizagem

Conforme foi ressaltado anteriormente, pesquisas sobre o Ensino de Ciências realizadas nas décadas de 1970 e 1980 forneceram evidências de que as teorias que os alunos trazem consigo acerca dos fenômenos da natureza podem ser completamente divergentes dos conhecimentos científicos atuais, constituindo obstáculos à aprendizagem. Isto tem fortalecido a idéia de que ensinar ciências é basicamente *promover mudanças conceituais* (substituir

concepções alternativas por concepções científicas). De acordo com este modo de entender o Ensino de Ciências, concepções alternativas têm que ser eliminadas antes que concepções científicas possam ser aceitas, isto é, concepções divergentes entre si *não podem coexistir* num mesmo indivíduo.

Note-se porém que diversas objeções têm sido feitas a este tipo de interpretação.

Mortimer argumenta que os indivíduos não possuem uma versão única para um determinado conceito, mas sim aquilo que ele denomina "perfil conceitual", ou seja, um conjunto de diferentes versões para um mesmo conceito, as quais não são necessariamente compatíveis entre si[4]. Ele procura apresentar exemplos de como isto pode ocorrer:

> *[...] na ciência como um todo [...] temos muitos exemplos de aplicações de conceitos já tidos como ultrapassados, mas que são úteis em determinados contextos. Um químico que possua sólida cultura quântica [aceitando portanto o átomo formado por inúmeras partículas sub-atômicas] não precisa abandonar totalmente a sua visão daltoniana do átomo, enquanto indestrutível e indivisível. Afinal, os átomos assim permanecem nos processos químicos e para lidar com a estequiometria de equações não é necessário mais do que essa visão simplificada do átomo daltoniano.*
>
> *[...]*
>
> *[...] O trabalho de Galili & Bar (1992), por exemplo, mostra que os mesmos estudantes que tiveram um bom desempenho em problemas familiares sobre força e movimento revertem a um raciocínio pré-newtoniano de 'movimento requer força' em questões não-familiares. Os autores concluem que "essa 'regressão' a visões ingênuas pelos mesmo sujeitos é uma evidência a mais de que o processo de substituição de crenças ingênuas pos novos conhecimentos adquiridos nas aulas de Física é complicado e muitas vezes inconsistente [...].*
>
> *De maneira semelhante, Scott (1987), ao estudar o desenvolvimento de idéias sobre a matéria entre alunos da escola secundária, conclui que 'mudança conceitual' não parece o título apropriado para o que se observa no processo. "No lugar de mudança conceitual parece haver um desenvolvimento paralelo de idéias sobre partículas e das idéias já existentes (...) O desenvolvimento paralelo de idéias resulta em explicações alternativas que podem ser empregados no momento e situação apropriados. Não há mudança conceitual do tipo referido por Posner et al. (1982) como uma acomodação" [...][5].*

Mortimer, inspirando-se em Bachelard, discute especificamente quais poderiam ser as diferentes noções que compõem o perfil conceitual ou epistemológico do conceito de *massa*

---

4 - Como o próprio autor explica, a noção de perfil conceitual foi inspirada na noção de "perfil epistemológico" apresentada por G. Bachelard em seu texto A Filosofia do Não (este texto foi publicado em 1984 pela Abril Cultural, São Paulo, na coleção Os Pensadores) (cf. Mortimer, 1994, p. 69).5 - Mortimer, 1994, p. 63.

5 - Os artigos mencionados são os seguintes:

GALILI, I., BAR, V. Motion implies force: where to expect vestiges of misconceptions? International Journal of Science Education, v.14, p. 63-81, 1992.

SCOTT, P. The process of conceptual change in science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter. In: NOVAK, J. D. (Ed.). The Proceedings of The Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics. Ithaca (NY): Cornell University, 1987. v.2, p. 404-19.

em pessoas com formação em física e química:

(a) *Realismo ou pensamento de senso comum.* Associa-se a idéia de massa apenas àquilo que aparenta possuir ou de fato possui grande peso.

(b) *Empirismo.* A idéia de massa está relacionada a quantidades que podem ser precisamente medidas através de balanças, isto é, verificadas empiricamente.

(c) *Racionalismo clássico ou newtoniano.* A noção de massa não é mais definida isoladamente, mas sim por suas relações (racionais) como outras noções, isto é, se F=ma, então m=F/a.

(d) *Racionalismo moderno.* A noção de massa, "que era uma função simples, vai-se tornar complexa". A massa "não é mais absoluta no tempo e no espaço, mas torna-se uma função complicada da velocidade". Nesta "física relativista", a massa não se diferencia claramente da energia, pois energia e massa podem converter-se uma na outra.

(e) *Racionalismo contemporâneo,* que agrega novas noções que ainda não estavam presentes no racionalismo moderno (cf. Mortimer, 1994, p.66-7).

Todas essas noções coexistiriam num mesmo indivíduo, podendo ser acessadas e utilizadas em diferentes ocasiões. Não haveria portanto a necessidade de que uma concepção de senso comum fosse eliminada para que, por exemplo, uma concepção racional clássica pudesse ser construída.

Mortimer (1994, p.67-8) ressalta ainda que o perfil epistemológico, em relação a cada conceito, "difere de um indivíduo para outro", pois este perfil é "fortemente influenciado pelas diferentes experiências que cada pessoa tem, pelas suas raízes culturais diferentes". Neste sentido,

> *[...] [uma] importante característica que poderia distinguir o perfil do químico e do físico daquele de um estudante novato nas leis da Física é que os primeiros seriam conscientes de seu perfil e usariam cada noção no contexto apropriado, enquanto o último poderia não ter atingido aquele grau de consciência.*

Note-se que a presente discussão, ao ressaltar que existem contextos apropriados para as diferentes noções do perfil conceitual, está também sugerindo *que pode ser um erro* considerar que idéias alternativas *são descartáveis ou não têm um papel importante em determinadas situações.* Não é absurdo imaginar, por exemplo, que o desempenho concreto de um excelente jogador de futebol estivesse todo ele sendo orientado por um conjunto de concepções cientificamente inaceitáveis de massa, força, movimento etc., isto é, concepções alternativas poderiam estar cumprindo um papel essencial no sucesso deste atleta.

Assim, se a noção de perfil conceitual for válida, então as pessoas conservam múltiplos significados para um mesmo conceito, sem que isso represente prejuízo da capacidade de compreender o mundo. A tarefa da escola seria portanto a de discutir os contextos específicos em que as diferentes versões de um mesmo conceito tornam-se mais ou menos apropriadas.

Consideremos agora um outro problema. A noção de perfil conceitual coloca em cheque a idéia (consideravelmente aceita) de que o questionamento das idéias dos alunos é essencial para a aquisição de novos conhecimentos. Conforme foi mencionado anteriormente, há evidências de que, no indivíduo, a construção da concepção científica não força necessa-

riamente a eliminação da concepção alternativa correspondente (ambas passam a coexistir), e isto sugere que as duas concepções não se relacionam em termos de oposição ou conflito cognitivo, ou seja, o conflito cognitivo *pode não ter papel algum* na elaboração de conhecimentos cientificamente corretos.

De fato, para evitar modificar suas idéias, teorias e convicções, o aluno pode incorporar as idéias a serem usadas no contexto cotidiano e as idéias a serem usadas no contexto escolar em diferentes setores de sua estrutura cognitiva, favorecendo o surgimento daquilo que, na criança, Osborne & Wittrock (1985) denominaram três tipos de ciência (ciência baseada na intuição, ciência baseada no uso cotidiano da linguagem e ciência escolar). Outra possibilidade é o aluno construir explicações adicionais que anulem ou justifiquem as contradições que possam existir entre concepções científicas e concepções alternativas.

Assim, é importante ter claro o conjunto de idéias de uma pessoa *não se caracteriza pela mesma coerência interna* que se verifica no corpo teórico das disciplinas científicas, de modo que estabelecer uma analogia estreita entre ciência e indivíduo neste terreno pode conduzir a conclusões inadequadas.

Toda essa discussão sugere que as pessoas não dependem necessariamente de situações conflituosas para poder aprender, e que o conflito cognitivo, na verdade, pode ter uma importância menor do que aquela que lhe tem sido usualmente atribuída (Mortimer, 1994, p.59-60).

Além disso, pode-se argumentar que a noção de conflito que tem sido utilizada (conflito como oposição entre idéias incompatíveis) é problemática, devendo ser substituída por uma noção mais ampla que considere também as *lacunas de conhecimento* como elementos geradores de conflito. Em certos casos, a construção de uma concepção cientificamente correta parece estar bloqueada não por uma concepção alternativa, mas principalmente pela *ausência* de determinados conhecimentos que permitiriam a reordenação ou reinterpretação de conhecimentos já existentes. Numa tal situação a tarefa da escola seria a de fornecer condições para que o aluno pudesse (i) construir os conhecimentos que lhe faltam e (ii) utilizar esses conhecimentos de modo eficaz na elaboração de uma concepção cientificamente aceitável.

Note-se por fim que a mencionada noção de perfil conceitual não é a única objeção à idéia de que o processo de aprendizagem corresponde a uma mudança dos conceitos.

Um problema que tem sido colocado é o de que nem sempre as concepções alternativas dos alunos podem servir elas mesmas como pontos de partida adequados para a construção das concepções cientificamente corretas. Há casos em que as concepções alternativas dos alunos vão por caminhos completamente divergentes daqueles que o professor desejaria trilhar. Vejamos o seguinte exemplo:

> *[...] as explicações dos estudantes para alguns fenômenos relacionados à pressão atmosférica não auxiliam na construção da explicação científica. Os estudantes, por exemplo, explicam o colapso da embalagem de refresco, à medida em que ele é sugado, tendo como base a idéia de vácuo e a ação humana de sugar. Essas idéias não auxiliam na construção de um explicação baseada nas diferenças entre as pressões internas e externas [...].*

Num caso como este, talvez o ideal fosse construir a nova explicação "em primeiro lugar", apoiada em concepções prévias *que não as concepções alternativas referentes ao assunto,* o que significa que o modelo explicativo que serviria como ponto de partida para a reflexão dos alunos seria fornecido *de antemão* pelo professor (cf. Mortimer, 1994, p.60).

Mortimer (1994, p.60) alerta ainda para o risco de as estratégias de mudança conceitual estimularem o aluno a perder sua auto-confiança. Ele menciona o uso de analogias como uma alternativa que poderia evitar esse problema:

> *[...] Um dos modelos mais discutidos atualmente é o do ensino por analogias [...]. Stavy (1991) acredita que haja uma profunda diferença entre estratégias de ensino por conflito e aquelas por analogia. Nesta última, os estudantes não expressam suas idéias alternativas explicitamente; não precisam ficar conscientes do conflito ou do processo de ensino. Eles são informados apenas sobre a similaridade das tarefas. Do ponto de vista do estudante, não há conceito errado e nenhuma aprendizagem ocorre, pois ele, intuitivamente, entende as situações análogas. Assim, não há risco de os estudantes perderem sua auto-confiança ou optarem por idéias erradas. Do ponto de vista do professor não há necessidade de treinamento específico. O processo de aprendizagem decorre da escolha de uma situação ou exemplo inicial apropriado [...].* [6]

Note-se finalmente que as críticas aqui apresentadas não significam de modo algum que a idéia da mudança conceitual possa ser descartada, pois na prática é muito difícil imaginar processos de aquisição de conhecimentos que não envolvam quaisquer mudanças conceituais, principalmente quando tais processos são considerados numa perspectiva de longo prazo.

Referências bibliográficas

ANDERSON, C.W., SHELDON, T. H., DUBAY, J. The effects of instruction on college non-majors' conceptions of respiration and phtosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, v.27, p.761-76, 1990.

BASTOS, F. O conceito de célula viva entre os alunos de segundo grau. *Em Aberto*, v.11, n.55, p.63-69, 1992.

BASTOS, F. *História da Ciência e Ensino de Biologia*: a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903). São Paulo, 1998. 212p. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

BIZZO, N. M. V. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? *Em Aberto*, v.11, n.55, p.29-35, 1992.

BRUMBY, M. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, v.68, p.493-503, 1984.

DEADMAN, J. A., KELLY, P.J. What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, v.12, p.7-15, 1978.

DREYFUS, A., JUNGWIRTH, E. The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, v.10, p.221-229, 1988.

6 - O artigo citado por Mortimer é o de STAVY, R. Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. Journal of Research in Science Teaching, v.28, p. 305-13, 1991.

GAGLIARDI, R. Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, v.6, p.291-6, 1988.

GROSSI, E. P., BORDIN, J. (Orgs.). *Construtivismo pós-piagetiano*: um novo paradigma sobre aprendizagem. Petrópolis: Vozes, 1993.

HEWSON, P.W., THORLEY, N. R. The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, v.11, sp.iss., p.541-553, 1989.

KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro: Zahar, São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

KUHN, T. S. *A estrutura das revoluções científicas*. 3.ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1992. 257p. (Debates, 115).

LONGDEN, B. Genetics: are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*, v.16, p.135-40, 1982.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: ESCOLA DE VERÃO FEUSP, 3, 1994, Serra Negra. *Caderno de Textos*. São Paulo: FEUSP, 1994. p.56-74.

OCHIAI, M. The role of knowledge in the development of the life concept. *Human Development*, v. 32, p.72-8, 1989.

OSBORNE, R., WITTROCK, M. The generative learning model and its implications for science education. *Studies in Science Education*, v.12, p.59-87, 1985.

PIAGET, J., GARCIA, R. *Psicogénese e história das ciências*. 1.ed. Lisboa: Dom Quixote, 1987. 251p.(Ciência Nova, 6)

POSNER, G. J., et al. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, p.211-27, 1982.

ROSEN, G. *Uma história da saúde pública*. Trad. M. F. S. Moreira. São Paulo: Hucitec, Editora da UNESP, 1994. 423p.

RYAN, A. G., AINKENHEAD, G. S. Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education*, v.76, p.559-80, 1992.

STAVY, R., EISEN, Y., YAAKOBI, D. How students aged 13-15 understand photosynthesis. *International Journal of Science Education*, v.9, p.105-15, 1987.

ZANETIC, J. Ciência, seu desenvolvimento histórico e social - implicações para o ensino. In: SÃO PAULO (Estado). Secretaria da Educação. Coordenadoria de Estudos e Normas Pedagógicas. *Ciências na escola de 1o. grau*: textos de apoio à Proposta Curricular. São Paulo: Secretaria de Estado da Educação, 1990. p.7-19.