

LINGUAGEM E FORMAÇÃO DE CONCEITOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

EDUARDO FLEURY MORTIMER



Este livro ou parte dele não pode ser reproduzido por qualquer meio sem autorização escrita do Editor.

EDITORAÇÃO DE TEXTO: Ana Maria de Moraes

PROJETO GRÁFICO e CAPA: Escritório de Design - Lúcia Nemer e Guili Seara

REVISÃO DE PROVAS: Lilian Valderez Felício, Maria Aparecida Ribeiro, Rúbia Flávia dos Santos

PRODUÇÃO GRÁFICA: Jonas Rodrigues Fróis

FORMATAÇÃO: Marcelo Belico

Editora UFMG

Av. Antônio Carlos, 6627

Biblioteca Central - sala 405 - Campus Pampulha

31270-901 Belo Horizonte/MG

Tel. (31) 499-4650

Fax. (31) 499-4768

E-mail: Editora@bu.ufmg.br

<http://www.editora.ufmg.br>

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

REITOR: Francisco César de Sá Barreto

VICE-REITORIA: Ana Lúcia Almeida Gazzola

CONSELHO EDITORIAL:

Titulares: Heloisa Maria Murgel Starling, Luiz Otávio Fagundes Amaral, Maria Helena Damasceno e Silva Megale, Romeu Cardoso Guimarães, Silvana Maria Leal Cóser, Wander Melo Miranda (Presidente)

Suplentes: Cristiano Machado Gontijo, Maria das Graças Santa Bárbara, Maurílio Nunes Vieira, Reinaldo Martiniano Marques

M888I

Mortimer, Eduardo Fleury

Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências/ Eduardo Fleury

Mortimer. - Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2000.

383p. - (Aprender)

I. Ciências - Ensino de primeiro grau I. Título II. Série

CDD: 372.35

CDU: 373.3

Catalogação na publicação: Divisão de Planejamento e Divulgação da

Biblioteca Universitária - UFMG

ISBN: 85-7041-181-2

CAPÍTULO 1

PRESSUPOSTOS TEÓRICOS PARA A ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS DE ENSINO da mudança conceitual à evolução de perfis conceituais



Neste capítulo, serão apresentados os aspectos teóricos da idéia central deste livro, a de que a evolução das explicações atomísticas dos estudantes para os estados físicos da matéria pode ser descrita como uma evolução de seus perfis conceituais. Para isso, tentaremos identificar as estratégias de ensino preocupadas em promover mudanças conceituais e discutiremos as suas relações com a teoria piagetiana da equilibração. Procuraremos criticar, num segundo momento, os aspectos psicológicos e filosóficos que levam essas estratégias à expectativa de que as idéias dos estudantes devam ser abandonadas ou subsumidas no processo de ensino-aprendizagem. Como alternativa, apresentaremos a noção de perfil conceitual, que tenta evitar esse tipo de compromisso sem, no entanto, abrir mão de explicitar

as idéias alternativas dos estudantes ao longo do processo de ensino.

O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL E AS ESTRATÉGIAS PARA A CONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO EM SALA DE AULA

As pesquisas sobre as concepções alternativas dos estudantes, em relação aos mais diversos conceitos científicos, têm fortalecido uma visão construtivista de ensino-aprendizagem que parece dominar a área de Educação em Ciências e Matemática (MATHEWS, 1992). Apesar da grande variedade de abordagens e visões que aparecem na literatura sob o mesmo rótulo, há pelo menos duas características principais que parecem ser compartilhadas:

1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento;

2) as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel fundamental no processo de aprendizagem, já que essa só é possível a partir do que o aluno já conhece.

Correspondente a essa visão de aprendizagem, há um modelo de ensino para lidar com as concepções dos estudantes e transformá-las em conceitos científicos: o modelo de mudança conceitual. Proposto, inicialmente, para explicar ou descrever “as dimensões substantivas do processo pelo qual os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos a outro, incompatível com o primeiro” (POSNER, STRIKE, HEWSON & GERTZOG, 1982. p.211), “mudança

conceitual" se tornou sinônimo de "aprender ciência" (NIEDDERER, GOLDBERG & DUIT, 1991), o que não significa que haja um consenso acerca de seu significado. A exemplo do que ocorre com "construtivismo", "mudança conceitual" se tornou um rótulo a cobrir um grande número de visões diferentes e, até, inconsistentes.

O modelo de mudança conceitual tem dois componentes principais: as condições que precisam ser satisfeitas para que haja acomodação do novo conceito e a ecologia conceitual do indivíduo. No artigo de 1982, Posner, Strike, Hewson e Gertzog definem vários tipos de conceitos e crenças que, como parte da ecologia conceitual, são particularmente importantes para a direção da acomodação de uma nova idéia: anomalias, analogias, idéias explicativas, visão geral sobre o caráter do conhecimento, visões metafísicas sobre a ciência como um todo e sobre conceitos científicos em particular, conhecimentos em outras áreas e conceitos em competição (POSNER et al., 1982. p.214-215).

Esses aspectos da ecologia conceitual nem sempre estão explícitos e às vezes são inconscientes. A construção do conhecimento em sala de aula será fortemente influenciada pela presença desses conceitos, visões e crenças, já que o sistema cognitivo é uma totalidade que se conserva nas assimilações e acomodações (PIAGET, 1977. p.37). Dessa forma, qualquer idéia nova que é acomodada pode, potencialmente, modificar toda a estrutura de concepções. No entanto, como "o todo é mais estável que seus componentes" (Idem), a ecologia conceitual tem um forte poder de redefinir o conceito ou a idéia nova em função de crenças e visões anteriores.

Em relação às condições para que a mudança conceitual ocorra, POSNER et al. (1982) e também HEWSON (1981) definem quatro condições básicas: a insatisfação com os conceitos existentes, a nova concepção se mostrar inteligível, a nova concepção se mostrar plausível e a nova concepção se mostrar frutífera. Os autores consideram que, quando um aluno depara com uma nova concepção, podem ocorrer duas possibilidades: a nova concepção pode ser incorporada às já existentes sem exigir modificação muito profunda. Neste caso, ela já aparecerá inicialmente como plausível. A outra possibilidade é de que a nova concepção seja contraditória em relação às anteriores. Desta forma, mesmo que a nova concepção se mostre inteligível para o aprendiz, ela não aparecerá como plausível, uma vez que “concepções conflituosas não podem ser, simultaneamente, plausíveis para uma pessoa” (HEWSON & THORLEY, 1989. p.543). O primeiro processo é chamado de *assimilação*, por Posner, e de *captura conceitual*, por Hewson. O segundo, de *acomodação* e *troca conceitual*, respectivamente. Posner parece considerar que a mudança conceitual se refere apenas ao segundo processo, enquanto que Hewson vê todos os dois processos como de natureza semelhante e, portanto, como mudança conceitual.

Num artigo mais recente, HEWSON & THORLEY (1989) realizam uma meta-análise do modelo e uma pequena revisão das críticas a ele dirigidas. Os autores consideram que a questão central da mudança conceitual é a mudança no status de concepções conflitantes durante o processo de acomodação. O status de uma concepção, para um determinado indivíduo, é definido como “a extensão pela qual a concepção incorpora as

três condições (ser inteligível, plausível e frutífera). Expresso nesses termos, o modelo de mudança conceitual está relacionado à diminuição ou aumento do status das concepções.” (HEWSON & THORLEY, 1989. p.542) No processo de acomodação, entendido como o processo no qual a contradição entre a nova idéia e as já existentes é superada, deve haver a diminuição do status da concepção prévia do aprendiz e o aumento do status da nova idéia. Ambas as concepções podem coexistir na mente do aprendiz durante o processo, mas a tendência é de se resolver a contradição através da integração da velha idéia na nova.

Esse modelo de mudança conceitual tem gerado um grande número de diferentes estratégias de ensino. Apesar dessa variedade, é possível identificar características comuns compartilhadas por diferentes abordagens, o que resulta no uso de estratégias similares para promover a mudança conceitual (SCOTT, ASOKO & DRIVER, 1991). A seguir, serão trabalhadas as principais características de dois grupos de estratégias, que diferenciamos pelo critério de explicitarem (ou não) as idéias prévias dos alunos no processo de ensino.

ESTRATÉGIAS DE ENSINO BASEADAS NA EXPLICITACÃO DE IDÉIAS E SUAS RELAÇÕES COM A TEORIA PIAGETIANA DA EQUILIBRAÇÃO

Existe um grande número de trabalhos que se baseiam na explicitação das idéias prévias dos alunos e na sua problematização frente às experiências ou a outras idéias, de modo a

garantir a construção de conceitos científicos e a superação de concepções inadequadas do ponto de vista científico. Além disso, nesse tipo de estratégia o aluno tem que tomar consciência de sua própria aprendizagem e saber como avaliá-la, pois vai ter que tomar decisões sobre que concepções lhe parecem mais plausíveis, e quais deverá abandonar. Esse último aspecto diz respeito ao que é conhecido na literatura como meta-aprendizagem ou metacognição (ver, por exemplo, WHITE & GUNSTONE, 1989).

A maioria dos autores que optam por explicitar as idéias prévias dos estudantes lançam mão do conflito cognitivo como estratégia para mudança conceitual, se baseando, explícita ou implicitamente, na teoria piagetiana da equibração. Piaget postula que o desenvolvimento do conhecimento se dá por aproximações sucessivas do sujeito ao objeto. Neste processo, o conhecimento exterior vai sendo substituído por reconstruções endógenas do sujeito, que atribui suas próprias operações aos objetos. A questão central da epistemologia piagetiana é determinar como o sujeito constrói seu conhecimento, como melhora suas noções, passando de um estágio inferior a um estágio superior de conhecimento. Esta também tem sido a questão central do programa de pesquisa em ensino construtivista: como se passa de um conhecimento incompleto e parcial ao conhecimento científico.

O conceito de adaptação como o resultado do equilíbrio entre assimilação e acomodação é central na teoria da equibração. A adaptação é parte das invariantes funcionais do sistema cognitivo do indivíduo. Desde o nascimento, a criança se utiliza desses mecanismos funcionais. Já nos primórdios da vida, nos quais a inteligência é essencialmente sensório-motora,

o pensamento da criança passa de um estado em que a acomodação ao meio é indiferenciada da assimilação das coisas aos esquemas do sujeito, para um estado em que a acomodação de esquemas diversos se tornou distinta de sua assimilação recíproca (PIAGET, 1970). Esse aspecto funcional, que permanece praticamente inalterado por toda a vida, leva à construção de estruturas de conhecimento cada vez mais complexas.

ilacp

Piaget define assimilação como “incorporação de um elemento exterior (objeto, acontecimento etc.) num esquema sensorio-motor ou conceitual do sujeito” (PIAGET, 1977. p.16). Já a acomodação é definida como a necessidade do esquema de assimilação em considerar as particularidades próprias dos elementos a assimilar (Ibidem. p.17). Esses mecanismos são solidários. Todo esquema de assimilação tende a alimentar-se, ou seja, a incorporar elementos exteriores a ele, que são compatíveis com sua natureza. Por outro lado, todo esquema de assimilação é forçado a acomodar-se aos elementos que assimila, o que significa que deve modificar-se em função das particularidades desses elementos (PIAGET, 1977. p.18).

Ainda que possa ocorrer assimilação sem acomodação, quando a situação é a mesma ou a tarefa consiste em compreender coisas já conhecidas e imediatamente assimiláveis, a recíproca não é verdadeira. Uma acomodação é, necessariamente, a acomodação de um esquema de assimilação (INHELDER, GARCIA & VONECHE, 1976). Isso significa que a acomodação é subordinada à assimilação, ou seja, não há informação pura. Toda informação nova tem que carregar algo de redundante para que um sujeito dirija seus esquemas aos objetos e lhes forneça sentido. Essa relação entre assimilação e acomodação

explica um dos princípios básicos do paradigma de ensino-aprendizagem construtivista, a que nos referimos no princípio do trabalho: as idéias prévias do estudante são fundamentais ao processo de ensino-aprendizagem, já que só se aprende a partir do que já se sabe. Numa perspectiva piagetiana, isso seria o mesmo que dizer que a acomodação de uma idéia nova envolve a modificação dos esquemas de assimilação anteriores que o sujeito dispunha para tentar assimilar a novidade.

O processo pelo qual o indivíduo constrói conhecimento é chamado de equilibração. De acordo com Piaget, o processo de equilibração é desencadeado quando o sistema cognitivo individual reconhece uma perturbação, que pode ser gerada por conflitos ou lacunas. “A lacuna passa a ser uma perturbação quando se trata da ausência de um objeto ou das condições de uma situação que seriam necessárias para realizar uma ação, ou, ainda, da carência de um conhecimento indispensável para se resolver um problema.” (PIAGET, 1977. p.32) As lacunas são, nesse sentido, relacionadas a esquemas de assimilação já ativados. O outro tipo de perturbação inclui aquelas “que se opõem às acomodações: resistências do objeto, obstáculos às assimilações recíprocas de esquemas ou subsistemas etc. Em suma, estas perturbações são causas de insucessos e erros, na medida em que o sujeito delas se apercebe, e as regulações que lhes correspondem compreendem então *feedback* negativos.” (PIAGET, 1977. p.32)

O sistema se reequilibra por um processo de construção compensatória que pode levar a um equilíbrio melhor que o anterior. Essa reequilibração majorante é diferente da restauração de um equilíbrio físico-químico, onde, segundo o princípio

Discriminar lacunas em Piaget

de Le Chatelier, o sistema reage às perturbações neutralizando-as. Numa reequilibração cognitiva, podem até ocorrer construções compensatórias desse tipo, mas elas conduzem a um equilíbrio instável. O aumento de conhecimento só é efetivo quando o sistema cognitivo absorve as perturbações, atingindo um novo estado de equilíbrio diferente e superior ao anterior, uma vez que incorporou a perturbação como algo dedutível ou previsível (MORTIMER, 1992).

Um exemplo pode nos ajudar a entender melhor as diferenças entre lacunas e conflitos. Podemos imaginar uma situação em que o aluno seja levado a prever a temperatura de um bloco de madeira e de um de alumínio, numa manhã fria. Se o aluno ainda não possui nenhum conceito de equilíbrio térmico e de condutibilidade térmica, sua avaliação pelo tato poderá levá-lo a prever que a temperatura do bloco de alumínio será menor (MORTIMER & AMARAL, 1998). Se após essa resposta pedimos ao aluno que meça a temperatura dos dois blocos, introduzindo um termômetro num orifício existente em cada um deles, ele obterá a mesma leitura para os dois blocos. Evidentemente, o resultado está em contradição com a expectativa do aluno e poderá acionar o processo de equilíbrio no seu sistema cognitivo. Esse é um exemplo de perturbação conflitiva, em que uma previsão foi desmentida por um fato exterior.

No entanto, se outro aluno já possui a noção de equilíbrio térmico, ele deverá esperar que os blocos estejam numa mesma temperatura, já que se encontram no mesmo ambiente e, portanto, em equilíbrio térmico com esse ambiente. Se o aluno realizar a medida de temperatura, confirmará sua previsão,

baseada no seu conhecimento anterior. Neste caso, o que pode perturbar o sistema cognitivo do aluno não é um desmentido à sua previsão anterior, mas o fato de que ele não consegue relacionar a sensação de quente e frio com a temperatura. Falta-lhe a noção de calor específico, que explica por que o alumínio parece mais frio ao tato. Por apresentar um valor menor para o calor específico, a temperatura do alumínio se modifica mais rapidamente do que a da madeira, o que provoca a sensação de que o metal está mais frio do que a madeira. Aqui, a perturbação tem origem numa lacuna do pensamento do aluno, que deverá ser completada para resolver a contradição.

A presença desses dois tipos de perturbação num mesmo exemplo ilustra a necessidade de considerá-los da mesma forma nas estratégias de ensino. No caso dos conflitos são necessários correções e ajustes de idéias. Os conhecimentos a serem apreendidos podem entrar em conflito com idéias preexistentes. Já no caso das lacunas são necessários reforços e/ou a introdução de conhecimentos novos que, no entanto, não entrarão em conflito com os já disponíveis.

É evidente que uma estratégia de ensino baseada em perturbações só será efetiva se o desequilíbrio criado levar a uma acomodação da idéia perturbadora. A criação de conflitos, por si só, é insuficiente para promover uma mudança conceitual. Isso é reconhecido pela maioria dos autores que trabalham nesta perspectiva. Driver & Easley, por exemplo, comentam que “contra-exemplos e conflitos não encorajavam, por si sós e, uma mudança no pensamento das crianças, e às vezes produziam unicamente confusão” (DRIVER & EASLEY, 1978).

conflitos produzem confusão!

Para que a perturbação leve o estudante a um progresso no seu conhecimento é necessária uma construção compensatória, em que as lacunas sejam preenchidas por reforços e os conflitos corrigidos. Piaget identifica três fases dessa construção compensatória. Na primeira fase, o sujeito procura neutralizar a perturbação seja simplesmente ignorando-a, seja deformando-a para não reconhecê-la como perturbação. A existência desse tipo de compensação não leva a um estado de equilíbrio melhor do que o anterior, pois não modifica as idéias do indivíduo. Isso explica, por exemplo, a dificuldade de lidar-se com estratégias de ensino baseadas no conflito. Os alunos podem simplesmente deformar o observável ou ignorar o conflito introduzido pelo professor. No exemplo já citado, da confusão entre temperatura e sensação de quente e frio, o aluno poderia deformar o observável e “ler” uma temperatura mais baixa para o metal: “É só um pouquinho, mas é menor.” Poderia também atribuir a anomalia a um defeito no termômetro, “que não baixa além dessa temperatura”.

Essa primeira fase da construção compensatória pode evoluir para uma segunda, em que o expediente de neutralizar a perturbação dá lugar à tentativa de integrá-la, criando teorias específicas para explicá-la ou mudando um pouco a explicação inicial, a fim de incorporá-la. Nesta fase, a idéia antiga pode conviver com a nova, e essa aparente contradição não traz problemas ao indivíduo. No exemplo citado, poderia ser criada uma teoria de que “o metal parece mais frio porque sua superfície é lisa”, ou “a superfície do metal reflete o calor, por isso fica mais frio na superfície, mas não no seu interior, onde foi colocado o termômetro”. Neste tipo de compensação, a

explicação anterior foi modificada, ou passou a conviver com uma outra diferente. De qualquer maneira, ao contrário do que ocorre na primeira fase, a perturbação é reconhecida e integrada na explicação, mesmo que através de uma estratégia de mínimo custo e máximo ganho.

*você é a
nova
teoria*

A reorganização de idéias iniciada na segunda fase se completará quando a perturbação for totalmente eliminada enquanto tal e passar a ser vista como uma possibilidade e não como um distúrbio. Neste caso, o sistema explicativo é capaz de antecipar, por previsão ou dedução, as variações possíveis, que deixam de ser perturbadoras (PIAGET, 1977. p.90). No exemplo considerado, a aparente contradição entre temperatura e sensação de quente e frio para os dois blocos deixa de existir a partir do momento em que se adquirem, de maneira articulada, os conceitos de equilíbrio térmico e de calor específico. O primeiro nos leva a esperar pela mesma temperatura, já que os dois blocos estão no mesmo ambiente; o segundo, pela diferença na sensação, já que o metal tem um calor específico mais baixo e atinge a temperatura do nosso corpo mais rapidamente. A perturbação deixa de existir enquanto tal e se transforma numa variação possível desse sistema conceitual.

Numa estratégia de ensino, busca-se sair das fases iniciais e atingir a terceira fase. Se o aluno permanecer na primeira fase, qualquer tentativa de progresso é infrutífera. Se ele admite a perturbação, pode ser iniciado um processo que leve a um sistema estável de conceitos que consiga prever e deduzir variações possíveis.

Essa visão nos dá uma explicação bastante plausível das dificuldades encontradas nas tentativas de se promover a

mudança conceitual, ao mesmo tempo em que nos fornece um parâmetro bastante razoável para a avaliação de sua ocorrência. Parece-me que este é um aspecto importante nesse tipo de pesquisa. A ocorrência da mudança é normalmente avaliada através de pós-testes e testes de retenção, nos quais, por comparação com os resultados obtidos no pré-teste, tem-se um parâmetro para afirmar a extensão em que a mudança ocorreu e, ao mesmo tempo, indicar se ela é duradoura ou não. Há problemas evidentes nesta estratégia. Qual o tempo necessário de atraso para se afirmar que ocorreu a retenção? Como garantir que o aluno tenha abandonado suas idéias anteriores?

Usando a idéia de fases de construção compensatória, pode-se tentar avaliar a ocorrência do aprendizado pela escolha, no pós-teste, de problemas familiares e não-familiares. Pode-se ter três tipos de problemas: idênticos aos anteriores, semelhantes e diferentes. Esses últimos deverão conter fatos potencialmente perturbadores, de modo que se possa verificar se a construção compensatória se completou e se o aluno realmente adquiriu um sistema estável de conceitos.

Há, ainda, outro aspecto da teoria da equilibração que está bastante relacionado às estratégias de ensino baseadas em conflito cognitivo. Piaget afirma a existência de três formas de equilibração. A primeira delas ocorre entre a assimilação dos objetos aos esquemas dos sujeitos e a acomodação destes esquemas aos objetos. A segunda pode ocorrer entre esquemas ou entre subsistemas, numa assimilação-acomodação recíproca entre diferentes esquemas que se referem aos mesmos objetos ou eventos. A terceira é a equilibração entre diferentes

es.
níveis



subsistemas e uma totalidade que os engloba, através de um processo de integração-diferenciação. Neste caso, a integração no todo é um caso de assimilação, e a diferenciação exige acomodações (PIAGET, 1977. p.21).

Um exemplo pode nos ajudar a entender melhor a questão. Quando um aluno é colocado frente ao problema de prever a flutuação, ou não, de objetos num líquido como a água, ele pode evocar diversos esquemas para tentar resolvê-lo. Muitos alunos se fixam em um único atributo do objeto, normalmente o que mais salta à vista. A afirmativa de que objetos leves flutuam e os pesados afundam é um desses tipos de previsão, baseado num único esquema ou atributo: o peso do objeto. Outros alunos se fixam no tamanho, outros ainda na forma ou mesmo na quantidade de água do recipiente. Todos eles fracassarão em algumas de suas previsões. Aqueles que previram que objetos pesados e/ou grandes afundariam se decepcionarão ao ver um grande bloco de madeira flutuar. Os que achavam que objetos chatos flutuariam decepcionar-se-ão ao ver uma placa de metal ir ao fundo. Os que se mostraram convencidos de que determinado objeto que afundou na bacia da prova flutuará na piscina terão que aguardar o fim de semana, mas também os aguarda a decepção.

Não se trata de um problema que se resolva pela equilíbrio entre a assimilação dos objetos a um único esquema. O problema depende da assimilação recíproca desses vários esquemas — massa, volume, forma e material. De como cada um deles influencia, em conjunto com os outros, o problema em questão. Mas o problema só fica inteiramente resolvido se esses esquemas forem integrados numa totalidade

nao é só entender densidade, mas aq e operaci

que permita diferenciá-la influência de cada um em particular, e ao mesmo tempo articulá-los. Essa “totalidade” se chama densidade. Uma vez consumada essa integração-diferenciação de massa, volume, material e forma na totalidade-densidade, o problema da flutuação se torna trivial.

Objetos feitos de materiais mais densos que a água podem nela flutuar, desde que tenham uma forma tal que aumente seu volume e esse volume passe a ser ocupado pelo ar, cuja massa é desprezível. É o caso dos navios. Para se chegar a uma afirmação desse tipo é necessário percorrer um caminho de equilíbrazões recíprocas entre massa, volume, forma e material, e de integração-diferenciação entre esses esquemas e o conceito totalizador de densidade.

Esses processos são, no entanto, dinâmicos, e assim que o conceito de densidade seja construído em relação aos seus esquemas formadores, ele está apto a se transformar num simples atributo, um simples esquema. Nas mãos de um mineralogista, a densidade é um desses esquemas que se usa com naturalidade para lidar com minerais que resistem à identificação por outras vias. Neste caso, ela passou a ser um subsistema relacionado a outros, numa nova totalidade chamada “propriedades específicas dos materiais”.

Essa dinâmica não tem fim, e nas mãos desse sistema de conhecimento poderoso que é a mente humana, totalidades estão sempre em vias de se tornarem simples esquemas. Essas mudanças de plano são essenciais ao desenvolvimento do conhecimento. Esse exemplo ilustra a dinâmica dessas categorias piagetianas e sua utilidade para equacionar problemas reais de

ensino. Esse fato explica a grande influência dessas idéias no ensino construtivista.

STAVY & BERKOVITZ (1980) identificam dois tipos de conflitos em estratégias de ensino, cuja relação com as diferentes formas de equilíbrio da teoria piagetiana é evidente: o primeiro é entre a concepção da criança sobre a realidade física e a realidade em si (um tipo de conflito sujeito-objeto); o segundo é entre duas estruturas cognitivas diferentes que estão relacionadas à mesma realidade física (um tipo de conflito na assimilação-acomodação recíproca de esquemas ou subsistemas).

NUSSBAUM & NOVICK (1982) lidaram com o primeiro tipo de conflito, sugerindo uma estratégia de ensino cujo principal componente é o conflito cognitivo entre as idéias dos estudantes e os eventos discrepantes. No entanto, há muitos exemplos na literatura que ilustram as dificuldades em se encontrar experimentos críticos e eventos discrepantes, que poderiam causar insatisfação com as idéias existentes. Para “ver” anomalias e contra-exemplos, alguém precisa já possuir a nova teoria que possibilite a percepção dos fatos como tal. Esta posição é claramente explicitada, em termos filosóficos e históricos, por LAKATOS (1970). O autor sugere que um experimento é visto como crucial apenas retrospectivamente:

As elipses de Kepler foram admitidas como evidência crucial a favor de Newton e contra Descartes aproximadamente 100 anos depois das alegações de Newton. O comportamento anômalo do periélio de Mercúrio era conhecido por décadas como uma das muitas dificuldades não resolvidas no programa newtoniano; o simples fato da teoria de Einstein tê-lo explicado melhor transformou uma anomalia qualquer numa brilhante refutação do programa de pesquisa newtoniano. (LAKATOS, 1970, p.158)

Alguns autores levam este tipo de dificuldade em consideração ao desenvolverem estratégias de ensino. ROWELL & DAWSON (1984) apontam para a ineficácia de se usar uma estratégia de conflito no início de uma seqüência didática, baseados na idéia de que uma teoria só é substituída após outra melhor ter sido construída. Os autores optam, então, por construir a melhor teoria primeiro e só então a contrapõem às idéias dos estudantes. Essa estratégia é um exemplo do segundo tipo de conflito apontado por STAVY & BERKOVITZ (1980).

De maneira semelhante, SCOTT (1992) mostra que as explicações dos estudantes para alguns fenômenos relacionados à pressão atmosférica não auxiliam na construção desta idéia científica. Os estudantes, por exemplo, explicam o colapso da embalagem do refresco, à medida que ele é sugado, tendo por base a idéia de vácuo e a ação humana de sugar. Essas idéias não auxiliam a construção de uma explicação baseada nas diferenças entre as pressões internas e externas. Scott também sugere a construção da nova explicação em primeiro lugar, de forma independente das idéias prévias.

Apesar de a maioria das estratégias de ensino que optam por explicitar as idéias dos alunos no processo de ensino-aprendizagem ter uma clara raiz piagetiana, elas parecem desconhecer duas características importantes da teoria da equilibração. A primeira é que as lacunas são tão importantes quanto os conflitos. São poucos os autores (por exemplo, ROWELL, 1989) que se referem às lacunas como um tipo de perturbação. Várias estratégias baseadas no conflito cognitivo parecem não reconhecer que, muitas vezes, no processo de construção de uma idéia nova, a falta de informações para

pli caçõ
na de
afusou
cande
picaap
cientific

interpretar os resultados de um experimento é obstáculo maior que o conflito entre as idéias dos estudantes e os resultados. A segunda característica é relacionada à terceira forma de equilíbrio da teoria piagetiana. Muitas dificuldades no processo de aprendizagem estão relacionadas à construção de totalidades, com forte poder de explicação, que podem ser generalizadas a um grande número de fenômenos. Muitas vezes o estudante permanece no plano dos esquemas, “procedimentos e rituais” (EDWARDS & MERCER, 1987) e não passa para o plano superior dos princípios, das explicações. Em função disso, o aluno não tenta generalizar essas explicações a fenômenos diversos, pois não as reconhece como gerais e sim como mais um esquema localizado. Essas dificuldades estão relacionadas às diferenças entre uma teoria científica, geral e independente do contexto, e os esquemas e subsistemas cotidianos, nem sempre gerais e muitas vezes dependentes do contexto. Uma estratégia de ensino deveria lidar com essa terceira forma de equilíbrio e auxiliar os estudantes a superarem suas dificuldades em generalizar.

Outro tipo de problema, neste primeiro grupo de atividades, é a dificuldade que os alunos enfrentam em reconhecer e vivenciar conflitos. Isso poderia explicar a improdutividade de certas discussões em grupo na sala de aula, onde os estudantes tenderiam a desenvolver “cinturões protetores” (no sentido atribuído por LAKATOS, 1970) em torno do núcleo central de suas idéias em vez de tentarem superar possíveis conflitos. Como já tivemos oportunidade de ressaltar, isso poderia ser explicado pelas diferentes fases da construção compensatória na teoria piagetiana, uma vez que a existência

3. com
problemas
Lakatos

de uma perturbação em potencial não significa, necessariamente, a superação da idéia inicial. Os alunos poderiam não reconhecer a perturbação enquanto tal, e suas idéias permaneceriam inalteradas. Mesmo quando a reconhecessem, poderiam criar hipóteses ad hoc para adaptar a velha idéia à perturbação.

ESTRATÉGIAS QUE USAM ANALOGIAS E EVITAM EXPLICITAR AS IDÉIAS DOS ALUNOS

O outro grupo de estratégias de ensino pode ser caracterizado por evitar a explicitação das idéias dos estudantes no processo de ensino. Ele compartilha a mesma visão de ensino-aprendizagem construtivista, mas sugere que “um modelo construtivista de aprendizagem não tem como consequência lógica um modelo construtivista de instrução” (MILLAR, 1989. p.589). Segundo esse modelo de instrução, alvo da crítica de Millar, a aprendizagem é um produto da interação entre concepções preexistentes e novas experiências. As estratégias de ensino baseadas nesse modelo definiriam como passos de um processo de instrução: o ato de explicitar as idéias prévias; o de clareá-las, através de trocas e discussões em grupos; a exposição dessas idéias a situações de conflito e a construção de novas idéias; e, finalmente, a revisão do progresso no entendimento, através da comparação entre as idéias prévias e as recém-construídas (MILLAR, 1989. p.588-589).

Millar destaca que esse processo de explicitar, clarificar e construir novas idéias é interno, ou seja, tem lugar na mente do aprendiz e acontece sempre que ocorre um novo aprendizado,

independente da forma de instrução. O sucesso de um professor construtivista, na visão do autor, pode estar relacionado muito mais ao uso de um método ativo de aprendizagem do que à transformação desse modelo construtivista de aprendizagem em modelo de instrução. O autor aponta as dificuldades evidentes de se implantar tais modelos de instrução em larga escala, relacionadas ao maior consumo do tempo para o ensino de cada conceito e às dificuldades enfrentadas pela exigência de mudança no estilo de ensinar. O autor conclui, então, que o estabelecimento de analogias entre o que é conhecido e o que se quer ensinar pode ser muito mais produtivo como método de instrução. “Promover uma mudança conceitual pode, então, envolver a exposição da criança a um novo e mais produtivo paradigma, na esperança de que isso possa vir a ser internalizado e usado como um modelo para interpretar novas situações encontradas no futuro.” (MILLAR, 1989. p.594)

STAVY (1991) acredita que haja uma profunda diferença entre as estratégias de ensino por conflito e aquelas por analogia. Nestas últimas, 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 autoconfiança 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

(STAVY, 1991, p.311-312). Stavy baseia seu trabalho na idéia de construir analogias que sirvam como pontes entre intuições corretas dos alunos e situações análogas a serem aprendidas. Essa idéia de *bridging analogies* foi usada anteriormente por CLEMENT (1987). Essas intuições corretas são chamadas de “exemplos âncora”. Segundo STAVY (1991), o estudante pode possuir, em relação a determinado conceito, sistemas de conhecimento em competição. O que se mostrar mais forte, em dado momento, pode dominar todos os outros. Se esse sistema for inadequado, o estudante terá generalizado uma concepção errada. Do contrário, terá superado suas concepções errôneas. Essa generalização é feita com base em analogias, onde se reconhece a similaridade entre diferentes situações e se transfere as conclusões de uma situação para outra.

DUIT (1991) apresenta uma visão mais ampla sobre o conceito de analogia, através da revisão sobre o assunto. O autor define analogia como uma comparação baseada nas estruturas de dois domínios. “Comparações baseadas unicamente em algumas similaridades superficiais não são vistas como analogias neste estudo.” (DUIT, 1991, p.666) Há uma evidente preocupação em distinguir analogias baseadas em relações estruturais daquelas que se valem unicamente de similaridades superficiais. No exemplo de Stavy, a analogia a ser estabelecida é entre relações estruturais (a conservação de massa nos dois sistemas). No entanto, parece-me que o apelo excessivo a aspectos perceptivos de sistemas físicos e químicos pode reforçar a tendência a analogias superficiais, usada como procedimento corriqueiro pelos alunos. Claparède, por exemplo, afirma que

} Analogia

o pensamento por analogia, que supõe a verificação de semelhanças entre objetos ou entre sentimentos por eles suscitados, é a mais primitiva das formas de pensamento; conduz, na maioria dos casos, a erros, provenientes de não se perceberem diferenças que seria necessário levar em conta. (CLAPARÈDE, 1950)

HESSE & ANDERSON (1992), por exemplo, detectaram que a analogia é a idéia mais elementar usada por estudantes para explicar reações químicas. Os estudantes não só usam analogias como também as avaliam como próximas das explicações químicas, diferindo unicamente pela ausência de vocabulário técnico.

DUIT (1991) está atento a essas limitações e não propõe a analogia como uma alternativa às estratégias de ensino por explicitação de idéias, como o fazem MILLAR (1989) e STAVY (1991). Há vários resultados ambíguos em relação ao uso de analogias no ensino de Ciências. Duit relata estudos que apontam problemas no uso de analogias, principalmente porque os estudantes não percebem a similaridade entre os domínios análogos, ou se prendem a aspectos superficiais que conduzem à generalização de concepções inadequadas. No entanto, o autor conclui que a analogia é uma ferramenta valiosa na aprendizagem por mudança conceitual e que abre novas perspectivas.

O uso de analogias não é exclusivo do grupo de estratégias que tenta evitar a explicitação das idéias dos estudantes, estando presente também em trabalhos pertencentes ao outro grupo. ROWELL (1989), por exemplo, na sua proposta de retardar o conflito, mostra que uma das etapas do processo de ensino é aquela em que a nova idéia é ensinada ligando-a, se possível, a idéias básicas que o estudante já possui, o que

também tem que ser feito por analogia entre novas e velhas idéias. Posner et al. também argumentam que analogias e metáforas são úteis para tornar novas idéias inteligíveis (POSNER et al., 1982).

Num trabalho sobre a construção de modelos de explicação atomista, como o nosso, temos que estar atentos às dificuldades relativas ao uso de analogias. Há que se considerar que um modelo atomista é algo abstrato que não está no mesmo plano dos fenômenos e que, portanto, pressupõe a criação de um esquema explicativo novo. Além disso, um modelo atomista é uma estrutura que ultrapassa a dimensão observável, criando entidades novas que são atribuídas à realidade. Talvez aí resida a principal dificuldade para sua aprendizagem. Claparède nos ensina que “a consciência da diferença aparece mais fácil, mais cedo que a da semelhança” (CLAPARÈDE, 1950. p.258). Tentar entender como se ensina algo que se conserva, escondido por uma aparente diversidade, é tarefa desafiadora e estimulante, e talvez demande um caminho mais árduo que o simples uso de analogias.

Não se pode negar, todavia, que as analogias desempenham um papel na construção de um modelo novo que ultrapassa a dimensão do observável. A concordância com o paradigma piagetiano, de que não há acomodação sem assimilação, de que a informação pura é impossível, de que toda novidade deve carregar algo de redundante, nos obriga a reconhecer que a analogia desempenha papel importante na construção de um conhecimento novo. À semelhança de ROWELL (1989), acreditamos que só é possível ensinar novas idéias ligando-as aos conhecimentos que o estudante já tem. A analogia é uma das vias que o professor utiliza para introduzir esse algo novo e isso ficará evidente nos dados de sala de aula que analisaremos.

A analogia é um tipo de pensamento usado tanto pelo senso comum como pela ciência. Um dos primeiros recursos que a ciência utiliza para dar sentido a fenômenos e objetos novos é a analogia. A área de física de partículas, por exemplo, está povoada por propriedades das partículas definidas por analogia, como “cor”, “sabor” etc. Só que, à medida que a ciência avança, ela tende a sofisticar as analogias e mesmo a suprimi-las. Por isso, não concordamos que o uso de analogias possa suprimir a explicitação e discussão de idéias prévias e alternativas em sala de aula, mesmo que o custo desse processo possa ser maior em termos de tempo e necessidade de preparação do professor. O problema de se usar a analogia como alternativa à explicitação de idéias prévias, na crença de que esse processo levará à superação de pré-concepções, é que estaremos usando as mesmas armas do inimigo que se quer derrotar. É importante usar armas mais avançadas, que ajudem o aluno a derrotar os obstáculos que impedem a construção de novas idéias e, ao mesmo tempo, sejam úteis em lutas futuras. O processo de explicitação de idéias em sala de aula, mais do que possibilitar um aprendizado de conteúdos científicos, dá aos estudantes uma arma fundamental para enfrentar a ciência e a vida: a crítica.

CRITICANDO ALGUNS PRESSUPOSTOS PSICOLÓGICOS E FILOSÓFICOS DAS ESTRATÉGIAS APRESENTADAS

As estratégias de ensino-aprendizagem descritas parecem ter, explícita ou implicitamente, uma expectativa comum em relação às idéias prévias dos estudantes: elas deverão ser abandonadas e/ou subsumidas no processo de ensino. Nas

Carolina