

## ANÁLISE COMPORTAMENTAL DO MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL BEHAVIORAL ANALYSIS OF CONCEPTUAL CHANGE MODEL

**Guilherme Chirinéa<sup>1</sup>**  
**Jair Lopes Junior<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências/Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência,  
chirineagui@yahoo.com.br

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciências/Departamento de Psicologia, jlopesjr@fc.unesp.br

### **Resumo**

Utilizando-se como referencial teórico o Behaviorismo Radical, analisa-se o modelo de mudança conceitual. Considerando estudos que ilustram a difusão posterior do modelo em trabalhos empíricos, descrevem-se medidas comportamentais que parecem fundamentar inferências sobre a ocorrência ou não da mudança conceitual, analisando se e como o tratamento de tais medidas foi considerado em alguns dos artigos que expressam uma revisão crítica do modelo. Argumenta-se que tais artigos falham em descrever semelhanças e diferenças dos instrumentos e das interações que definem a obtenção das medidas comportamentais de conhecimentos (e não de respostas) prévios e posteriores à intervenção, bem como as intervenções intencionalmente planejadas e as condições de avaliação que sucedem a tais intervenções.

**Palavras-chave:** Modelo de mudança conceitual, ensino-aprendizagem de ciências, análise comportamental.

### **Abstract**

An analysis of the conceptual change model using Radical Behaviorism as theoretical reference is done. Considering studies that illustrate the posterior spreading of the model on empirical work, we describe behavioral measures that base inferences about the occurrence of conceptual change, analyzing if and how the treatment of those measures were considered in some articles that express a critical revision of the model. We argue that those articles fail to describe similarities and differences about the instruments and interactions that define the obtainment of behavioral measures about knowledge (and not about responses) prior to and post intervention, as well as intentionally planned interventions and posterior evaluation conditions.

**Keywords:** Conceptual change model, teaching and learning science, behavioral analysis.

### **INTRODUÇÃO**

Parcela expressiva da literatura pertinente à área de Educação em Ciências e Matemática sustenta consenso em admitir duas características dos processos de ensino e de aprendizagem: (1) a aprendizagem constitui-se a partir do envolvimento ativo do aprendiz na atribuição de significados e na construção de conhecimentos e (2) o reconhecimento da importância das funções exercidas pelos conhecimentos prévios dos alunos nos processos de aprendizagem (CARVALHO, 2004; DRIVER e EASLEY, 1978; MORTIMER, 2000).

Tais características mostram-se presentes no âmbito de um dos modelos interpretativos dos processos de ensino e de aprendizagem de ciências, com reconhecida e consolidada expressão no contexto das pesquisas sobre educação em ciências, a saber, o modelo de mudança conceitual, proposto no início da década de oitenta (BASTOS, NARDI, DINIZ e CALDEIRA, 2004; HEWSON, 1981; MOREIRA e GRECA, 2003; MORTIMER, 2000; POSNER, STRIKE,

HEWSON e GERTZOG, 1982). Desde a sua proposição inicial, registrou-se expressiva difusão do modelo de mudança conceitual por parte de educadores e de pesquisadores no domínio do ensino de ciências (MARÍN, 1999a, 1999b), gerando um considerável acervo de estudos sobre o mesmo. A difusão do modelo, entretanto, não se mostrou isenta de controvérsias. A caracterização e a discussão das críticas ao modelo constituíram-se em objeto de análise na literatura pertinente (BASTOS et al., 2004; MARÍN, 1999a, 1999b; MOREIRA e GRECA, 2003; MORTIMER, 2000; OLIVA, 1999).

Admite-se, nesse trabalho, que a mudança conceitual expressa, em última instância, uma inferência ou interpretação acerca de medidas comportamentais geradas sob determinadas condições metodológicas de pesquisa ou de ensino, considerando o contexto de sala de aula. Em outros termos, características, propriedades ou dimensões das ações de alunos manifestas em interação com determinadas condições de coleta de dados sustentariam ou não suposições (inferências) sobre a ocorrência de mudança conceitual. Portanto, inferir a ocorrência da mudança conceitual constitui-se em uma interpretação de medidas comportamentais circunscritas a determinados contextos e relacionadas com práticas e procedimentos metodológicos de ensino e/ou de investigação (pesquisa).

Por seu turno, o Behaviorismo Radical, enquanto referencial teórico da Psicologia, usualmente adjetivado como comportamental, constituiu-se, de um ponto de vista histórico e epistemológico, justamente pela proposição de uma perspectiva interpretativa de medidas de aprendizagem (KUBO e BOTOMÉ, 2001; LUNA, 2002; SKINNER, 1987). Tal perspectiva, descrita no artigo clássico de B.F. Skinner exposto no Simpósio sobre o Operacionismo (SKINNER, 1945), estabeleceu o Behaviorismo Radical como uma orientação teórica da Psicologia em franca oposição ao fisicismo (ou fisicalismo) advogado pelos adeptos das teses do positivismo lógico do Círculo de Viena. Em oposição a uma modalidade de Behaviorismo denominada por Behaviorismo Metodológico, que professava evidente adesão às teses do Positivismo Lógico em termos das restrições de acesso ao estudo dos fenômenos não passíveis de observação pública, B. F. Skinner (1945), a despeito de inúmeros e lamentáveis equívocos registrados na interpretação de suas obras, expressou a defesa de uma interpretação das medidas comportamentais fundamentadas nas obras dos físicos E. Mach (1933; *apud*. BAUM, 1999) e P. Bridgman (1928). Em linhas gerais, a análise comportamental definida pelo Behaviorismo Radical, e que fundamenta o presente trabalho, ampara-se em alguns preceitos básicos que demarcam o sistema protagonizado por B. F. Skinner no âmbito da Psicologia (SKINNER, 1945, 1963, 1987, 1990). O Behaviorismo Radical sustenta uma interpretação das medidas comportamentais adotando critérios de análise pragmáticos, em oposição aos critérios realistas e representacionistas defendidos pelas versões do positivismo lógico. Propõe, como critério de cientificidade, a análise funcional das interações entre os organismos e as distintas dimensões dos ambientes social e físico nos quais tais interações ocorrem. Neste contexto, assumem particular e relevante status os fenômenos privados que, em larga escala, são produzidos, em particular, na interação do aluno com determinadas condições de ensino. Desse modo, para a análise comportamental empreendida neste trabalho, a interpretação de medidas de aprendizagem impõe, em termos epistemológicos, o compromisso de identificar e de descrever as condições sob as quais tais medidas foram registradas, bem como de especificar a extensão na qual tais medidas, p. ex., as medidas que sugerem a ocorrência da mudança conceitual, mostraram-se funcionalmente relacionadas com as respectivas condições nas quais tais medidas ocorreram.

O presente trabalho concentra ênfase na tentativa de descrever e de analisar, para um determinado conjunto de referências bibliográficas, as propriedades e as características de medidas comportamentais que poderiam cumprir a função de subsidiar as inferências sobre a ocorrência ou não da mudança conceitual. De modo mais específico, após uma sucinta caracterização da proposta inicial do modelo exposta em artigos do início da década de oitenta (HEWSON, 1981; POSNER et al., 1982), objetiva-se: a) descrever as medidas comportamentais

que parecem fundamentar inferências sobre a ocorrência ou não da mudança conceitual, considerando estudos que ilustraram a difusão posterior do modelo na constituição de um robusto acervo bibliográfico de trabalhos empíricos; b) analisar se e como o tratamento das medidas comportamentais relacionadas com a mudança conceitual foi considerado em alguns dos artigos que expressam uma revisão crítica do modelo (HEWSON e THORLEY, 1989; STRIKE e POSNER, 1992). Admite-se, para efeito de justificativa dos objetivos do presente trabalho, que as investigações empreendidas poderiam contribuir para uma melhor compreensão de fenômenos relevantes para o ensino e a aprendizagem de conceitos científicos, cumprindo possivelmente uma importante função de aproximar o modelo do contexto das ações escolares empreendidas em ambiente institucional, bem como possibilitar condições mais favoráveis para a avaliação das medidas comportamentais consideradas por ocasião de debates que se ocupam da discussão sobre o alcance (descritivo e/ou explicativo) de distintos modelos.

### **O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL DE POSNER ET AL. (1982)**

Talvez o mais conhecido trabalho que defenda a aprendizagem enquanto um processo de mudança conceitual seja o de Posner, et al. (1982). Neste, os autores afirmam ser lugar comum a crença de que a aprendizagem seja o resultado da interação entre o que é ensinado ao estudante e suas idéias ou conceitos correntes. Assim, a “aprendizagem, como a pesquisa, é melhor vista como um processo de mudança conceitual.” (POSNER et al., 1982, p.212).

Estes autores afirmam haver uma suposta analogia entre os mecanismos que regem a mudança conceitual na aprendizagem e aqueles que regem a mudança conceitual no contexto da filosofia da ciência contemporânea, mais especificamente sob a visão filosófica de ciência de Thomas Kuhn (2001). Este filósofo apresenta uma concepção de desenvolvimento da ciência que pressupõe dois períodos distintos e consecutivos, chamados respectivamente ciência normal e ciência revolucionária. No período de ciência normal, os cientistas trabalhariam para solucionar problemas, sob um determinado paradigma que define que espécies de problemas devem ser estudados, que critérios são usados para avaliar uma solução e que procedimentos experimentais são julgados aceitáveis. Conforme as pesquisas avançam, há novos problemas que se apresentam, e que podem mostrar-se insolúveis sob este paradigma. Tais problemas são chamados “anomalias”, e quando há um acúmulo de anomalias, teria lugar então uma mudança de paradigma. A esse período de “acomodação” do novo paradigma Kuhn chamou ciência revolucionária (KUHN, 2001).

Posner et al. (1982) identificam processos análogos aos descritos por Kuhn nos mecanismos que regem a mudança conceitual na aprendizagem, quais sejam: a assimilação e a acomodação. A assimilação ocorre quando um estudante é capaz de lidar com um novo fenômeno baseado apenas em seus conceitos existentes (tal como nos períodos de ciência normal, segundo a visão de Kuhn). A acomodação ocorre quando os conceitos correntes do estudante não são suficientes para que ele compreenda um novo fenômeno, sendo necessária a *substituição* de seus conceitos centrais (fato que, segundo os autores, Kuhn chamaria de “revolução científica”; POSNER et al. 1982, p.212).

Posner et al. (1982) definem como foco do modelo as “mudanças conceituais radicais que descrevemos como acomodações” (1982, p. 213). Deste modo, enquanto um modelo interpretativo, parece-nos que a ênfase recaiu na especificação e na descrição das condições necessárias para a manifestação da mudança conceitual, bem como dos aspectos da ecologia conceitual que governam a seleção de novos conceitos. Como condições para a mudança conceitual são apontadas quatro principais: (1) Deve haver insatisfação com os conceitos existentes, isto é, antes de assumir um novo conceito, é de se supor que o indivíduo tenha se deparado com um número de anomalias tal que suas concepções prévias já não possam resolvê-las; (2) O novo conceito deve ser inteligível, isto é, o indivíduo precisa construir ou identificar uma representação coerente do novo conceito; (3) O novo conceito deve ser inicialmente

plausível, isto é, ele deve pelo menos parecer ter a capacidade de resolver os problemas gerados pelos conceitos prévios, bem como ser consistente com outros conhecimentos já possuídos pelo indivíduo; (4) O novo conceito deve sugerir a possibilidade de um programa de pesquisa frutífero, isto é, deve ter o potencial de ser estendido a outras áreas de pesquisa.

Com relação aos aspectos da ecologia conceitual que governam a seleção de novos conceitos, são apontados alguns tipos de conceitos tidos como mais importantes, tais como: anomalias, analogias e metáforas, idéias explanatórias, visões gerais sobre o caráter do conhecimento, conceitos e crenças metafísicas sobre a ciência e sobre os conceitos científicos, conhecimentos em outros campos e conceitos em competição (Posner et al., 1982, p.214-215).

### **CONSIDERAÇÕES ADICIONAIS SOBRE O MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL (HEWSON, 1981)**

Peter W. Hewson, um dos co-autores do clássico artigo de 1982, publicou, em 1981, um trabalho no qual já havia referência ao artigo publicado no ano subsequente, e que, por ocasião do trabalho de 1981, encontrava-se no prelo. Hewson (1981) apresenta reflexões adicionais para a caracterização do modelo de mudança conceitual. O que antes fora chamado por Posner et al. (1982) como "assimilação" é chamado por Hewson (1981) como captura conceitual, isto é, a reconciliação de um novo conceito com conceitos existentes. E o que fora chamado por Posner et al. (1982) como "acomodação" é chamado por Hewson (1981) como troca conceitual, isto é, a substituição de um conceito anterior por um novo.

Hewson (1981) afirma, no entanto, que o modelo de Posner et al. (1982) parte da premissa que a concepção prévia e a nova concepção apresentada são irreconciliáveis para o aprendiz, e que se esta condição for relaxada, o modelo pode facilmente ser modificado para incluir também o que ele chama de captura conceitual. Considerando-se então uma pessoa cujas concepções incluem uma concepção C, e supondo-se que esta pessoa fosse exposta a uma concepção C', a nova concepção C' poderia: (1) ser rejeitada ou (2) incorporada em 3 diferentes formas, (a) sendo memorizada por repetição, (b) substituindo C e reconciliando-se com as demais concepções pelo processo de troca conceitual ou (c) reconciliar-se com as concepções existentes, incluindo C, pelo processo de captura conceitual.

O que determinaria a ocorrência de uma destas possibilidades seria a resposta a três questões: "qual é o status de C? Qual é o status de C'? C' pode ser reconciliada com C?" (Hewson 1981, p. 389). O status de uma concepção, para Hewson (1981), é representado pela medida em que uma concepção é inteligível (I) (isto é, não plausível, tampouco e frutífera), inteligível e plausível (IP) (mas não frutífera) ou inteligível, plausível e frutífera (IPF). Uma concepção não pode ser frutífera sem ser plausível, nem plausível sem ser inteligível. Assim, a resposta das duas primeiras questões depende da obtenção das quatro condições discutidas por Posner et al. (1982) e também apresentadas por Hewson (1981). A resposta à terceira pergunta apontaria uma quinta condição: se são as concepções C e C' reconciliáveis. Segundo Hewson (1981), duas concepções são reconciliáveis para qualquer pessoa se ambas parecem ser inteligíveis. Se em adição uma delas é plausível, então a outra tem que ser plausível para que ambas sejam reconciliáveis.

### **ESTUDOS DE CASO: INCIDÊNCIAS DO MODELO DE MUDANÇA CONCEITUAL EM INVESTIGAÇÕES SOBRE O ENSINO E A APRENDIZAGEM DE CONCEITOS CIENTÍFICOS**

Descreve-se, abaixo, a título de estudos de caso, três exemplos de investigações que ilustram a incidência das teses do modelo de mudança conceitual no âmbito da pesquisa em Educação em Ciências. Esses estudos foram publicados entre 1983 e 1986, ou seja, são posteriores aos trabalhos de Hewson (1981) e de Posner et al. (1982) e, por sua vez, antecederam aos artigos de revisão do modelo (HEWSON e THORLEY, 1989; STRIKE e POSNER, 1992). O critério de seleção dos artigos discutidos abaixo se fundamenta no procedimento de investigação adotado nesse estudo. Considerando que a fase seguinte desse trabalho consiste numa análise de

alguns artigos de revisão do modelo de mudança conceitual, estimou-se consistente apresentar, como ilustração da incidência do modelo no campo da pesquisa, alguns dos trabalhos mencionados nos artigos de revisão.

O estudo de Hewson e Hewson (1983), baseado no modelo de aprendizagem por mudança conceitual, sugere que diferentes conceitos necessitam de diferentes estratégias de ensino para diferentes alunos. As estratégias descritas pelos autores são integração, diferenciação, troca e ligação conceitual. Os autores definem integração como a tentativa de integrar novos conceitos com conceitos existentes, ou diferentes conceitos existentes uns aos outros. O alvo definido da diferenciação é diferenciar conceitos existentes em conceitos mais definidos, separados, porém proximamente relacionados. A estratégia da troca objetiva trocar uma concepção existente por uma nova, porque ambas se contradizem e não podem, portanto, serem ambas plausíveis. Por fim, a ligação conceitual tem como objetivo "estabelecer um contexto apropriado no qual conceitos abstratos importantes possam ser ligados com experiências comuns significativas" (HEWSON e HEWSON, 1983 p. 733).

A pesquisa envolvia quatro passos: (1) a identificação das concepções de estudantes concernentes a massa, volume e densidade; (2) o desenvolvimento de material de instrução usando o conhecimento prévio dos alunos e estratégias de instrução sugeridas pelos princípios da mudança conceitual; (3) a aplicação da estratégia de instrução para um grupo específico de estudantes para os quais o conhecimento anterior acerca destes conceitos tivesse sido previamente identificado; (4) a avaliação da eficácia da estratégia experimental comparada com uma estratégia tradicional usada como controle.

Participaram 90 estudantes de ensino médio com idades variando entre 13 e 20 anos de duas escolas diferentes de Soweto. Os grupos controle e experimental foram constituídos, respectivamente, por 44 e 46 estudantes. A similaridade conceitual dos estudantes dos dois grupos foi estabelecida por meio dum pré-teste. Após a aplicação de uma entrevista clínica, os dados encontrados eram validados por um teste de papel e caneta, que avaliava a extensão na qual os estudantes identificavam as afirmações dadas com concepções alternativas típicas ou com concepções científicas ortodoxas. O teste foi também usado como pré-teste para checar a similaridade conceitual dos dois grupos e como pós-teste no qual o efeito das estratégias de instrução poderiam ser comparadas usando-se escores de mudança (HEWSON e HEWSON, 1983 p. 734). O teste consistia no estudante indicar se as afirmativas dadas eram corretas, incorretas ou se eles não haviam entendido a afirmação ampliando suas respostas no espaço providenciado depois de cada afirmativa. O teste consistia em 30 itens que eram categorizados em seis diferentes sub-testes de concepções relacionadas com conceitos científicos e alternativos de massa, volume e densidade. Um exemplo de um item de teste era o seguinte:

A madeira flutua na água porque não tem massa. Correto/incorreto/não entendi.

Motivo:.....

O item era pontuado da seguinte maneira: um ponto no sub teste para "concepção alternativa de massa" caso a resposta fosse "correto". Se a resposta fosse "incorreto" ou "não entendi", não era atribuído nenhum ponto (HEWSON e HEWSON, 1983, p. 735). Portanto, a eficácia das estratégias de ensino baseadas no modelo de mudança conceitual, comparados com a das estratégias tradicionais dar-se-ia pela comparação dos escores dos pré e pós-testes.

O material de instrução foi direcionado para o incremento do número de concepções científicas possuídas pelos alunos. No caso do grupo experimental, o material era também direcionado para a diminuição do número de concepções alternativas possuídas pelos estudantes. Consistiam de unidades sobre massa, volume, densidade e a propriedade particulada da matéria, escritas em forma de apostilas. Os estudantes desenvolviam experimentos, respondiam questões baseadas em suas observações e calculavam diferentes quantidades. Os materiais controle, que consistiam dos materiais fundamentais, foram usados em conjunto com o livro texto *New Structure General Science Form 1* (PAHL, FOURI e MAKUNGA, 1975, *apud*. HEWSON e

HEWSON, 1983). Empregavam estratégias de integração exclusivamente, usando exposições, discussões, experimentos e demonstrações, por exemplo. Os materiais experimentais consistiam dos materiais fundamentais os quais eram incluídos em materiais de ensino especialmente preparados. Usavam o mesmo formato de apostilas dos materiais controle e empregavam as quatro estratégias de ensino discutidas acima, começando pela ligação conceitual, imediatamente seguida de estratégias de diferenciação e troca. Finalmente, o tópico da unidade era ensinado usando uma estratégia de integração.

Em termos de resultados, os dados mostraram redução do número de alunos apresentando concepções alternativas e aumento do número de alunos apresentando concepções científicas. No entanto, o estudo não deixa claro se os alunos que apresentaram concepções científicas abandonaram concepções alternativas anteriores, uma vez que não há dados individualizados dos testes de cada aluno. As medidas comportamentais de mudança conceitual consideradas consistiram na identificação por escrito da correção ou não de afirmações concernentes às concepções alternativas e científicas.

O segundo trabalho considerado para efeito de estudo de caso foi a pesquisa realizada por Hewson (1985), na qual foram programadas interações de estudantes (adolescentes) com um programa de computador desenvolvido para investigar a aprendizagem do conceito de velocidade. Segundo Hewson (1985; p. 685), existem implicações diretas do modelo de mudança conceitual para o delineamento de práticas de ensino, dentre as quais caberia destacar: (1) Diagnóstico. É necessário saber se um dado estudante tem ou não em consideração uma dada concepção alternativa, o que somente pode ser feito usando-se um teste diagnóstico; (2) Remediação - a diminuição do status da concepção. O modelo indica que é razoável assumir que um estudante mantém uma concepção porque seu status é, no mínimo, IP. No entanto, se esta concepção é irreconciliável com outra nova a ser ensinada, então, é impossível para o status da nova concepção subir a IP até que o status da concepção existente diminua. Isto significa que é necessário voltar-se para a antiga concepção com a intenção explícita de criar insatisfação com esta, diminuindo, portanto, seu status; (3) Remediação - o aumento do status. Para tornar uma nova idéia inteligível ao estudante, é necessário o esforço despendido pelos professores para explicá-la.

O programa utilizado por Hewson (1985) foi projetado para dirigir-se a uma concepção alternativa de velocidade, diagnosticando, inicialmente, estudantes que usam um critério de posição para julgar quando dois objetos movem-se com a mesma velocidade, e posteriormente, promovendo seqüências de remediação cujo alvo era persuadir estes estudantes a mudar para um critério aceito cientificamente. Consistia de três fases. Na fase de introdução, o estudante se familiarizava com os controles usados para a entrada de respostas e era informado sobre a tarefa, a saber, identificar em que momentos os dois carros exibidos no monitor estavam movendo-se à mesma velocidade. A fase diagnóstica consistiu de seis corridas diferentes entre os dois carros. A instrução era pressionar o botão quando o estudante achasse que os carros moviam-se na mesma velocidade. Ao fim das seis corridas, o estudante tinha um escore para o critério correto (C), para o critério de posição (P), e para respostas aleatórias (X). Um escore de 0 ou 1 em qualquer categoria era desconsiderado. Um estudante cujo escore fosse  $C > 4$ ,  $P < 2$  e  $X < 2$  era considerado competente, era congratulado e o programa era finalizado. Todos os outros estudantes eram dirigidos à fase de remediação do programa. Esta fase consistiu de duas corridas que, de acordo com o modelo de mudança conceitual, foram designadas para apontar problemas em usar o critério de posição para comparar velocidades. Ao estudante era solicitado que pensasse em ambas corridas em termos da seguinte questão, que era mostrada no topo da tela: "estão ambos os carros movendo-se à mesma velocidade - quando estão no mesmo lugar?". Na primeira corrida o carro B ficava parado no centro da tela enquanto o carro A deslocava-se de um lado a outro da tela numa velocidade constante. Na segunda corrida, ambos os carros mantinham a mesma velocidade através da tela, o carro A mantendo uma distância constante

atrás do carro B. Ao fim da primeira corrida, as seguintes questões eram perguntadas: em qualquer estágio da corrida (1) estavam os carros no mesmo lugar, ao mesmo tempo? (2) estavam os carros movendo-se à mesma velocidade? Respostas incorretas a estas perguntas eram indicadas ao estudante, e este tinha a opção de repetir as corridas. Depois que as duas questões eram respondidas, a primeira corrida era resumida da seguinte forma: "uma vez nesta corrida, eles estiveram no mesmo lugar ao mesmo tempo (o centro da tela), mesmo que um estivesse em movimento e o outro em repouso. Então a resposta à pergunta no topo da tela é 'Não!'" (HEWSON, 1985, p. 687). Ao fim da segunda corrida, as perguntas acima são repetidas e a corrida é resumida da seguinte forma: "em nenhum estágio desta corrida eles estiveram no mesmo lugar juntos. No entanto eles estiveram sempre se movendo à mesma velocidade. Então, carros não precisam estar no mesmo lugar para mover-se à mesma velocidade" (HEWSON, 1985, p. 687). Após o término da fase de remediação, o estudante tinha a opção de repetir a fase de diagnóstico ou desistir.

Os principais resultados indicaram um significativo aumento do escore C e diminuição do escore P, após a fase de remediação, nas respostas individuais dos sujeitos. Num grupo de 7 estudantes, houve um aumento de 24 no número de respostas C e uma diminuição de 17 no número de respostas P. Noutro grupo de 14 estudantes, houve aumento de 29 no número de respostas C e diminuição de 29 no número de respostas P. Em alguns casos individuais, estudantes que demonstraram aumento no escore C não apresentaram diminuição no escore P, por vezes apresentando também aumento no escore P. A medida comportamental utilizada para a avaliação da ocorrência ou não de mudança conceitual, neste caso, foram respostas de identificação de velocidades equivalentes de carros simulados em computador, mediante a pressão de um botão. Em entrevistas e questionários posteriores à aplicação do programa, era também solicitado aos estudantes que respondessem oralmente ou por escrito qual o critério correto que então utilizavam para comparar velocidades.

O trabalho descrito em Zietsman e Hewson (1986), o terceiro estudo de caso, mostra-se muito semelhante a Hewson (1985). Os autores compararam o desempenho de alunos após seqüências de instrução utilizando o software descrito por Hewson (1985) e seqüências de instrução utilizando um aparato que permitia repetir o movimento relativo de duas bolas num trilho inclinado. Os autores buscavam responder às seguintes perguntas de pesquisa: (1) Há alguma diferença entre os conceitos de velocidade identificados usando-se o movimento relativo de objetos reais e uma simulação em microcomputador de tal movimento? (2) Há algum efeito sobre as concepções de velocidade de estudantes como resultado de seu trabalho através da parte diagnóstica do programa de computador? (3) Há algum efeito sobre as concepções de velocidade dos estudantes como resultado de seu trabalho através da parte de remediação do programa? Participaram 34 estudantes de uma escola de ensino médio e 40 calouros de um curso de física na Universidade de Witwatersrand. Uma amostra de vinte e dois calouros ocupou-se com a primeira pergunta. Foram direcionados para a segunda e terceira perguntas apenas aqueles estudantes identificados como possuindo a concepção alternativa de velocidade para investigar os efeitos das seqüências remediativas do programa. Ao todo, 13 estudantes secundários e 12 calouros foram identificados e aleatoriamente alistados para os grupos experimental e controle. Os estudantes secundários não haviam recebido instrução formal em cinemática. Os calouros receberam instrução intensiva em cinemática, em ambos os níveis secundário e universitário. Foram usados dois testes diagnósticos como pré-teste. O primeiro (A.DT) envolvia a observação do movimento de dois objetos num trilho. Pequenas entrevistas não-estruturadas foram conduzidas enquanto os calouros eram testados desta maneira. O segundo pré-teste diagnóstico (MC.DT) consistia na primeira fase do programa descrito em Hewson (1985) e foi usado como pós teste em todos os casos. A seqüência de remediação (MC.RS) do programa de Hewson (1985) foi usado como "tratamento" para os grupos experimentais e para o grupo controle de calouros na série de experimentos de tempo descrita abaixo. O registro do escore dos sujeitos no

programa era semelhante ao de Hewson (1985), com a diferença de que era calculado um escore combinado (P+X) para determinar a diferença entre respostas corretas e incorretas. A pesquisa consistiu dos seguintes estágios:

Calouros: (1) A.DT e MC.DT administrados como pré-testes em ordem aleatória. (2) Sujeitos identificados como não pertencendo uma concepção correta de velocidade alistados para os grupos experimental e controle. (3) Sujeitos do grupo experimental trabalharam em MC.RS. (4) Uma semana depois, MC.DT foi administrado para os sujeitos do grupo controle como segundo pós-teste. (5) Uma semana depois, MC.DT foi administrado para os sujeitos do grupo controle como pós-teste no experimento de série de tempo. (6) Três membros do grupo controle que ainda não eram competentes trabalharam em MC.RS. (7) Uma semana depois, MC.DT foi administrado para três membros do grupo controle como terceiro pós teste no experimento de série de tempo. Estudantes secundários: (8) MC.DT administrado como pré-teste. (9) Sujeitos identificados como não possuindo uma concepção correta de velocidade alistados para grupos experimental e controle. (10) Grupo experimental trabalhou em MC.RS. (11) Uma semana depois, MC.DT administrado para os grupos experimental e controle como pós-teste.

O procedimento descrito acima incorporava três experimentos separados. De um lado, dois experimentos pré-teste/pós-teste grupo controle foram conduzidos para estudantes secundários e calouros. De outro, o grupo controle dos calouros foi usado num experimento de série-tempo (CAMPBELL e STANLEY, 1963 *apud*. ZIETSMAN e HEWSON, 1986), cuja essência é a presença de um processo periódico de medida no grupo e a introdução de uma mudança experimental (a seqüência remediativa) neste tempo de medidas. No tocante aos resultados, os dados demonstraram semelhança àqueles apresentados pelo estudo descrito por Hewson (1985), com diminuição do escore P e aumento do escore C. Segundo os autores, tal resultado confirmaria a conclusão de Hewson e Hewson (1983) de que a razão para a aquisição de conceitos científicos fora a diminuição ou mesmo eliminação das concepções alternativas. As medidas comportamentais utilizadas para a avaliação dos resultados neste estudo foram as mesmas do estudo de Hewson (1985), com adição de respostas orais coletadas nas entrevistas aplicadas após o A.DT.

Mesmo diante das diferenças metodológicas acima descritas na condução das investigações sobre mudança conceitual, em linhas gerais, os seus respectivos autores admitiram a obtenção de medidas comportamentais consistentes com a hipótese da ocorrência da "mudança conceitual". No primeiro estudo, o que era considerado como medida de mudança conceitual por parte dos alunos era a identificação por escrito da correção ou não de afirmações concernentes às concepções alternativas e científicas; nos dois últimos estudos, a identificação de velocidades equivalentes de carros simulados em computador, mediante a pressão de um botão. No primeiro estudo, os dados referiam-se ao desempenho de grupos; nos dois últimos, ao desempenho individual dos sujeitos.

## ANÁLISES E REVISÕES DO MODELO

### Hewson e Thorley, 1989

Numa revisão do modelo de mudança conceitual e das críticas dirigidas a ele, Hewson e Thorley (1989) centram atenção nas condições necessárias para que uma pessoa experiencie mudança conceitual, argumentando que a "mudança no status das concepções é central ao modelo de mudança conceitual". Por status de uma concepção compreende-se "a extensão pela qual a concepção atinge as três condições (ser inteligível, plausível e frutífera). Expresso nestes termos, o modelo de mudança conceitual está relacionado à mudança, isto é, aumento ou diminuição, do status das concepções" (p.542). Os autores examinam de que maneira o modelo foi utilizado na literatura, considerando o tipo de evidência necessária para decidir se as

condições para mudança conceitual foram atingidas, e a evidência que estudantes dão sobre o status de suas concepções.

Os autores avaliaram diversos trabalhos que fizeram uso do modelo de mudança conceitual no projeto de seqüências de instrução, avaliando em que medida estes trabalhos explicitavam ou não, em suas metodologias, estratégias para o diagnóstico e alteração do status das concepções. Segundo os autores, embora os estudos afirmassem sucesso em promover mudança conceitual, a relevância a relevância específica do modelo de mudança conceitual no projeto, e especialmente na implementação de estratégias é com frequência menos que clara (HEWSON e THORLEY, 1989; p. 544)

Hewson e Hewson (1983), por exemplo, "fornece a primeira implementação relatada do modelo de mudança conceitual, lidando com o conceito de densidade. Aqui, a tradução no modelo de instrução apóia-se nas idéias de integração conceitual, diferenciação, troca e ligação, causadas largamente através de discussão. Infelizmente, mais uma vez, o papel das condições nas interações em sala de aula e outras situações de aprendizagem é difícil de ser julgado" (HEWSON e THORLEY, 1989 p. 544). Dois outros trabalhos analisados (HEWSON, 1985; ZIETSMAN e HEWSON, 1986) utilizavam seqüências de instrução deliberadamente projetadas para diminuir o status de concepções alternativas e aumentar o status de concepções científicas de posição e velocidade. Os autores afirmam que as intervenções provaram-se efetivas em causar mudança conceitual, fornecendo suporte para o valor do modelo de mudança conceitual no projeto de instrução. No entanto, os dados que ilustrariam o papel desempenhado pela inteligibilidade e plausibilidade das concepções, como vistas pelos estudantes, está indisponível. Sem tais dados, o modelo, enquanto um modelo de aprendizagem, não pode ser considerado como tendo sido propriamente testado.

Para que o status das concepções possa ser avaliado, os autores afirmam serem necessários comentários dos próprios aprendizes sobre suas concepções, pois as condições apontadas como necessárias para a ocorrência de mudança conceitual referem-se ao ponto de vista do aprendiz. Os professores devem então ser capazes de "diagnosticar as concepções que os estudantes usam para interpretar fenômenos e monitorar o status de velhas e novas concepções nas mentes dos estudantes. Eles devem, portanto, incluir em seu repertório questões que eliciem comentários sobre o status, isto é, que encorajem metacognição" (HEWSON e THORLEY, 1989; p. 551). A maior parte das críticas descritas no artigo, no entanto, não se refere diretamente à validade do modelo baseada em dados experimentais, mas sim em argumentos teóricos e epistemológicos.

### **Strike e Posner, 1992**

Em 1992, Strike e Posner propuseram uma revisão do modelo originalmente proposto em 1982. Nesta revisão, os autores assumem que a proposta submetida não descrevia uma visão detalhada da aprendizagem que poderia ser aplicada diretamente em sala de aula. Afirmam também que a teoria não é uma teoria geral de desenvolvimento cognitivo, mas sim uma tentativa de sugerir como conceitos que se provaram resistentes à instrução poderiam ser alterados. Também admitem que sua "teoria não é apoiada em nenhuma evidência experimental. Diferentemente, aponta aqueles tipos de evidência que a pesquisa em filosofia e história da ciência sugeriu como relevantes para maiores revisões conceituais" (p. 155). Sem abandonar seus compromissos epistemológicos, os autores apresentam três pontos questionáveis do modelo: 1. Em sua formulação original frequentemente falaram como se as concepções alternativas ou concepções prévias fossem claramente articuladas e simbolicamente formuladas. Esta suposição já não lhes parece mais óbvia. Mostra-se, ao contrário, duvidosa em dois aspectos. Primeiro, é inteiramente possível que concepções alternativas, principalmente aquelas de aprendizes mais novos, existam em formas icônicas de representação. Segundo, pode ser que tais concepções alternativas inexistam em qualquer forma de representação, mas sim como vários fatores na

ecologia conceitual que funcionam para selecionar alguma representação de uma concepção alternativa quando houver oportunidade para tal; 2. Uma segunda suposição que parece implícita na primeira formulação é que as concepções científicas, bem como as alternativas são afetadas pela ecologia conceitual, mas não são elas mesmas parte desta ecologia. Elas, no entanto, devem ser vistas como partes da ecologia conceitual e todas as partes desta devem ser vistas como dinâmicas e em constante interação e desenvolvimento; 3. Uma terceira dificuldade com a formulação inicial de sua teoria era sua tendência em ver a mudança conceitual como essencialmente racional. Tal suposição, segundo os autores, deixa escapar variáveis importantes como a motivação do aluno.

Tais críticas sugeriram cinco conclusões específicas acerca das modificações requeridas na teoria, sendo elas: (1) Uma gama maior de fatores devem ser levados em conta na tentativa de descrever a ecologia conceitual de um aprendiz. Motivos e objetivos e suas fontes institucionais e sociais precisam ser consideradas. A idéia de uma ecologia conceitual, portanto, precisa ser maior que os fatores epistemológicos sugeridos pela história e filosofia da ciência; (2) Concepções científicas correntes e concepções alternativas não são apenas objetos sobre os quais a ecologia conceitual do aprendiz atua; são elas próprias parte da ecologia conceitual do aprendiz. Portanto, devem ser vistas em interação com outros componentes; (3) Concepções científicas e concepções alternativas podem existir em diferentes modos de representação e em diferentes graus de articulação. Elas podem não existir, mas podem facilmente parecer existir, porque sob instrução ou em pesquisa elas são geradas por outros elementos da ecologia conceitual; (4) Uma visão desenvolvimentista de ecologias conceituais é necessária; (5) Uma visão interacionista de ecologias conceituais é necessária. Por fim, Strike e Posner (1992) afirmam serem os dois últimos pontos os mais importantes de sua revisão.

## DISCUSSÃO

Do ponto de vista da análise comportamental empreendida, as características que definem os processos de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos, aceitos de modo consensual na literatura pertinente em Educação em Ciências, mostram-se legítimas e consistentes.

As análises e revisões do modelo aqui descritas pleitearam alterações do modelo que pareciam visar alterações nos projetos de seqüências de instrução e na implementação destas. Hewson e Thorley (1989) avaliam a pertinência e a validade dos trabalhos desenvolvidos com base no modelo de mudança conceitual a partir de aspectos que dizem mais respeito à prática do professor em sala de aula do que mais especificamente à atividade do aprendiz. Strike e Posner (1992) dão a entender que sua teoria se direciona mais diretamente a auxiliar professores a elaborar seqüências instrucionais ao afirmar que a formulação inicial da mesma não é uma teoria geral de desenvolvimento cognitivo, mas sim uma tentativa de sugerir como conceitos que se provaram resistentes à instrução poderiam ser alterados. Ambos estudos parecem, portanto, demonstrar uma atenção parcial, necessária, mas não suficiente, para questões que, sob o ponto de vista da análise comportamental, são de fundamental importância para a compreensão do fenômeno ora estudado.

A mudança conceitual expressa, em termos de um modelo proposto, os efeitos de determinadas intervenções, usualmente planejadas de modo intencional, sobre a ação de alunos na interação com atividades de questionários, experimentação, demonstração, dentre outras. Independente da opção por apresentar os efeitos das intervenções mencionando dados de grupos de alunos ou, diferentemente, indicando, de modo mais específico e em separado, medidas anteriores e posteriores de alunos, os resultados discutidos convergem em apontar alterações nas respostas após as intervenções.

A análise comportamental do modelo de mudança conceitual estabelece, de início, a necessidade de se diferenciar entre resposta e comportamento, ou seja, entre, de um lado, uma

ação isolada e pontual (resposta) e, de outro, as relações entre condições físicas e sociais que antecederam e que foram posteriores a ela (comportamento). Deste modo, uma resposta sustenta valor informativo muito restrito para fundamentar inferências sobre a ocorrência ou suposições sobre a amplitude de uma alteração ou mudança conceitual. Impõe-se, ao contrário, a necessidade da descrição e da caracterização das relações que definem os conhecimentos prévios, as estratégias de intervenção e os fazeres posteriores a tal intervenção. Conhecimentos prévios ou concepções alternativas são comportamentos, ou seja, são respostas em relação às condições (antecedentes e posteriores) nas quais são registradas. Caracterizar o status de uma concepção alternativa não se resume a descrever a resposta de um aluno. Exige, em acréscimo, especificar e descrever as ações do ambiente que atuam em interação com as ações do aprendiz.

Por seu turno, as estratégias de intervenção podem ser definidas considerando as intenções de quem as executa na interação com alunos ou, diferente e preferencialmente (KUBO e BOTOMÉ, 2001), definidas pelos efeitos esperados ou gerados nesses. A análise comportamental salienta a importância de se especificar se os nomes das intervenções que definem as estratégias de ensino indicam o fazer do educador (p.ex., integração, diferenciação, troca, ligação conceitual) ou, diferentemente, expressam intenções sobre algo que deveria ser executado pelo aprendiz em termos de objetivos dessas estratégias. De acordo com essa segunda possibilidade, mantém-se ainda indefinida e sem visibilidade a especificação dos fazeres, das ações funcionalmente relacionadas com as medidas que definem os objetivos pretendidos.

Destarte, a análise comportamental advoga, com base no acervo bibliográfico ora considerado, que contribuições efetivas para a interpretação dos processos de ensino e de aprendizagem de conceitos científicos poderiam ser decorrentes da descrição das semelhanças e das diferenças dos instrumentos e, principalmente, das interações que definem: a) a obtenção das medidas comportamentais de conhecimentos (e não de respostas) prévios e posteriores à intervenção; b) as intervenções intencionalmente planejadas e as condições de avaliação que sucedem a tais intervenções.

Estima-se que as descrições das ações dos aprendizes em interação com condições de aferição de conhecimentos prévios, assim como a descrição dos conhecimentos construídos em interação com as condições de ensino, permanecem invariavelmente circunscritas a determinados contextos e podem restringir sobremaneira o alcance com o qual se supõe que as alterações observadas correspondam ao sentido atribuído à mudança conceitual. Identificar a consistência com a qual determinadas alterações ou mudanças de status manifestam-se e são mantidas nos padrões de interação do aprendiz com distintas e variadas situações de ensino e de aprendizagem mostra-se, à luz de uma análise comportamental, como um recurso diretamente comprometido com duas diretrizes importantes para a área de Ensino de Ciências: (1) com a melhoria dos critérios de análise dos fenômenos estimados relevantes para as pesquisas e intervenções nessa área; e (2) com a necessidade, já explicitada na literatura pertinente (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 2001a; 2001b), de programas de formação profissional (inicial e continuada) de docentes priorizarem estratégias que garantam a ampliação significativa das habilidades dos docentes para propor condições e práticas variadas e bem fundamentadas para a construção das distintas modalidades de conteúdos curriculares e para a interpretação das medidas comportamentais decorrentes da execução dessas condições e práticas.

## REFERÊNCIAS

- BRIDGMAN, P. *The logic of modern physics*. New York: The McMillan Company, 1928.
- BAUM, W. *Compreender o Behaviorismo: Ciência, comportamento e cultura*. Porto Alegre: ArtMed Editora, 1999.
- CARVALHO, A.M.P. Critérios estruturantes para o ensino de Ciências. In: \_\_\_\_\_ (org.) *Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2004, p. 1-17.

- CARVALHO, A.M.P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências: Tendências e inovações*. 6ª edição. São Paulo: Cortez Editora, 2001a.
- CARVALHO, A.M.P.; GIL-PÉREZ, D. O saber e o saber fazer do professor. In Castro, A.D.; Carvalho, A.M.P. (orgs.) *Ensinar a ensinar: A didática para a escola fundamental e média*. São Paulo: Editora Pioneira Thomson Learning, 2001b, p. 107-124.
- DRIVER, R.; EASLEY, J. Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 5, 1978, p. 61-84.
- HEWSON, P. W. A Conceptual Change Approach to Learning Science. *European Journal of Science Education*, 3(4), p. 383-396, 1981.
- HEWSON, P. W. Diagnosis and remediation of an alternative conception of velocity using a microcomputer program. *American Journal of Physics*, 53(7), p. 684-690, jul 1985.
- HEWSON, P. W.; HEWSON, M. G. Effect of Instruction Using Students' Prior Knowledge and Conceptual Change Strategies on Science Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(8), p. 731-743, 1983.
- HEWSON, P. W.; THORLEY, N. R. The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11(special issue), p. 541-553, 1989.
- KUBO, O.; BOTOMÉ, S. Ensino-aprendizagem: Uma interação entre dois processos comportamentais. *InterAção*, 5, 2001, p. 133-171.
- KUHN, T. S. *A Estrutura das Revoluções Científicas*. São Paulo: Perspectiva, 2001.
- LUNA, S. Contribuições de B.F. Skinner para a Educação. In Placco, V. (org.) *Psicologia e Educação: Revendo contribuições*. São Paulo: EDUC/FAPESP, 2002, p. 145-179.
- MARÍN, N. Delimitando El Campo de Aplicación Del Cambio Conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 80-92, 1999 (a).
- MARÍN, N. Del cambio conceptual a la Adquisición de Conocimientos: Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual de J. M. Oliva. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 109-114, 1999 (b).
- MOREIRA, M. A.; GRECA, I. M. Cambio Conceptual: Análisis Crítico y Propuestas a la luz de la Teoría del Aprendizaje Significativo. *Ciência e Educação*, 9(2), p. 301-315, 2003.
- MORTIMER, E. *Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.
- OLIVA, J. Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (1), 1999, p. 93-107.
- POSNER, G.; STRIKE, K.; HEWSON, P.; GERTZOG, W. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science education*, 66(2), p. 211-227, 1982.
- SKINNER, B.F. The operational analysis of psychological terms. *Psychological Review*, 52, 1945, p. 270-277.
- SKINNER, B.F. Behaviorism at fifty. *Science*, 140, 1963, p. 951-958.
- SKINNER, B.F. *Contingencies of reinforcement*. New York: Appleton Century Crofts, 1969.
- SKINNER, B.F. Whatever happened to Psychology as the science of behavior? *American Psychologist*, 42 (8), 1987, p. 780-786.
- SKINNER, B.F. Can Psychology be a science of mind? *American Psychologist*, 45 (11), 1990, p. 1206-1210.
- STRIKE, K. A.; POSNER, G. J. A Revisionist Theory Of Conceptual Change. In: Duschl, R. <sup>a</sup>; Hamilton, R. J. (Eds.) *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. Albany, NY: SUNY, 1992. p. 147-176.
- ZIETSMAN, A. I.; HEWSON, P. W. Effect of Instruction Using Microcomputer Simulations and Conceptual Change Strategies in Science Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), p. 27-39, 1986.