

**A MUDANÇA CONCEITUAL: ANÁLISE CRÍTICA E PROPOSTAS À LUZ  
DA TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA \*§**  
(Conceptual change: critical analysis and proposals in the light of the meaningful  
learning theory)

**Marco Antonio Moreira**  
**Ileana María Greca**  
Instituto de Física - UFRGS  
Caixa Postal 15051 - Campus do Vale  
91501-970 Porto Alegre, RS

**Resumo**

Faz-se uma análise crítica do tema mudança conceitual, ao longo de um período de 20 anos, a partir de uma revisão parcial da literatura e do referencial da teoria da aprendizagem significativa. Em tal análise destaca-se a necessidade de atribuir significados ao conceito de mudança conceitual que não suponham a ideia de substituição de concepções na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, e se propõem significados na linha da aprendizagem significativa, de discriminação de significados, de desenvolvimento/enriquecimento conceitual, de evolução conceitual.

**Palavras-chave:** mudança conceitual; aprendizagem significativa; evolução conceitual.

**Abstract**

A critical analysis of the conceptual change issue, over a twenty-year period, is done in the light of a partial review of the literature and of the meaningful learning theory. In this analysis, the need of assigning new meanings to the concept of conceptual change that do not imply the idea of substitution or replacement of conceptions, in the learners's cognitive structure, is stressed, and meanings in the line of discrimination of meanings, conceptual development/enrichment, and conceptual evolution are proposed.

**Keywords:** conceptual change; meaningful learning; conceptual evolution.

**Introdução**

Segundo Pozo (1993, p. 193), *se a década dos setenta foi para o ensino da ciência a “era de Piaget”, a década dos oitenta pode qualificar-se muito bem como “a época das concepções alternativas”*. A insatisfação com o conceito piagetiano de estágio, unida a vários

---

\* Adaptado dos trabalhos “On C-mapping, V-mapping, conceptual change and meaningful learning” apresentado no III Seminário Internacional sobre Concepções Alternativas e Estratégias Educacionais em Ciências e Matemática”, Ithaca, Cornell, de 1 a 4 de agosto de 1993 e “Mudança conceitual: crítica a modelos atuais e uma proposta à luz da teoria da aprendizagem significativa” apresentado no II Simpósio sobre Pesquisa em Educação em Física, Buenos Aires, Argentina, 3 a 5 de agosto de 1994, na Conferência Internacional “Science and Mathematics Education for the 21<sup>st</sup> Century: Towards innovatory approaches”, Concepción, Chile, de 26 de setembro a 1<sup>o</sup> de outubro de 1994, e no Seminário Oficina sobre Inovações no Ensino das Ciências Naturais na Educação Fundamental, Montevideo, Uruguai, 24 a 28 de outubro de 1994.

§ MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, Ileana Maria. Mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315, 2003.

fatores psicológicos y didáticos, fez com que as pesquisas se orientassem progressivamente ao estudo das ideias dos alunos sobre fenômenos científicos específicos.

Entretanto, se encaixarmos na “época das concepções alternativas” também alguns trabalhos pioneiros, como as teses doutorais de Driver (1973) e Viennot (1979), que tratavam basicamente da detecção de concepções alternativas, concluiremos que essa época começou, de fato, nos anos setenta.

Uma amostra disto são os resultados apresentados na revisão dos trabalhos publicados na área do ensino das ciências realizada por Pfundt e Duit (1994). Em 1970 Duit contabiliza 76 trabalhos que abordam este tema, passando a 242 entre 1970-1979, 1220 em 1980-1989, e 1818 entre 1990-1994, chegando a aproximadamente 5000 em 2000 (Pfundt e Duit, 2000). Se compararmos, por exemplo, os trabalhos sobre novas formas de ensino publicados nos mesmos períodos – 6, 30, 349 e 696, respectivamente – podemos observar que a maior parte da pesquisa na área se centrou nestes estudos sobre as concepções dos estudantes.

Como se observa nesses dados, até os anos noventa, continuaram-se fazendo estudos que não eram simples levantamento de concepções alternativas. Mas em termos de evolução da pesquisa em concepções alternativas, os estudos nitidamente de identificação de tais concepções parecem ser mais característicos dos anos setenta até, talvez, os primeiros anos oitenta. Esses estudos -- que foram extremamente importantes para o desenvolvimento da pesquisa em didática das ciências -- confirmaram com abundantes dados que os alunos têm suas teorias pessoais implícitas (Pozo, 1992; Rodrigo, Rodríguez e Marrero, 1993) e que tal conhecimento prévio é um fator muito relevante para a aprendizagem das teorias científicas. Talvez se possa dizer, sem muito risco, que a pesquisa sobre as concepções alternativas confirmou o que dizia Ausubel (1963, 1968) alguns anos antes: o conhecimento prévio é o fator isolado que mais influencia na aprendizagem.

O impacto dos primeiros estudos sobre concepções alternativas não somente resultou em uma quantidade enorme de pesquisas da mesma natureza, mas também em pesquisas com outros objetivos. Como é a interação entre o conhecimento prévio e um novo conhecimento aparentemente incompatível? Por que persiste o conhecimento prévio? Através de quais processo(s) as pessoas mudam suas concepções alternativas por concepções aceitas no contexto científico? Como ocorre a mudança conceitual?

Tantas foram as tentativas de responder questões desse tipo, isto é, respeito à mudança conceitual que não seria um exagero classificar a década dos oitenta, no que se refere à pesquisa em didática das ciências, como a “década da mudança conceitual”.

Neste trabalho tentamos analisar criticamente o que aconteceu com a ideia de mudança conceitual desde essa década e propomos novos significados para este construto. Em termos de datas, estamos falando, mais ou menos, do período que vai desde 1982/83 até 2002/2003. Estas posições estão respaldadas, em parte, por um estudo feito por Moreira (1993) para a revista *Enseñanza de las Ciencias* respeito a tudo o que foi publicado em suas páginas em seus dez primeiros anos (1983-1992), mas refletem, sobretudo, nossa experiência como pesquisadores em ensino das ciências e como teóricos da linha da aprendizagem significativa de Ausubel e Novak (1978; Moreira e Masini, 1982; Moreira, 1983, 1985, 1991; Moreira e Buchweitz, 1993; Moreira, 1999, 2000).

## A década da mudança conceitual

Apesar de que, como bem destaca Pozo (1992, p. 5), segundo Piaget o progresso no conhecimento científico é essencialmente estrutural e não conceitual, como sugerem os estudos sobre mudança conceitual, é exatamente em um constructo de este autor que se pode encontrar um primeiro modelo explicativo para este tipo de mudança. Em particular, a concepção piagetiana de acomodação dá uma possível explicação:

*“Por muito tempo se aceitou que a acomodação cognitiva requer alguma experiência que provocaria um estado de desequilíbrio, dissonância ou conflito cognitivo no aluno. Implicitamente se admitia que tal conflito conduziria a uma acomodação cognitiva que apareceria como uma imediata mudança conceitual”* (Nussbaum, 1989, p. 537).

Em uma situação de ensino formal, a estratégia de conflito implicaria que o professor gerasse uma dissonância cognitiva no aluno suficientemente grande como para levar a uma acomodação, mas não tão grande como para conduzir ao abandono da tarefa. O resultado da acomodação seria uma mudança conceitual.

Silveira (1991), por exemplo, propôs uma estratégia em que o professor começaria a aula como se as concepções alternativas dos alunos fossem cientificamente corretas, usando-as para explicar alguns fenômenos físicos com total acordo dos alunos. Mas, continuando, o uso de tais concepções deveria levar a conclusões errôneas, além de não ser capaz de explicar umas quantas situações físicas.

Para Nussbaum (ibid.), a estratégia de conflito cognitivo recorda a visão de Karl Popper (1987) que mantém que as teorias são falseadas e rejeitadas em base a um experimento crucial. Entretanto, outros filósofos da ciência argumentam que há outros mecanismos para rejeitar teorias. O conflito entre a teoria vigente e a contra-evidência gerada pelo experimento crucial não é suficiente para rejeitar a teoria. Hipóteses *ad hoc*, por exemplo, podem ser sempre propostas pelos cientistas para salvar a teoria.

Analogamente, o conflito cognitivo, por mais crucial que possa ser, não parece ser suficiente para rejeitar definitivamente uma concepção alternativa. Os alunos podem sempre propor hipótese auxiliares para salvar suas teorias implícitas. (Segundo Pozo, as concepções alternativas resultam de, ou são, teorias pessoais implícitas com as quais os não peritos em uma área interpretam o que acontece ao seu redor; 1992, p. 7)

Antes de passar a outro modelo de mudança conceitual, cabe reiterar que as estratégias de conflito cognitivo, apesar de aparentemente baseadas em um constructo chave da teoria de Piaget – a acomodação –, não representam a visão piagetiana de mudança, pois a mudança piagetiana é estrutural, relativa a operações cognitivas qualitativamente diferentes, não conceitual, referente a conceitos específicos.

Mais perto das visões filosóficas de ciência de Thomas Kuhn (1978) e Imre Lakatos (1989) que da visão de Karl Popper, Posner et al. (1982) propuseram um modelo de mudança conceitual que se popularizou na década de oitenta.

Segundo tal modelo, apesar de que existam várias condições para a mudança conceitual, há quatro que parecem ser comuns na maioria dos casos (op. cit. p. 214):

1. *Deve existir uma insatisfação com as concepções existentes.* É improvável que cientistas e alunos façam mudanças radicais em seus conceitos a menos que percebam que pequenas mudanças não funcionam mais.
2. *Uma nova concepção deve ser inteligível.* O indivíduo deve ser capaz de entender o novo conceito o suficiente para explorar suas possibilidades.
3. *Uma nova concepção deve parecer inicialmente plausível.* Qualquer novo conceito adotado deve pelo menos parecer que tem a capacidade de resolver os problemas gerados por seus predecessores.
4. *Uma nova concepção deve sugerir a possibilidade de um programa de pesquisa frutífero.* O novo conceito deve ter o potencial de ser estendido a outras áreas, de abrir novas possibilidades.

Resumindo, segundo o modelo de Posner et al., há condições para a mudança conceitual quando existe insatisfação com a concepção que alguém tem e quando o indivíduo se encontra com uma nova concepção (cientificamente aceita) que é inteligível e lhe parece plausível e frutífera<sup>1</sup>. Este modelo, apesar de ter outra base epistemológica (Kuhn) em relação à estratégia de conflito (Piaget/Popper), não é incompatível com ela. Em realidade, Posner e seus colaboradores propuseram o modelo como condição para a acomodação de uma concepção científica, embora não se comprometessem com a teoria piagetiana (op. cit. p. 212).

Outro pesquisador que toma como base o modelo kuhniano de mudança de paradigma para explicar a mudança conceitual do âmbito da Psicologia Cognitiva é Susan Carey (1985, 1991). Segundo Carey, os seres humanos nascemos com sistemas de conhecimento em alguns domínios, como o sistema da linguagem, dos objetos físicos e dos números, que nos permitem organizar os estímulos do mundo exterior. Cada um destes sistemas é aplicado a diferentes conjuntos de entidades e fenômenos, e estão organizados ao redor de certos princípios centrais, diferentes para cada corpo de conhecimentos.

Este conjunto de conhecimentos se constitui em teorias a partir das quais são explicados os conceitos. Estas teorias, ao organizar os estímulos do mundo exterior, permitem que possamos perceber certas coisas como caindo dentro de seu domínio e, portanto, que raciocinemos sobre elas a partir dos princípios que regulam o domínio em questão. Estas teorias de domínio podem sofrer modificações estruturais ao longo da vida, por exemplo, quando os conceitos que delas emergem resultam inadequados para a compreensão do mundo, o que faz Carey postular que os conceitos podem evoluir ou aprender-se a partir do que chama de *mudança conceitual*. Colocando-se em uma posição diferente do inatismo e do empirismo que, embora partindo de pressupostos opostos, consideram que a aquisição de novos conceitos ocorre somente por um processo de "enriquecimento" dos conceitos anteriores.

Carey (1991, p. 258) sustenta que a posição da mudança conceitual permite a alternativa de que os novos conceitos adquiridos possam não ser definíveis nos termos dos conceitos que já se possuem. Mesmo admitindo que alguns aspectos do raciocínio do sentido comum na idade adulta parecem ser somente enriquecimento das teorias iniciais, sustenta que

---

<sup>1</sup> Cabe destacar que existem diferentes versões deste modelo da mudança conceitual, assim como alguns autores que descrevem a mudança conceitual desta maneira contabilizam outros tipos de mudanças como mudanças conceituais (di Sessa e Sherin, 1998). Thagard (1992), por exemplo, usa uma escala de nove mudanças possíveis para analisar casos de mudanças na história da ciência, onde seis delas são consideradas como mudanças conceituais.

a história da ciência e da matemática mostra que a mudança conceitual não só é possível, como existe.

A mudança conceitual que ela propõe envolve mudanças nos princípios centrais (*core principles*) que regem a definição das entidades e as formas de raciocínio sobre as mesmas em um dado domínio, provocando o surgimento de novos princípios, incomensuráveis com os antigos. Estas mudanças podem consistir em diferenciações conceituais, na unificação de conceitos antes considerados como diferentes ou em novas análises que transformam certos conceitos de simples propriedades em relações fundamentais, que levariam tanto a mudanças na posição que os conceitos ocupam nas teorias (conceitos periféricos passam a ocupar posições centrais) como a sua re-localização em novas categorias ontológicas, levando simultaneamente a modificações no domínio dos fenômenos explicados e na natureza das explicações aceitas.

Carey fala então de reestruturações fracas ou fortes, dependendo das partes das teorias pessoais afetadas pela mudança. Ela propõe que o mecanismo fundamental para esta mudança conceitual seria o mapeamento de propriedades de um domínio para outro. Este modelo, entretanto, teve muito pouca influência na pesquisa em ensino das ciências.

### **Será possível a mudança conceitual?**

Os dois primeiros modelos – o do conflito cognitivo e o de Posner et al. – compatíveis e/ou complementares, pareceram tão atrativos aos pesquisadores e aos docentes que geraram um grande número de estudos sobre mudança conceitual nas últimas décadas. Entretanto, parece que ainda estamos no mesmo ponto; não progredimos muito respeito à mudança conceitual. É certo que mudanças conceituais foram relatadas em diferentes disciplinas e em diferentes níveis de ensino. Porém, a persistência de concepções "velhas", "errôneas" ou "alternativas", dependendo da situação, é perturbadora e desalentadora para muitos docentes e pesquisadores.

Na nossa maneira de ver, o problema do modelo piagetiano/popperiano de conflito cognitivo, e do modelo kuhiano do Posner et al. é que eles sugerem a mudança conceitual como uma substituição de uma concepção por outra na estrutura cognitiva do aprendiz. Ou, pelo menos, assim são interpretados por muitos pesquisadores e docentes.

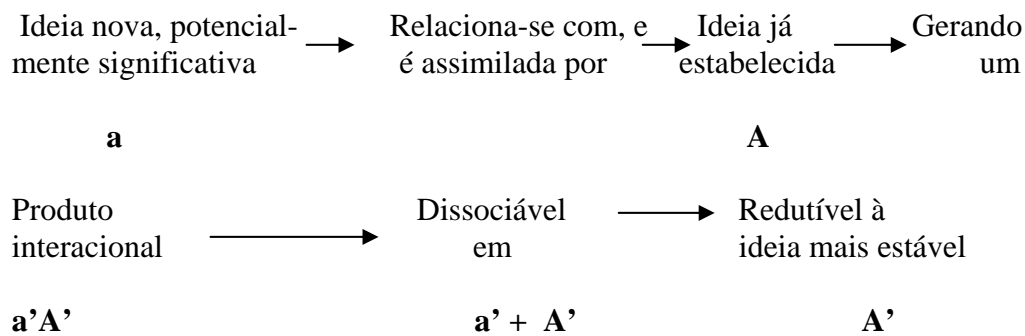
Pensamos que este tipo de mudança conceitual não existe. A propósito, estamos falando de mudar concepções alternativas aprendidas de modo significativo, ou seja, por aprendizagem significativa no sentido utilizado por Ausubel e Novak (1983). Estamos nos referindo a concepções alternativas "resistentes à mudança" como, por exemplo, a "proporcionalidade entre força e velocidade" em vez de força e aceleração, calor como "calórico" não como energia em trânsito, ou as estações do ano como "resultado da variação da distância sol-terra" não de suas posições relativas. Sendo que esses significados são produtos de aprendizagens significativas eles não são "apagáveis". É uma ilusão pensar que um conflito cognitivo e/ou uma nova concepção plausível, inteligível e frutífera conduzirá à substituição de uma concepção alternativa significativa.

Quando as estratégias de mudança conceitual são bem sucedidas, em termos de aprendizagem significativa, o que fazem é adicionar novos significados às concepções já existentes, sem apagar ou substituir os significados que já tinham. Ou seja, a concepção torna-

se, mais elaborada, ou mais rica, em termos de significados adicionados a ela, ou evolui sem perder sua identidade.

### Aprendizagem significativa e mudança conceitual

Segundo Ausubel e Novak, a assimilação de uma nova ideia, ou um novo significado, pode ser descrita da seguinte maneira:



Isto é, o estágio final do processo de assimilação é o subsunçor (ideia-âncora original) modificado. A modificação é no sentido de que ao final do processo ele tem significados que são resíduos de seus significados originais e dos significados adicionais que foram assimilados.

Desde este ponto de vista, a mudança conceitual, no sentido de substituir significados, não existe. A aprendizagem significativa<sup>2</sup> não é apagável; significados internalizados significativamente (isto é, incorporados à estrutura cognitiva de modo não-arbitrário e não-literal) ficam para sempre na estrutura cognitiva do aprendiz, como possíveis significados de um subsunçor mais elaborado, rico, diferenciado. É como se cada indivíduo tivesse sua história cognitiva pessoal e não-apagável.

### Críticas ao modelo de Posner et al.

Desde sua aparição, o modelo da mudança conceitual teve muita influência e foi amplamente aceito, mas nos últimos anos se viu que é inadequado. Não há virtualmente evidências efetivas da ocorrência de mudança conceitual nos alunos (Mortimer, 1995), e os trabalhos de pesquisa dirigidos para provocá-la evidenciam a enorme dificuldade para que esta ocorra (Marin, 1999). Em geral os estudantes não abandonam suas concepções prévias, continuam usando-as majoritariamente nos contextos cotidianos (Duit, 1996). Além desta falta de evidências, a racionalidade do modelo, que deixa de lado fatores não cognitivos como os motivacionais e o contexto da sala de aula, recebeu sérias críticas (Pintrich, Marx e Boyle, 1993). Outros autores questionam também estas restrições do modelo, advogando pela necessidade de pensar no caso da aprendizagem de conceitos científicos em uma mudança que inclua não só o aspecto conceitual, mas também o procedimental e o atitudinal (Gil et al.,

<sup>2</sup> A aprendizagem significativa de novos conhecimentos depende da interação com conhecimentos prévios e essa interação é mediada humana e semioticamente. Porém, neste trabalho não abordaremos a mudança conceitual desde esta perspectiva.

1999) ou, também, que a mudança conceitual exige, antes de mais nada, a mudança de princípios epistemológicos e ontológicos (Pozo e Gómez Crespo, 1998).

### **O modelo de Posner et al. revisado**

Aproximadamente dez anos depois, Strike e Posner (1992) propuseram uma revisão de sua "teoria da mudança conceitual", ou seja, do modelo que estamos chamando o modelo de Posner et al.

Inicialmente argumentaram (op. cit., p. 150) que ao propor a teoria original não estavam descrevendo uma visão de aprendizagem que pudesse ser aplicada imediatamente na sala de aula. Sempre encararam tentativas de considerar as quatro componentes de sua teoria de mudança conceitual como quatro passos instrucionais como uma interpretação errônea de sua proposta. Estavam, isso sim, falando do "núcleo duro" de um programa de pesquisa no sentido lakatosiano. Sua teoria era uma teoria epistemológica, não psicológica, que tinha por trás um conjunto de suposições epistemológicas muito mais generalizáveis que a aplicação que foi feita às concepções alternativas (op. cit., p. 155). Tais suposições sugerem que o problema de compreender o desenvolvimento cognitivo é o de entender como as componentes da ecologia conceitual<sup>3</sup> de um indivíduo interagem e se desenvolvem e como essa ecologia conceitual interage com a experiência.

Depois, sem abandonar seus compromissos epistemológicos, fizeram uma crítica da teoria original (op. cit., pp. 156-161):

1. Na formulação original, frequentemente falava-se como se as concepções alternativas ou pré-concepções fossem claramente articuladas e expressas assim como simbolicamente formuladas. Tal suposição já não lhes parece óbvia. Por exemplo, é possível que concepções alternativas existam em representações icônicas; é possível que as pessoas não tenham crenças sobre como funciona alguma coisa, mas tenham imagens sobre como funciona essa coisa.
2. A teoria inicial, de maneira geral, considera as pré-concepções ou concepções alternativas como afetadas pela ecologia conceitual do aprendiz, mas não dá muita atenção ao modo de elas interagirem com essa ecologia. Entretanto, concepções científicas e concepções alternativas são também parte de uma ecologia conceitual e todas as partes de tal ecologia devem ser vistas como dinâmicas e em constante interação e desenvolvimento.
3. Uma terceira dificuldade com a teoria original era supor a mudança conceitual como basicamente racional. Essa suposição subestima muitos fatores que podem ser parte de uma ecologia conceitual. Por exemplo, o interesse do aluno em obter uma boa nota, ou o efeito da auto-estima na aprendizagem. O aluno pode perceber a questão da mudança conceitual simplesmente como uma tarefa acadêmica, não como uma competição de paradigmas (científico vs. não-científico).

---

<sup>3</sup> Segundo esses autores, uma ecologia conceitual consiste em artefatos cognitivos como anomalias, analogias, metáforas, crenças epistemológicas, crenças metafísicas, conhecimentos de outras áreas e conhecimentos de concepções rivais.

Finalmente, em função dessa crítica, Strike e Posner propuseram cinco modificações necessárias a respeito do seu modelo original (op. cit., p. 162).

1. Um espectro mais amplo de fatores deve ser considerado ao tentar descrever a ecologia conceitual do aprendiz. A ideia de ecologia conceitual deve levar em conta mais fatores além dos epistemológicos sugeridos pela história e filosofia da ciência. Fatores pessoais, sociais e institucionais também devem ser considerados.
2. As concepções científicas e as concepções alternativas não são somente objetos sobre os quais atua a ecologia conceitual do aprendiz, mas são também partes dessa ecologia. Devem ser vistas como interagindo com as outras componentes.
3. Concepções e pré-concepções podem existir em distintos modos de representação e diferentes graus de articulação. Podem inclusive não existir, mas facilmente parecer que existem porque são geradas, na instrução ou em uma pesquisa, por outros elementos de uma ecologia conceitual.
4. É necessária uma visão desenvolvimentista de ecologia conceitual.
5. É necessária uma visão interacionista de ecologia conceitual.

De todos esses pontos, o quarto e o quinto são, para os autores, os mais importantes. Segundo suas palavras (op. cit., p. 163):

*São esses dois últimos pontos os que nos parecem mais importantes. No estudo da mudança conceitual, devemos observar que todos os elementos têm histórias desenvolvimentistas e essas histórias não podem ser entendidas sem sua interação com outros elementos da ecologia conceitual do aprendiz. Nossa visão de mudança conceitual deve então ser mais dinâmica e desenvolvimentista, enfatizando padrões mutáveis de influência mútua entre as várias componentes de uma ecologia conceitual em evolução. Devemos dizer como Heráclito que tudo está em fluxo. Na teoria de mudança conceitual, é difícil passar duas vezes pela mesma ecologia conceitual.*

### **A mudança conceitual como desenvolvimento/enriquecimento/evolução conceitual**

Voltando para a visão de mudança conceitual em termos da teoria da aprendizagem significativa, propomos uma interpretação coerente com a posição revisionista de Strike e Posner, mas mais psicológica do que epistemológica.

Uma concepção (subsunçor) pode ser imaginada como uma nuvem de significados, adquiridos principalmente por assimilação, em desenvolvimento de tal modo que nenhum é eliminado, abandonado, descartado; estão todos sempre presentes, ao menos de maneira residual. Entretanto, significados "aceitos" e "não aceitos" são conscientemente discriminados segundo o nível de conhecimento que alguém tem no contexto da matéria de ensino. Por exemplo, físicos e professores de Física sabem que um possível (mas não aceito cientificamente) significado para o conceito de calor é o de calórico (uma espécie de fluido). Sabem também que um significado alternativo (mas contextualmente errôneo) para a relação entre força e movimento é a proporcionalidade entre força e velocidade. De modo análogo,



muitas pessoas sabem que as estações do ano dependem da posição relativa entre o sol e a terra, mas também sabem que outros pensam que as estações são dependentes da distância sol-terra. Ou seja, eles também têm esse significado (não aceito) em suas estruturas cognitivas.

Em todos esses casos, e em qualquer outro que possamos imaginar, tanto os significados aceitos como os não aceitos estão presentes na concepção que está sendo usada, mas os usuários são capazes de discriminar entre eles contextualmente.

Portanto, nossas estruturas cognitivas podem ser interpretadas como estruturas de concepções, cada uma delas cheia de significados, aceitos ou não em um certo contexto (neste trabalho sempre nos referimos ao contexto científico, mas esta asseveração é geral). Falando de ciência, pode-se dizer que pessoas cientificamente educadas são aquelas que compartilham significados cientificamente aceitos e, conscientemente, distinguem entre estes e os que não são aceitos no contexto da ciência. Do mesmo modo, falando de novatos, em qualquer campo de conhecimento, quando eles aprendem pela primeira vez os significados contextualmente aceitos, seus significados alternativos ainda são mais estáveis e dominantes. À medida que ocorre a aprendizagem significativa, a concepção se desenvolve e aumenta a diferenciação; não obstante, significados já estabelecidos não são substituídos ou apagados: eles podem ficar cada vez menos utilizados, ou não utilizados, mas ainda seguem presentes na concepção que se desenvolve (e fica mais rica), talvez "escondidos" em alguns significados residuais.

Já faz alguns anos, Joan Solomon (1984) disse que *significados que subjazem às concepções alternativas não podem ser obliterados, inclusive quando estão contra a ciência, porque são continuamente reforçados pela linguagem cotidiana* (p. 277). Ela também falou da coexistência de "dois domínios de conhecimento" e que a habilidade dos alunos em *diferenciar* (ênfase agregada) entre eles em Física é indicador de seu êxito na aprendizagem nesta disciplina.

Alguns anos depois, Joseph Nussbaum (1989, p. 538) referindo-se a suas próprias pesquisas disse que elas sugerem que a mudança conceitual tem um padrão evolutivo no qual o estudante mantém elementos substanciais da velha concepção enquanto, gradualmente, incorpora elementos de uma nova concepção. Por conseguinte, se a mudança conceitual for evolutiva, qualquer curso de ciências deve ter um padrão embutido de mudança gradual. Além disso, a exposição às ideias científicas deve começar muito mais cedo que o usual a fim de prover tempo suficiente para a incubação e para o processo de desenvolvimento.

No III Seminário Internacional sobre Concepções Alternativas e Estratégias Educacionais em Ciências e Matemática, realizado na Universidade Cornell, em 1993, David Schuster propôs que "uma estratégia instrucional alternativa é enriquecer a compreensão conceitual junto com a metacognição, considerando as situações holisticamente e pondo em jogo os múltiplos conceitos e terminologias relacionados assim como os modos de raciocínio envolvidos, inclusive as noções de uso cotidiano do aprendiz, acompanhados de *discriminação* (ênfase agregada) conceitual consciente. O título de sua apresentação é sugestivo: From "*misconceptions*" to "*richconceptions*".

Nesse mesmo congresso, Clara Braghiroli (1993) argumentava, em sua apresentação, que *sob a luz da teoria da aprendizagem do Ausubel, concepção alternativa e mudança conceitual são passos normais no processo de aprendizagem, que deve ser considerado como um contínuo que vai de um estado de organização conceitual até outro de maior hierarquia.*

Ainda nesse seminário, Eduardo Mortimer (1993) apresentou um modelo de evolução conceitual na sala de aula que, segundo suas palavras, difere dos modelos usuais no sentido de que admite que é possível utilizar diferentes modos de pensar em diversos domínios e que uma nova concepção não necessariamente substitui ideias prévias e alternativas. Difere também por sugerir que a construção do significado não sempre ocorre por acomodação de significados prévios, mas às vezes pode ocorrer de modo independente. Em outro trabalho, Mortimer (1995), a partir das ideias de Bachelard, propõe a ideia do perfil conceitual, segundo a qual as pessoas, incluídos os cientistas, utilizam distintos modos de pensar em distintos domínios. Neste caso, o ensino deve permitir ao estudante tomar consciência das concepções alternativas e científicas nas diferentes zonas do perfil, sem que seja necessário substituir a inicial com a científica. De forma semelhante, Pozo e Gómez Crespo (1998) propõem que, embora do ponto de vista conceitual os conceitos científicos são mais potentes que os que o aluno possui, do ponto de vista do processamento esses conceitos que os alunos trazem para a sala de aula continuariam sendo eficazes nos contextos informais cotidianos, pelo que seria necessário que o aluno chegasse a estabelecer usos diferenciais para os contextos de aplicação dos diferentes conceitos.

A ideia de campo semântico desenvolvida por Romulo Lins (1994a) também oferece uma perspectiva interessante para a questão da mudança conceitual que, em realidade, também não implica mudança no sentido de substituição. Segundo Lins, campo semântico é “um modo de produzir significados” (p. 31); podemos, por exemplo, produzir significado para a equação  $3x + 10 = 100$  dentro do campo semântico de uma balança, ou dentro do campo semântico do pensamento algébrico. Tirar 10 de cada lado da equação tem significado em qualquer desses campos semânticos. Ainda, o campo semântico da balança não produziria significado para tirar 10 de cada lado da equação  $3x + 100 = 10$  (pois um dos pratos da balança ficaria sem nada). Não obstante, o campo semântico da álgebra sim produziria significado nesse caso.

Um campo semântico corresponde a possibilidades de produzir justificativas (1994b, p. 2). Um enunciado pode ser justificado dentro de distintos campos semânticos, mas cada justificativa corresponde a outro conhecimento. No caso das ciências, há campos semânticos aceitos cientificamente dentro dos quais são produzidos significados cientificamente aceitos para os conceitos científicos (a redundância é necessária!). Entretanto, os aprendizes procuram justificativas também em outros campos semânticos, resultando outros conhecimentos (às vezes não aceitos cientificamente). A aprendizagem das ciências implicaria, então, aproximar-se dos campos semânticos científicos e produzir neles os significados dos conceitos científicos, o que não implicaria apagar outros campos semânticos (como o da balança) que funcionam para o indivíduo e que podem inclusive produzir significados aceitos cientificamente.

Estamos outra vez diante de uma situação de coexistência e discriminação (de campos semânticos nesse caso). No mesmo sentido, Dykstra, Boyle e Monarch (1992) consideram a mudança conceitual como um processo de refinamento progressivo das concepções dos estudantes, propondo uma taxonomia de mudança conceitual consistente de diferenciação, extensão de classe e reconceptualização.

## **Propostas e críticas mais recentes**

Frente aos problemas apontados, outros modelos para a mudança foram propostos (ver, por exemplo, número especial de *Learning and Instruction*, 1994), alguns deles dentro da linha de pesquisa dos modelos mentais. Em um trabalho bastante conhecido, Vosniadou (1994; Vosniadou e Brewer, 1994) utiliza o referencial dos modelos mentais para explicar as dificuldades dos estudantes para a compreensão dos conceitos científicos. Segundo esta autora, as representações que os estudantes geram para compreender uma situação estão determinadas pelas teorias de domínio que os sujeitos têm sobre um determinado conjunto de fenômenos, que por sua vez, adotariam, de forma implícita, a estrutura de certos princípios ou supostos epistemológicos e ontológicos impostos pelas "teorias-marco" ou teorias implícitas (Pozo e Gómez Crespo, 1999). Estes supostos implícitos se constituiriam nos primeiros anos de vida do sujeito e não seriam compatíveis com os pressupostos das teorias científicas, convertendo-se no principal obstáculo para a aprendizagem de conceitos científicos. Gutiérrez (2000), que aponta uma falta de definição, na proposta anterior, dos processos que monitorariam as mudanças nos modelos mentais, coloca que a necessidade do indivíduo de construir modelos mentais coerentes, robustos e consistentes que permitam uma concordância entre seu pensamento e os dados do mundo seria o agente responsável pelo processo de mudança conceitual no caso de sistemas físicos dinâmicos.

Greca e Moreira (2002), articulando a teoria dos campos conceituais de Vergnaud (1983, 1998) com a dos modelos mentais de Johnson-Laird (1983), sugerem que o conhecimento-em-ação do sujeito, contido em seus esquemas de assimilação, participa efetivamente da formação dos modelos mentais de uma determinada situação nova a partir dos quais o sujeito pode realizar inferências, dar explicações, fazer predições, atuar sobre o mundo. Esta relação entre modelos mentais e esquemas seria uma relação dialética: a leitura da realidade a partir dos conhecimentos-em-ação do sujeito influenciaria os modelos mentais, mas o processo de comparação entre os resultados desses modelos mentais (explicações, predições) e o resultado efetivo da situação em si pode levar a modificações nos invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação) do sujeito por causa das inconsistências entre o modelo mental e a situação nova, ou na busca de coerência entre seu pensamento e os dados do mundo externo. Da coincidência ou não do confronto entre as inferências resultantes do modelo mental e os acontecimentos do mundo, os modelos mentais podem ser modificados recursivamente. Se essas modificações acontecerem de forma sistemática respeito a uma classe de novas situações, os próprios esquemas podem ser mudados, sempre que novos invariantes operatórios possam ser derivados das situações enfrentadas. Ou seja, a detecção de invariantes nesses modelos mentais poderia levar o sujeito a construir esquemas apropriados para essas situações e outras semelhantes. Estes autores destacam que este processo de mudança não é automático nem simples (como de alguma forma supõe Gutiérrez), dependendo da estabilidade dos conhecimentos-em-ação do sujeito e de sua capacidade para (re)construir os novos invariantes.

Nenhum dos modelos que descrevemos alcançou uma aceitação tão maciça como o modelo substitutivo da mudança conceitual e, apesar das críticas recorrentes à postura dessa mudança conceitual, continuam se fazendo pesquisas dentro dessa linha. Resulta paradoxal, como indica Marín (1999), que embora numerosas pesquisas mostrem que não há mudança conceitual na mente do aluno, a expressão já se encontra instalada na literatura e seu uso é generalizado. Uma amostra disso é um número recente da revista *Learning and Instruction* (2001) dedicado a práticas instrucionais para a mudança conceitual em domínios científicos. Entretanto, como sublinha Caravita (2001) com relação a esses estudos, mais que observar um processo de construção do conhecimento a partir de uma mudança de conceitualizações, o que se observa é que os estudantes obtêm da intervenção didática informações das quais não eram

conscientes e as aceitam e acreditam nelas. O revolucionário se observaria nas consequências desta aceitação, que permitiria aos estudantes, a partir do novo conhecimento, ter novas perspectivas sobre os fatos que potencialmente lhes possibilitariam novas formas de processar a informação.

Tanto o modelo da mudança conceitual de Posner et al. como várias das propostas alternativas ao mesmo, têm por trás a suposição de que existem pautas análogas na aprendizagem de conceitos por parte dos alunos, em particular em situações de mudança de concepções, às existentes no desenvolvimento das teorias científicas e que, portanto, podem se aplicar aos conceitos dos alunos os esquemas de mudança propostos na filosofia da ciência. Não obstante, é importante destacar que, estritamente falando, não se pode igualar aprendizagem com mudança conceitual: em geral, muitas vezes se iguala tipos de mudança com tipos de aprendizagens. Por outro lado, estabelecer esta distinção é muito difícil. Como argumenta Marín (1999), a mudança conceitual tem que ser considerada apenas como uma orientação didática das muitas que podem existir; a própria teoria de conceitos em que, de forma consciente ou não, se fundamenta, supõe, em grande medida, que a aprendizagem de conceitos ocorre, como indica Carey, a partir de reestruturações fracas e fortes.

Um problema fundamental do modelo de mudança conceitual, desde esta perspectiva, reside na aceitação pouco crítica, em última instância, do suposto de que os mecanismos de mudança conceitual dos que dá conta a filosofia da ciência são semelhantes ou análogos aos que se poderiam dar no sujeito (Marín, 1999). Isto não quer dizer que este paralelismo não tenha um alto poder heurístico, mas sim que, tanto na pesquisa em ensino das ciências como na psicologia cognitiva, tem sido proveitoso para destacar diferenças do que semelhanças (Caravita, 2001).

## Conclusão

Nossas ideias a respeito de “significados não-apagáveis”, “concepções mais ricas”, “nuvens de significados” aceitos e não-aceitos, co-existentes, o nível de discriminação como indicador da aprendizagem significativa e mudança conceitual como desenvolvimento/enriquecimento conceitual, foram desenvolvidas independente dos trabalhos do Solomon, Nussbaum e Lins. Analogamente, tais ideias foram apresentadas no seminário de Cornell (Moreira, 1993) sem ter conhecimento dos trabalhos do Schuster, Braghiroli e Mortimer. Entretanto, nos alegra encontrar respaldo para nossas propostas em todos esses autores. Do mesmo modo, a ideia de mudança conceitual como evolução conceitual encontra forte respaldo na epistemologia de Toulmin (1977), mas não foi por nós utilizada para chegar à dita ideia.

Mais recentemente falamos da mudança conceitual em termos de modelos mentais e invariantes operatórios (Greca e Moreira, 2002). Entretanto, aí discrepamos de outros autores, como Vosniadou e Gutiérrez, que também se referem à mudança conceitual utilizando a ideia de modelos mentais.

Lembremos que “toda mudança, de fato, é mudança de alguma coisa: a mudança pressupõe que algo muda”. Porém, pressupõe-se ainda que, durante a mudança, essa coisa deve permanecer a mesma. *Podemos dizer que uma folha verde muda quando fica amarela, mas não podemos afirmar que houve mudança se a substituirmos por uma folha amarela. O princípio de que o que muda retém sua identidade é essencial à ideia de mudança. Não obstante, o que muda deve tornar-se algo distinto: era verde, tornou-se amarelo; era úmido,*

*tornou-se seco; era quente, tornou-se frio. Portanto, qualquer mudança é a transição de uma coisa para outra que tem, de certa forma, qualidades opostas. No entanto, ao mudar, a coisa deve permanecer idêntica a si mesma* (Popper, 1982, p. 169). Este é o problema da mudança que levou Heráclito a dizer que tudo está em fluxo, nada fica em repouso. É também o que nos levou a dizer que a mudança conceitual no sentido de substituição de uma concepção (alternativa) por outra (científica) não tem sentido.

Possivelmente, há muita mais gente pensando segundo as mesmas linhas e, provavelmente, isso é um sinal de que está na hora, em definitivo, de abandonar o termo "mudança conceitual" e modelos que a sugerem como "substituição conceitual". Está na hora de perceber que evolução, desenvolvimento, enriquecimento conceitual e discriminação de significados são ideias mais promissoras porque não implicam mudança de conceitos ou de significados. Por outro lado, elas implicam aprendizagem significativa. Ou seja, como as concepções alternativas resultam de aprendizagens significativas, a evolução destas concepções desde "misconceptions" até "richconceptions", como propõe Schuster (1993), só pode resultar de estratégias de aprendizagem significativa.

Dar novos significados (e, talvez, novos rótulos) ao conceito de mudança conceitual e a conseqüente mudança de direção nos esforços de pesquisa pode ser a mais promissora perspectiva para futuras pesquisas no campo da aprendizagem de conceitos.

Tentemos imaginar o desenvolvimento conceitual em termos de construção e discriminação de significados e esqueçamos-nos de substituir concepções, uma visão que nos lembra o enfoque comportamentalista de instalar e extinguir comportamentos no repertório do aprendiz.

## **Referências**

- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. New York, Grune & Stratton.
- Ausubel, D.P. (1968). *Educational psychology - a cognitive view*. New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., and Hanesian, H. (1978). *Educational psychology: A cognitive view*. 2<sup>nd</sup>. ed. New York, Holt, Ronehart and Winston.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. (1983). (2a. ed.). *Psicología educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México, Editorial Trillas.
- Braghioli, C. (1993). Conceptual or methodological defficiency? A case study showing a theory in action. Trabajo presentado en el *III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educacionales en Ciencias y Matemática*, Cornell University, U.S.A., 1 al 4 de agosto.
- Caravita, S. (2001). Commentary: a re-framed conceptual change theory? *Learning and Instruction*, 11 (4-5), pp. 421-429.
- Carey, S. (1985) *Conceptual change in childhood*. Cambridge, MA, MIT Press.
- Carey, S. (1991) Knowledge acquisition: enrichment or conceptual change. In E. Margolis y S. Laurence (Eds) *Concepts - Core readings*. pp.459-487. Cambridge, MA, MIT Press.

- DiSessa, A. y Sherin, B (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, vol. 20, n. 10, p. 1155-1191.
- Driver, R. (1973). *The representation of conceptual frameworks in young adolescent science students*. Tesis de doctorado, Universidad de Illinois, Urbana, Illinois.
- Duit, R. (1996). The constructivist view in science education -- what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, p. 40-75. <http://www.if.ufrgs.br/ienci>
- Dykstra, D. I., Boyle, C. F. and Monarch, I. A. (1992) Studying conceptual change in learning physics. *Science Education*, vol. 76, p. 615-652.
- Gil Pérez, D., Carrascosa, J., Dumas Carré, A., Furió, C., Gallego R., Gené, E. y González, E. (1999). ¿Puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica? *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17, n. 3, p.503-512.
- Greca, I. M. y Moreira, M. A. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes: uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, vol. 7, n.1. <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>
- Gutiérrez, R. (2000) Mental models and the fine structure of conceptual change. In: *Proceedings of the International Conference Physics Teacher Education Beyond 2000*, 2000, Barcelona., R. Pints & S. Suriqach-- Cd-Rom.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). *Mental Models*. Cambridge, M. A., Harvard University Press.
- Kuhn, T. S. (1978). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo, Perspectiva.
- Lins, R.C. (1994a). *O modelo teórico dos campos semânticos. Uma análise epistemológica da álgebra e do pensamento algébrico*. Dynaminis, Blumenau, vol. 1, n. 7, p. 29-39.
- Lakatos, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid, Alianza.
- Learning and Instruction* (1994), vol. 4, n. 1.
- Learning and Instruction* (2001), vol. 11, n. 4-5.
- Lins, R. C. (1994b). Eliciting the meanings for algebra produced by students: knowledge, justification and semantic fields. *PME XIV*, Lisboa.
- Marín, N. (1999). Delimitando el campo de aplicación del cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 17, n. 1, p. 80-92.
- Moreira, M.A. e Masini, E. A. F. S. (1982). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo, Moraes.
- Moreira, M.A. (1983). *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física: a teoria de aprendizagem de David Ausubel como sistema de referência para a organização do ensino de ciências*. Porto Alegre, Editora da Universidade.
- Moreira, M.A. (1985). *Ensino e aprendizagem: enfoques teóricos*. São Paulo, Moraes.
- Moreira, M.A. (1991). *Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos e referenciais teóricos*. São Paulo, Editora Pedagógica e Universitária.
- Moreira, M.A. (1993). On C-mapping, V-mapping, conceptual change, and meaningful learning. Trabajo presentado en el *III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática*, Cornell University, 1 al 4 de agosto.

- Moreira, M.A. (1994). Diez años de Enseñanza de las Ciencias: de una ilusión a una realidad. Conferencia de apertura del *IV Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias y de las Matemáticas*. Barcelona, 13 al 16 de septiembre de 1993. Publicada en *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 12, n.2, p.147-153.
- Moreira, M. A. (1999). *Aprendizagem significativa*. Brasília, Editora da UnB.
- Moreira, M. A. (2000). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*. Madrid, Visor.
- Moreira, M.A. e Buchweitz, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem*. Lisboa, Plátano Edições Técnicas.
- Mortimer, E. (1993). Conceptual evolution as epistemological profile's change. Trabajo presentado en el *III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática*, Cornell University, 1 al 4 de agosto.
- Mortimer, E. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, vol. 4, n. 3, p. 23-45.
- Nussbaum, J. (1989). Classroom conceptual change: philosophical perspectives. *International Journal of Science Education*, vol. 11 ( special issue), p. 530-540.
- Popper, K. R. (1987). *O realismo e o objectivo da ciência*. Lisboa, D. Quixote.
- Pfundt, H y Duit, R. (1994). *Bibliography: Student's alternative frameworks and science education*. 4<sup>th</sup> edition Kiel, Germany, Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Pfundt, H y Duit, R. (2000). *A bibliography on student's alternative frameworks and science education*. Kiel, Germany, Institute for Science Education at the University of Kiel.
- Pintrich, P., Marx, R. & Boyle, R. (1993). Beyond cold conceptual change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of change. *Review of Educational Research*, vol. 63, p. 167-199.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P. & Gertzog, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, vol. 66, p.211-227.
- Pozo, J. I . et al. (1992). Las ideas de los alumnos sobre ciencia como teorías implícitas. *Infancia y Aprendizaje*, n. 62-63, p. 187-204.
- Pozo, J. I. y Gómez Crespo, M. A. (1998) *Aprender y enseñar ciencia* . Madrid, Morata.
- Rodrigo, M. J.; Rodríguez, A. y Marrero, J. (1993). *Las teorías implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano*. Madrid , Visor.
- Schuster, D. (1993). From misconceptions to rich-conceptions. Trabajo presentado en el *III Seminario Internacional sobre Concepciones Alternativas y Estrategias Educativas en Ciencias y Matemática*, Cornell University, 1 al 4 de agosto.
- Silveira, F. L. (1991). A filosofia da ciência de Karl Popper e suas implicações no ensino da ciência. In: Moreira, M. A. y Axt, R. (Orgs.) *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre, SAGRA. p. 62-78.
- Solomon, J. (1984). Prompts, cues and discrimination: the utilization of two separate knowledge systems. *European Journal of Science Education*, vol. 6, n. 3, p. 277-284.
- Strike, K. A. y Posner, G. J. (1992). A revisionist theory of conceptual change. En R. Duschl & R. Hamilton (Eds.) *Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice*. Albany, NY, SUNY Press. p. 147-176.
- Thagard, P. (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton, Princeton University Press.

- Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana - Volumen 1: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid. Alianza Editorial.
- Vergnaud, G. (1983). Quelques problèmes théoriques de la didactique a propos d'un exemple: les structures additives. *Atelier International d'Eté: Recherche en Didactique de la Physique*. La Londe les Maures, Francia, 26 de junio a 13 de julio.
- Vergnaud, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, vol. 17, n.2, p. 167-181.
- Viennot, L. (1979). *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Paris, Hermann.
- Vosniadou, S. & Brewer, W. (1994) Mental models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, vol. 18, p. 123-183.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, vol.4, n.1, p. 45-69.