

**CONSTRUÇÃO E REALIDADE:
O REALISMO CIENTÍFICO DE MÁRIO BUNGE E O ENSINO DE CIÊNCIAS ATRAVÉS
DE MODELOS**

**(Construction and reality: Mario Bunge's scientific realism and the
teaching of sciences through models)**

Maurício Pietrocola [pietro@fsc.ufsc.br]
Departamento de Física
UFSC – Depto. De Física - Campus Trindade
Caixa Postal 476
88040-900 – Florianópolis – Brasil

Resumo

Nesse trabalho tecemos críticas ao movimento construtivista, que segundo nossa avaliação super-valorizou o papel das construções individuais, em detrimento da dimensão ontológica do conhecimento científico. Ele será desenvolvido tomando por base alguns trabalhos críticos dirigidos ao movimento construtivismo e uma análise da recepção das idéias de Thomas Kuhn pelas pesquisas em ensino de ciências. Uma de nossas conclusões será mostrar que o construtivismo não valoriza suficientemente a apreensão de uma realidade associada ao mundo físico. Isto acaba por se refletir num enfraquecimento do conhecimento científico frente a outras formas de conhecimento, instituindo uma espécie de relativismo epistemológico entre as diversas formas de conhecer. Nesse sentido, apresentamos a idéia de Mário Bunge sobre o papel dos modelos na ciência e sua vinculação com a realidade. Visamos desta forma, minimizar excessos contidos nas teses construtivistas e realistas, ou seja a tendência a vislumbrar toda construção humana como atividade desvinculada da dimensão ontológica do mundo e todo realismo como expurgo da ação humana.

Palavras-chave: construtivismo; realismo científico; ensino de ciências; modelos.

Abstract

In this paper we criticize the constructivist movement, which according to our view has overestimated the role of individual constructions, in detriment to the ontological dimension of scientific knowledge. It will be developed based on some critical papers directed to the constructivist movement and on an analysis of the reception of Thomas Kuhn's ideas by research in science teaching. One of our conclusions will suggest that constructivism does not place enough emphasis in the grasping of a reality that is associated to the physical world. That ends up reflecting a weakening of scientific knowledge in face of other forms of knowledge., establishing a kind of epistemological relativism among the various forms of knowing. In this sense, we present Mario Bunge's ideas on the role of models in science and their linkages to reality. Thus, we aim at minimizing the excesses contained in constructivist and realist theses, that is, the trend to view each human construction as an activity that does not have any links to the ontological dimension of the world, and to see all realism as a purge of human action.

Keywords : constructivism ; scientific realism; models; science teaching.

Introdução

A abordagem construtivista foi o movimento de maior impacto na educação científica nos anos 80 e 90. Suas críticas ao empiricismo ingênuo que permeava até então as propostas de ensino de ciências geraram transformações positivas no encaminhamento de pesquisas educacionais. Destacam-se nesse contexto de reformulações, a valorização do papel do indivíduo na apreensão de novos conhecimentos e a conscientização da importância das pré-concepções dos alunos na

definição dos currículos e na escolha de estratégias de ensino. Apesar disto, na última década, uma série de trabalhos críticos vem levantando questões interessantes relacionadas a implicações e conseqüências do movimento construtivista.

Millar, em 1989, já perguntava se a tomada de consciência (tardia no seu ponto de vista), de que toda aprendizagem é fruto de uma atividade construtiva do indivíduo, deveria necessariamente implicar num ensino construtivista. Outros trabalhos procuraram refletir sobre os rumos das pesquisas dentro do movimento construtivista.¹

Recentemente três trabalhos chamaram atenção dentro desse contexto por tecerem críticas à fundamentação epistemológica do discurso construtivista. O alvo das críticas desses trabalhos não foi o movimento construtivista na sua totalidade, mas a tendência a generalizar e radicalizar a metáfora do *fazer* associada à ação do sujeito, em detrimento de outras metáforas como o *descobrir* e *achar* que associam-se mais ao objeto do conhecimento. (Ogborn, 1997) Uma exacerbação deste posicionamento, pode ser facilmente observado no auto-denominado *construtivismo radical* proposto por Glasersfeld (1989). “O construtivismo radical tornou-se muito conhecido, principalmente através das críticas dirigidas ao resto do construtivismo, que o autor intitula *construtivismo trivial* – aquele que tem como princípio que o conhecimento não pode ser passivamente recebido, mas é ativamente construído pelo próprio sujeito cognoscente.” (Santos, 1996, p. 26) Nas palavras de Glasersfeld:

Construtivismo radical é radical porque ele quebra com o que está concebido e desenvolve uma teoria de conhecimento na qual o conhecimento não reflete uma realidade ontológica “objetiva”, mas exclusivamente uma ordenação e organização de um mundo constituído pela nossa experiência. O construtivismo radical abandonou o “realismo metafísico” de uma vez por todas. (Glasersfeld, *apud Matthews, 1994*).

Nessa concepção, a a produção de conhecimento não é a busca da realidade ontológica associada ao mundo experiencial, mas apenas e tão somente a sua organização a partir de um processo de contínua adaptação cognitiva. Os aspectos epistemológicos de análise recaem sobre a impossibilidade de um mundo físico exterior acessível direta ou indiretamente. Seu foco de atenção recai sobre o mundo subjetivo interno do indivíduo e sobre seus processos de construção. Matthews sintetiza as teses epistemológicas de Glasersfeld da seguinte forma:

1. *Conhecimento não se relaciona com um mundo independente de observadores ;*
2. *Conhecimento não representa um tal mundo; teorias de conhecimento correspondentes são errôneas; ;*
3. *Conhecimento é criado por indivíduos num dado contexto histórico e cultural;*
4. *Conhecimento refere-se a experiência individual mais do que a um mundo;*
5. *Conhecimento é constituído por estruturas conceituais individuais;*
6. *Estruturas conceituais constituem conhecimento quando indivíduos olham-nas como viáveis em relação a suas experiências; construtivismo é uma forma de pragmatismo.* (Matthews, 1994, ca 7, p. 149)

Especificamente sobre as teses de Glasersfeld, Suchting (1992) apontou vários problemas presentes na sua argumentação. Em particular, há confusão entre imutabilidade, certeza e objetividade, não há definição clara sobre o conceito de construção e a utilização do termo experiência é associada a versão mais radical e ortodoxo do empiricismo. Além disso, ele chamou atenção para negligência dos aspectos sociais na análise empreendida sobre a produção de conhecimento, face a um grande acento na sua coerência individual.

¹Ver, por exemplo, Solomon 1994.

Não nos proporemos a realizar uma análise estrutural das propostas contidas no construtivismo radical, mas, como Matthews(1994), utilizar a forma clara de apresentação de tais premissas e posicionamentos epistemológicos para tentar depreender tendências e/ou vocações que sejam pertencentes ao movimento construtivista como um todo. Embora não se possa com isto garantir que as posições de Glasersfeld sejam exemplares do movimento construtivista como um todo, a partir delas é possível vislumbrar conseqüências de determinados posicionamentos epistemológicos para as versões não-radicais do construtivismo. Neste caso, o que nos interessa é analisar algumas implicações possíveis para as premissas construtivistas, no que tange a valorização extremada dos processos cognitivos individuais presentes na apreensão de conhecimento. Aí reside, a nosso ver, um dos maiores riscos dentro do movimento, pois se não é possível generalizar a totalidade das idéias presentes no construtivismo radical, parece-me que a valorização do caráter individual das construções de conhecimento é uma característica amplamente enfatizada pelo movimento construtivista como um todo. Mesmo o construtivismo originado a partir dos trabalhos de Piaget valorizam sobremaneira o papel do indivíduo na construção do conhecimento. Neste sentido, a super-valorização do papel ativo do aprendiz no processo de ensino/aprendizagem não é exclusividade do construtivismo radical. Apesar de menos enfáticos, outros autores construtivistas apresentam idéias semelhantes. Matthews (1994, cp. 7) realiza uma ampla análise de trabalhos indicando que a maioria deles sobre-valorizam o papel do indivíduo na construção de conhecimento, em detrimento de elementos pertencentes ao mundo físico.

*Dentro deste contexto, propostas didático-pedagógicas que justificam a manutenção de concepções alternativas (mesmo que de forma provisória) por jovens estudantes², aparecem como conseqüências das teses construtivistas e podem transformar a tomada de consciência da importância das concepções pessoais dos alunos para o **ensino** de ciências, em consciência da importância das mesmas frente às concepções científicas³. Nem sempre fica suficientemente enfatizado o papel desempenhado pelo contexto social e principalmente pelo contexto empírico dentro destas idéias. O mundo físico nem sempre assume função na forma final do conhecimento produzido. Os riscos estão, então, associados menos ao que o movimento construtivista explicitamente prega, mas por aquilo que ele ao não pregar deixa livre ao esquecimento.*

A ação do indivíduo e as maneiras por ele forjadas de dar sentido a sua experiência sensitiva, se não forem constrangidas por outros elementos, entre estes aqueles provenientes do próprio mundo físico, determinam um conhecimento Físico muito particularizado. Gera-se a sensação de existência de obstáculo intransponível nas tentativas de compreensão do mundo, autorizando a validação de conhecimento unicamente através de critérios pessoais. Essa orientação parece conferir um perfil relativista ao conhecimento, pois a ausência de critérios externos ao indivíduo implicaria numa forma de subjetivismo funcional, vinculando o conhecimento produzido às necessidades do próprio sujeito. Uma conseqüência disto seria a diminuição do conteúdo de verdade associado ao conhecimento científico e seu enfraquecimento frente a outras formas de conhecimento. (Matthews, 1994, cap. 7)

Emerge deste contexto uma mútua exclusão entre posições **realistas** e **construtivistas**: admitir a possibilidade de acesso a um determinado nível de realidade relacionada ao mundo em que vivemos, implicaria em negar que tenhamos de construir este acesso por nossa própria ação. E de forma inversa, admitir que estejamos condenados a *interpretar* de forma ativa (a partir de referentes individuais ou coletivos) toda informação oriunda do mundo físico, implicaria em negar a existência de possíveis *níveis de realidade* associados ao mesmo. Esta exclusão realista não está, em geral, presente nos textos construtivistas. Porém é certo, que eles raramente assumem posições

² Driver The pupil

³ Veja que foi omitida referência ao ensino na segunda frase, tornando absoluta a importância das concepções dos alunos.

explicitamente realistas. Novamente buscamos explicitar esta dicotomia entre construção e realidade através do construtivismo radical. Matthews apresenta um extrato da obra de Glasersfeld, onde este confronto é claro:

O realista acredita que suas construções são réplicas ou reflexos de estruturas existentes de forma independente, enquanto o construtivista mantém-se consciente do papel da experiência como originador de todas estruturas...para o construtivismo não há estruturas outras além daquelas que o conhecedor constitui através de sua própria atividade intensa de coordenação das partículas experimentais. (Glasersfeld apud Matthews 1994, pag. 141).⁴

Esta contradição entre realismo e construtivismo é na verdade aparente, e sustentável apenas quando relacionada a um realismo derivado do modelo empiricista radical. O trabalho de Ogborn (1997) permite antever que enquanto o foco das críticas construtivista for uma epistemologia empiricista ingênua, derivada de uma tradição aristotélica que prega a passividade do observador frente ao mundo, qualquer forma de realismo será traduzido como sendo a aceitação de processos empíricos de *revelação imediata* da realidade. Nesta concepção ingênua, “o *fazer* estaria excluído, por que Aristóteles via a interferência na natureza (i.e. experimentação) como uma perturbação do curso natural dos eventos e capaz de nublar a visão de como as coisas são em si próprias.” (Ogborn, 1997, p. 124). Ou seja, a realidade só se revelaria pela não ação do indivíduo, excluindo-se qualquer papel ativo do indivíduo, como prega o construtivismo epistemológico e psicocognitivo. Tais críticas ao realismo seriam plenamente justificadas caso não houvesse alternativas a sua versão radical ou ingênua. Nesta sentido, tais críticas só têm sentido quando dirigidas à epistemologias que pregassem a passividade do observador no ato de conhecer. Porém, hoje poucos epistemólogos seriam capazes de declarar seriamente sua simpatia por qualquer sistema de idéias que contivesse tal concepção de observação. Atualmente, até o mais empiricista dos filósofos concordaria que nenhum conhecimento válido poderia ser produzido sem um grande *investimento* individual *em termos de ações*. Para se ter certeza disso, basta retomar Bacon em seus escritos mais famosos, empregando a metáfora da *tortura* a ser submetida à natureza na ânsia de fazê-la revelar seus segredos. Apesar da deselegância da metáfora empregada, a *tortura* requer participação ativa do sujeito que tortura. “A realidade não se entrega facilmente”, poderia se constituir num estatuto realista não-ingênuo.

Assim acreditamos que valorizar excessivamente o papel do indivíduo no processo de apreensão de conhecimento pode resultar, como efeito colateral, numa espécie de solipsismo, com importantes conseqüências para domínio ontológico do conhecimento. Não se trata de defender uma superposição entre o domínio ontológico e cognitivo ligados à produção de conhecimento pelos indivíduos, mas ambos podem se co-relacionar dependendo das posições assumidas sobre o que seja a realidade, o conhecimento sobre ela e suas formas de apreensão. Pois tem pouca ou nenhuma importância o fato de existir ou não uma realidade última (domínio ontológico), caso estejamos convencidos de que todo conhecimento é mais ou menos fruto de construções convencionais (dimensão cognitiva). Ou em outros termos, é possível admitir a existência de um nível ontológico sem contudo aceitar que seja possível atingi-lo, como defendido por boa parte das epistemologias relativistas. Neste sentido, uma opção epistemológica que valoriza em excesso a dimensão psicocognitiva pode implicar numa desvalorização crônica do domínio ontológico, como parece ser o caso do construtivismo radical. O contrário também é verdadeiro. Pois, ao optar por uma epistemologia que valoriza em excesso a dimensão de ontológica do conhecimento, podemos

⁴ Vale notar que a interpretação anti-realista da obra de Glasersfeld não é consenso na literatura. Ver a este respeito Hardy and Taylor (1997).

perder de vista o papel dos processos cognitivos para sua apreensão, como parece ter ocorrido com toda tradição empiricista ingênua⁵. Assim, no contexto da produção de conhecimento sobre o mundo, a autonomia dos domínios ontológicos e cognitivos é relativa e subordinada à estruturação mais geral da qual ambas fazem parte. Particularmente quando procuramos tratar a questão do realismo ambos devem ser considerados e suas implicações avaliadas.

Kuhn e tradição sociológica na educação científica

Além das críticas à concepção construtivista apresentadas acima, é importante tecer alguns comentários sobre o debate epistemológico no meio do século e sobre idéias daí emergentes que influenciaram a educação científica construtivista.

O crescimento da oposição ao positivismo-lógico liderado por Popper na década de 50, recebeu apoio fundamental dos trabalhos de Thomas Kuhn publicados algum tempo depois. Adicionando aos já tradicionais argumentos sobre a falta de embasamento lógico do método da indução e sobre a impossibilidade do mesmo em garantir a verdade das afirmações científicas, Kuhn introduziu outros argumentos que pulverizaram a hegemonia do pensamento científico tradicional, centrado na crença de um "método científico universal". Entre eles, é hoje também clássica a crítica à observação neutra e a possibilidade de separação entre crenças científicas e metafísicas. Os critérios positivistas que dividiam o conhecimento entre verdadeiros e duvidosos, ou melhor entre científicos e não-científicos, foram em pouco tempo abandonados, abrindo espaço para uma verdadeira avalanche de demandas de cientificidade em novos termos. Neste contexto, foi fundamental a discussão promovida por Kuhn sobre a não-cumulatividade do saber científico, implicando em rupturas freqüentes de contextos científicos, cada qual acompanhada por critérios locais de validade.

Dentro deste contexto, as ciências humanas são fortalecidas, pois eram até então vistas com certa desconfiança e mesmo menosprezo pelas ditas ciências positivas. Disciplinas como a História, a Antropologia, a Sociologia, a Psicologia, a Psicanálise, que sempre tiveram dificuldade em justificar seu *status* científico perante as “ciências duras” como a Física e a Química, por não se encaixarem na estrita versão empiricista do método científico, conseguem melhor fazê-lo dentro da estrutura epistemológica proposta por Kuhn.⁶ A flexibilização nos critérios de cientificidade presentes no pensamento kuhniano, em particular no tocante à delimitação entre ciência e não-ciência, legitimou o pleito destas ciências. A possibilidade de lidar com a cientificidade de forma mais ampla, aceitando uma pluralidade de métodos de pesquisa, acabou por tornar o pensamento kuhniano referência epistemológica nas ciências humanas, que passaram a incorporar boa parte deste em seus discursos.

A contribuição mais importante de Kuhn no contexto epistemológica talvez tenha sido a inclusão de argumentos históricos e sociológicos como inerentes ao debate filosófico sobre a ciência. Acredito ser esta uma contribuição de caráter revolucionário (usando conceito tirado de seu próprio contexto de idéias). Se houve momentos no contexto da filosofia, em que se chegou a questionar se seria lícito utilizá-los no debate sobre a cientificidade, hoje não restam dúvidas sobre sua pertinência. É interessante notar, entretanto, como se deu a recepção das idéias de Kuhn no contexto das ciências humanas, pois aí se insere também o domínio da educação científica. Os aspectos da ciência revolucionária presentes na sua epistemologia, que remetem diretamente aos processos de descontinuidade na produção científica, foram os mais enfatizados, particularmente as

⁵ Em particular, o aprendizado por re-descoberta se reveste desta fraqueza, ao defender que tudo pode ser aprendido se dadas as condições de acesso ao mundo Físico.

⁶ Vale notar no entanto isto não significa que o próprio Kuhn tenha defendido a cientificidade destas áreas. Pois na sua discussão sobre cientificidade, Kuhn acaba por colocar boa parte das ciências humanas num período pré-paradigmático, onde inexisteria a fase de ciência normal, regida por um paradigma dominante.

tese da *incomensurabilidade* e da vinculação de argumentos a um contexto *paradigmático*. Abrantes atribui essa leitura de Kuhn a “...uma irresistível sedução para os envolvidos com a tradição de sociologia do conhecimento e também para os que procuravam paralelos entre a prática das ciências naturais e das sociais.”(Abrantes, 1998, pag. 62) Os aspectos da obra kuhniana permitiram, através das suas teses sociológicas e principalmente pelo uso da noção de paradigma, legitimar práticas menos próximas dos padrões científicos de até então e elaborar estudos comparativos entre o conhecimento nas ciências ditas naturais e de outros domínios.

É no entanto, na Ciência Normal que se pode encontrar o trabalho de Kuhn mais voltado ao fazer científico, ou seja, aquele no qual se procura entender como o cientista procede no seu cotidiano de pesquisa. Se o mundo físico pode assumir papel relevante na produção de conhecimento científico, isto aconteceria na dimensão da Ciência Normal e não da Ciência Revolucionária. E mesmo nela, não é muito claro a dimensão ontológica atribuída ao conhecimento produzido a partir deste mundo. Pois se é claro que o cientista constrói conhecimento sobre o mundo tendo o paradigmas como pano de fundo, a forma de articulação deste último com o proceder científico não é consenso nos estudos sobre a obra de Kuhn, nem com as suas tentativa de precisar tal ponto com a introdução do conceito de *matriz disciplinar*⁷. Para nossa análise, o que há de mais problemático na forma de recepção da obra de Kuhn é a sua falta de clareza sobre a dimensão ontológica do conhecimento produzido no contexto científico O extrato abaixo exemplifica estas indefinições sobre a questão do realismo/relativismo.

Parece-me que não existe maneira de reconstruir expressões como 'realmente aí' sem auxílio de uma teoria; a noção de um ajuste entre a ontologia de uma teoria e sua contrapartida 'real' na natureza parece-me ilusória por princípio...não tenho dúvidas, por exemplo, que a Mecânica de Newton aperfeiçoou a de Aristóteles e que a Mecânica de Einstein aperfeiçoou a de Newton enquanto instrumento para a resolução de quebra-cabeças. Mas não percebo, nessa sucessão, uma direção coerente de desenvolvimento ontológico. Ao contrário: em alguns aspectos importantes, embora de maneira nenhuma em todos, a Teoria Relatividade Geral de Einstein está mais próxima da de Aristóteles do que qualquer uma das duas está da de Newton. Embora a tentação de descrever essa posição como relativista seja compreensível, a descrição parece-me equivocada. Inversamente, se esta posição é relativista, não vejo porque falte ao relativismo qualquer coisa necessária para a explicação da natureza e do desenvolvimento das ciências. Kuhn(1970, pag 253)

A questão do realismo e relativismo científico na obra kuhniana é algo a ser ainda precisado pelas análise filosóficas, não sendo de forma alguma o objetivo deste trabalho. Cabe apenas ressaltar esta ambigüidade na interpretação da obra de Kuhn, e a ênfase sociológica presente na recepção de suas teses, para que nossa análise sobre o movimento construtivista possa ser legitimada. Pois as conclusões tiradas neste trabalho não partem somente do que é claramente afirmado na obra de Kuhn, mas muito mais daquilo que ela ao não afirmar permite que seja deixado de lado na sua transposição para outros domínios do conhecimento.

A exemplo das demais áreas das ciências humanas, a pesquisa em ensino de ciências não ficou imune à influência das idéias de Kuhn. O movimento construtivista, em particular aquele vinculado aos estudos sobre as concepções alternativas (Gilbert e Swift,1985, Duit, 1993), ao evidenciar nos alunos a existência de estruturas alternativas de pensamento sobre o mundo físico altamente elaboradas, revelou um continente a ser prospectado. A coerência interna e a resistência a mudanças de tais estruturas serviu de campo de aplicação às teses paradigmáticas presentes no pensamento kuhniano. O pensamento estudantil foi associado a estruturas lógico-conceituais

⁷ Ver Posfácio, Kuhn, 1970.

fundamentadas em paradigmas diferentes daquele da ciência, permitindo a realização de estudos comparativos. A teoria de ensino mais popular no contexto construtivista, a *Mudança Conceitual*, (Posner et al, 1992) ao ser analisada em detalhes revela uma estrutura epistemológica e psicológica muito semelhante às situações de Ciência Revolucionária previstas por Kuhn entre as ditas Ciências Maduras. Mesmo se seus proponentes insistam em vinculá-la aos trabalhos de Lakatos, a idéia chave presente na mesma, ou seja a necessidade de operar uma mudança conceitual, é de natureza kuhniana.⁸ Em linhas gerais, a Teoria da Mudança Conceitual não lida com a estruturação coletiva do trabalho de pesquisa, como é o forte na argumentação lakatosiana sobre os programas de pesquisa. Ao contrário, leva os critérios de mudança conceitual à nível de decisão individual, baseados na proposição de conflitos com o conhecimento estabelecido.

Além desta influência explícita de Kuhn na Teoria da Mudança Conceitual, outras influências se fizeram sentir no corpo do movimento construtivista. As idéias sobre organização interna das comunidades de pesquisa, seus mecanismos de manutenção e troca de conceitos, leis e pressupostos metafísicos foram amplamente utilizadas pelos construtivistas para lidar com os dados sobre a aprendizagem, fornecidos pelos estudos das concepções alternativas dos alunos; ao mesmo tempo que permitiam lidar com a riqueza conceitual aí revelada, tal estrutura de idéias oferecia alternativa consistente ao modelo epistemológico empiricista em voga. Pois, pesquisas haviam indicado o quanto a educação científica de então estava contaminada pelos ideais empiricistas, como a crença numa realidade auto-evidente, a fundamentação exclusiva do conhecimento sobre os dados empíricos, a objetividade do conhecimento como dado a priori. Tais características acabaram legitimando de certa forma os ideais de neutralidade na elaboração de uma boa ciência.⁹ A partir daí, tomando por base o pensamento kuhniano, várias pesquisas preocuparam-se em produzir análises sobre estruturas curriculares, sobre estratégias de ensino, sobre concepções epistemológicas transmitidas pelo ensino tradicional e sobre a própria concepção dos professores sobre a ciência.

No limite, a epistemologia kuhniana reforça a sobre-valorização do papel do indivíduo, pois legitima de certa maneira o conhecimento dos estudantes frente ao conhecimento produzido pelos cientistas, pois os primeiros passaram a ser vistos como representantes de comunidades operando sobre base paradigmática diferente daquela da ciência. Em pouco tempo, o movimento transformou as idéias dos estudantes de erros conceituais para concepções concorrentes com aquelas produzidas pela ciência.

Vale notar que a falta de vinculação do ensino das ciências com o mundo não é algo exclusivo do movimento construtivista. Na sala de aula, ainda distante das teses construtivistas, os conteúdos científicos são tratados pelos professores numa concepção excessivamente formal. Nela, os alunos participam de uma espécie de jogo cujas regras e táticas só são pertinentes ao contexto escolar. Brousseau (1982) especifica a forma de articulação dos diversos elementos presentes no contexto escolar, definindo a existência de um contrato didático. Na áreas das ciências naturais e da matemática, tal contrato sempre privilegiou as atividades mecânicas de resolução de exercícios padrões e memorização de conceitos e definições. Particularmente em Física e em Química, as atividades são geradas sem a preocupação de relacionar os conteúdos ensinados com situações reais vivenciadas pelos alunos, optando-se por gerar exercícios internos à estrutura lógico-matemática de suas próprias teorias.

Desvinculada do mundo cotidiano e por conseqüência também de qualquer realidade possível, o ensino científico foi aos poucos perdendo sua vitalidade até se transformar numa atividade essencialmente restrita à sala de aula e aos livros textos. A complexidade nas formas de apreensão da realidade foi considerada pelos cursos científicos escolares como obstáculo pedagógico, e aos poucos abandonada. As atividades puramente teóricas tomaram-lhe o lugar por

⁸ Vale assinalar que em vários aspectos, as obras de Kuhn e Lakatos se aproximam, em particular no tocante aos conceitos de paradigma e núcleo duro.

⁹Um exemplo emblemático dessa "caça" ao empiricismo na educação, pode ser constatado no livro de Becker, 1993.

serem consensuais e terem dimensão problemática restrita: geram abundância de exercícios a partir de alguns exemplares, cujas soluções não são motivo de discussão e controvérsia na sala de aula. Isso contribuiu para aprofundar o fosso entre a ciência e o mundo.

Esses fatores geraram uma ciência escolar cada vez mais distante da realidade vivenciada pelos alunos. A ciência passou a participar pouco das explicações requeridas pelos indivíduos no seu dia-a-dia até se converter num conhecimento restrito ao contexto escolar. Pesquisas em concepções alternativas têm confirmado tal afirmação, indicando que os estudantes estão pouco inclinados a mudanças conceituais: mantém suas concepções a despeito de todo ensino científico recebido. (Santos, 1996)

Apesar de atualmente existirem algumas tentativas de se reverter esta situação dentro do movimento construtivista, poucos resultados práticos têm sido obtidos¹⁰. O que parece problemático na forma de atuar sobre este tipo de questão é que a vinculação entre conhecimento científico e realidade do mundo não consta como uma das teses principais do movimento construtivista. Ou seja, mesmo os trabalhos presentes neste contexto não conseguem integrar a questão da realidade com os processos de construção pessoal de conhecimento. Ou seja, há dificuldade em se integrar a dimensão cognitiva com aquela da ontologia do conhecimento. Acontece algo semelhante ao que foi discutido anteriormente, quando tomou-se os trabalhos de Glasersfeld como exemplo. O que aparentemente se configura como dimensões do conhecimento passíveis de serem trabalhadas de forma independente, é na verdade fruto de uma separação artificial, pois não parece ser possível discutir no ensino, as formas de apreensão de conhecimento desvinculada do que passariam a se constituir tal conhecimento para o indivíduo.

Incentivar os alunos a perceber que o conhecimento científico ensinado na escola serve como forma de interpretação do mundo que os cerca, seria uma forma de lidar com a dimensão de realidade do mundo, discutida acima. Pois em geral, os alunos não vêm as teorias científicas como capazes de gerar explicações engenhosas sobre situações conhecidas. A cor do céu, a eletricidade atmosférica, os diferentes tipos de materiais presentes no cotidiano não são temas tratados na escola e acabam recebendo explicações personalizadas, influenciadas por crenças, mitos, e todo tipo de informação não-científica. O conhecimento científico aprendido pelos estudantes parece incapaz de operar sobre estas situações e em muitos casos leva-os a conclusões contrárias aquelas encontradas no dia-a-dia. Nessas condições é muito difícil para um estudante abandonar suas concepções alternativas, pois em parte, elas acabam “funcionando”, isto é, permitem uma representação mínima do mundo no qual vivemos e acabam gerando um *sentimento* de realidade. Portanto, não é de se estranhar que a ciência fique restrita apenas às situações escolares e seja superada por formas de conhecimento menos sistematizadas.

O ensino e a realidade exterior

O movimento construtivista acabou por definir um perfil epistemológico com ênfase nos momentos de conflito de paradigmas, característicos da Ciência Revolucionária, aliado à pequena ênfase em critérios utilizados para superar tais conflitos. Isto contribuiu para a configuração de um quadro irreal de “volubilidade crônica” no seio da ciência. Ou seja, a valorização dos momentos de ruptura na linha de evolução dos conceitos da ciência instaura rotatividade na linha de investigação de forma a caracterizar um conhecimento pouco seguro, pois muito susceptível à mudança. Não que inexistam mudanças no contexto de produção científica, porém a força da ciência está provavelmente na sua capacidade de evitar a alternância desmesurada de idéias. Esta ênfase nos períodos de continuidade do fazer científico é muito bem caracterizada na obra de Kuhn, quando este trata da maturidade das diversas ciências. Vejamos então que não se trata neste

¹⁰ Ver em particular trabalhos do GREF (Grupo de reestruturação do Ensino de Física) – Gref, 1993

trabalho de uma crítica à obra de Kuhn, mas muito mais a sua forma de recepção. Além das dificuldades concernentes ao contexto epistemológico específico no qual se inseri tal obra, há que se considerar também que estamos procedendo a uma transposição de suas idéias para o contexto da educação científica. Fica, desta forma, mais caracterizada a necessidade de se proceder não a uma análise da sua estrutura filosófica em si, mas da forma como tal transposição foi operada. Após a introdução da idéia de Transposição Didática por Chevalard(1985), é certo que nenhum processo de transposição pode ser entendido como neutro; interesses de toda espécie estão presentes no processo, revelando os objetivos contidos na transposição pretendida.

Nesta direção deve-se ficar atento às conseqüências do excesso de valorização às situações de confronto de idéias na concepção científica do movimento construtivista, pois isto pode infligir à ciência o perfil de uma atividade revestida de certa arbitrariedade pela falta de explicitação de critérios de cientificidade. Isto acaba por gerar uma certa relativização do conhecimento científico, diminuindo com isto seu conteúdo de verdade. Esta característica aliada ao enfraquecimento do papel do domínio empírico em particular, já abordado anteriormente, acaba por transmitir uma concepção de ciência menos comprometida com a apreensão de uma realidade exterior. Esta concepção pode gerar uma expectativa negativa nos estudantes para com a pertinência do ensino de ciências, pois não compensaria o investimento de anos de estudos de ciências caso isto não pudesse reverter em incremento à forma de se relacionar com o mundo exterior. Caso a realidade deste mundo não pudesse ser atingida e tudo que sabemos sobre ela fosse fruto de padrões mais ou menos arbitrários, por que se deveria substituir concepções pessoais sobre o mundo por outras científicas? Colocações dessa natureza poderiam ser induzidas em estudantes como resultado de interpretações mal balanceadas, tiradas de cursos científicos com base em teses construtivistas. O mundo e sua cognoscibilidade são os motivos preferenciais do fazer científico, assim como deveriam ser aqueles da educação científica. Sem a possibilidade de aplicar os conhecimentos científicos aprendidos na apreensão da realidade, eles só teriam função como objetos escolares, isto é conhecimentos destinados a garantir o sucesso em atividades formais de educação. Fragilizada, a ciência tenderia a ser preterida na escola por opções culturais aparentemente mais atraentes como o ocultismo, a religião, a astrologia, ou mais práticas como a computação e a economia.

No passado, aprendia-se ciências pois havia a crença que através dela se atingiria os segredos da natureza. Este objetivo deve ter motivado grandes sábios, como Aristóteles, Galileu, Lavoisier, Newton, Darwin, Einstein, e outros, independentemente da forma como cada um deles concebia que isso seria possível. Pode-se a partir dessa afirmação inferir um objetivo claro para a educação científica: o de ampliar nosso conhecimento sobre a natureza gerando imagens adequadas do mundo. Este objetivo estaria associado à apreensão de conhecimento científico independentemente dos aspectos pragmáticos e utilitaristas e adequados a qualquer educação propedêutica.

*Nesse sentido, parece urgente re-inserir a construção da realidade como objeto da educação científica. Não nos moldes determinados pelo empiricismo ingênuo, mas enfatizando o conhecimento construído pela ciência como esboços da realidade. Para isto, é necessário a reformulação do construtivismo atual atribuindo-lhe uma dimensão ontológica **realista**.*

A realidade passaria a se constituir em um objetivo-obstáculo ¹¹ no ensino de ciências, retomando aqui um conceito introduzido por Martinant (1986). Objetivo, pois toda conhecimento pode ser entendido como resposta a um problema enfocado num certo momento(Bachelard, 1938); Obstáculo, pois a impossibilidade de atingirmos soluções definitivas sobre a realidade do mundo, nos leva a uma constante busca de superação de formas estabelecidas de entendimento. Neste sentido, a realidade segundo a ciência, seria entendida como uma das formas possíveis e aceitáveis de ver o mundo, podendo mesmo ser tratada em níveis cada vez mais sofisticados, exemplificando a marcha da ciência face a este objetivo-obstáculo. Isto se constituiria numa forte

¹¹J.L. Martinant introduz esse conceito visando "utilizar a caracterização dos obstáculos como um modo de seleção dos objetivos" da educação científica. (Astolfi, 1995)

justificativa para o ensino científico. A interpretação do cotidiano seria beneficiada pela aprendizagem de conhecimento científico, justificando a substituição das concepções pessoais. A apreensão da realidade passaria a ser o objetivo final da educação científica, que deveria, porém, ser perseguida através de construções balizadas por padrões legitimados coletivamente, como é o caso da ciência. Isto implicaria em modelizar individualmente¹² o real segundo critérios histórico-sociais presentes no corpo da ciência .

Nesse sentido, oferecemos a seguir um complemento epistemológico ao construtivismo atual, baseado no uso de modelos e na sua vinculação com um mundo exterior e complexo. Avançamos a idéia de que o ensino de ciência pode incrementar o construtivismo de compromissos ontológicos, sem contudo retroceder às teses empiricistas. Sem recolocar o conhecimento científico com status de verdade absoluta e inquestionável, seria possível definir seu exato valor como atividade historicamente validada de interpretar o mundo e por isto, atividade legítima de construir imagens “verdadeiras” da realidade.

Modelos e modelização na concepção de Mario Bunge

A discussão sobre modelos no trabalho de Bunge se inicia pela análise de sua função na constituição do *conhecimento teórico* das ciências. Para ele, a capacidade de produzir conhecimento teórico é uma característica da ciência desenvolvida pelas sociedades modernas, pois nas sociedades pré-industriais crença, opinião e conhecimento pré-teórico eram suficientes. (Bunge, 1974, pag. 9) Para Bunge, o caráter teórico do conhecimento torna-se medida de progresso científico, mais do que o volume de dados empíricos acumulados. Tal progresso seria medido pela capacidade de áreas científicas específicas em *apreender* o real teoricamente. Dentro desse contexto, ele explicita as formas que fazem parte desse jogo entre teoria e realidade.¹³

Os modelos são abordados na medida em que se procura relações entre as teorias e os dados empíricos. Estes são os intermediários entre as duas instâncias limítrofes do fazer científico: conceitos e medidas. Ao longo de todo seu trabalho ficará claro que, embora de fundamental importância, as teorias por si só nada valem no contexto científico, pois sendo abstrações produzidas por nossa razão e intuição não se aplicariam a priori às coisas reais. Por outro lado, os dados empíricos apesar de mais próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar conhecimento. Desta aparente dicotomia entre teórico e empírico, é introduzida a modelização como instância mediadora.

Com efeito, Bunge define três elementos fundamentais no processo de teorização:

- 1- *Teoria geral* - que pelo fato de ser geral se aplica potencialmente a qualquer parte da realidade, mas é impotente por si só na resolução de problemas;
- 2- *Objeto-modelo* - que se constituem em imagens conceituais (e portanto abstratas) dos elementos pertencentes a um sistema real que se pretende interpretar através de uma teoria geral.
- 3- *Modelo teórico (ou Teoria específica)* - “...é um sistema hipotético-dedutivo que concerne a um objeto-modelo” (Bunge, 1974, p. 16) e “..., é obtido pela adjunção de suposições subsidiárias a uma estrutura geral... cobrindo uma espécie em vez de um gênero extenso de sistemas físicos”. (Bunge 1973, p. 53)

Os objetos-modelos são formulados através das propriedades comuns, ou admitidas como comuns de determinado grupo de objetos reais em foco. Apesar de um alto grau de realidade, não

¹²A noção de modelos transcende seu papel na ciência. Embora o cientista produza modelos, é certo que os indivíduos em geral também o produzem. Os estudos sobre *modelos mentais* se propõem a abarcar esta característica do pensamento humano. Sobre modelos mentais, ver Moreira 1996

¹³ *Teoria e realidade* é, por sinal, o título de sua obra direcionado ao uso de modelos na ciência. Ver Bunge 1974

permitem nenhuma operacionalização que vá além do próprio estabelecimento de semelhanças. No extremo oposto temos as teorias gerais, que embora altamente operacionalizáveis (em função de sua estruturação matemática) não se referem a nada especificamente pertencente ao mundo real, embora possam vir a se referir pela adição de suposições adicionais.

A inter-relação entre os três elementos acima é exemplificada no seguinte trecho:

“Quando suposições e dados especiais respeitantes a um corpo particular [objeto-modelo] são associados à mecânica clássica e à teoria clássica da gravitação [teorias gerais], produz-se uma teoria especial [modelo teórico] sobre esse corpo. Temos deste modo teorias lunares, teorias sobre Marte, teorias sobre Vênus, e assim por diante.”(Bunge, 1973, p; 54)

Bunge coloca que esse processo teórico objetiva a interpretação de parte da realidade. Por ser sempre complexa, sua aproximação deve então ser obtida inicialmente através de simplificações (idealizações), onde classes de indivíduos equivalentes são elaboradas. Aos elementos pertencentes a essas classes atribui-se propriedades e características, que poderão então ser tratadas pelas teorias. Temos o nascimento dos elementos conceituais (ou objetos-modelo), que serão enxertados em teorias gerais e gerarão teorias específicas sobre o domínio real em foco.

A força da teorização está justamente na capacidade das teorias gerais, que a princípio não dizem respeito a nenhuma parte do mundo, de, ao serem enxertadas por estes objetos conceituais, produzirem representações da realidade, isto é, modelos teórico.

Na tabela a seguir, Bunge (1973, pag 53) apresenta uma lista de situações modelizadas pela ciência:

“SISTEMA	OBJETO MODELO	MODELO TEÓRICO	TEORIA GERAL
Lua	Sólido esférico girando em torno do seu eixo, em rotação à volta de um ponto fixo, etc.	Teoria Lunar	Mecânica clássica e teoria gravitacional.
Luar	Onda eletromagnética polarizada plana	Equações de Maxwell para o vácuo	Eletromagnetismo clássico
Pedaço de gelo	Cadeia linear casual de contas	Mecânica estatística de cadeias casuais	Mecânica estatística
Cristal	Grade mais nuvem de elétrons	Teoria de Bloch	Mecânica quântica”

O objeto-modelo passa a representar os objetos-reais e o modelo teórico o comportamento deles. Nesse sentido, o modelo teórico é um sistema hipotético-dedutivo, uma máquina de gerar proposições a partir de proposições iniciais, ou seja, é possível realizar previsões a partir deles. As previsões são possíveis pois, em sendo uma rede de relações dedutivas, o modelo pode extrapolar as situações para as quais foi inicialmente construído e expor propriedades e comportamentos dos objetos-modelos nele inseridos.

Na tabela de exemplos acima, a *onda eletromagnética polarizada plana* passa a ser uma representação possível do *luz*, cujo comportamento pode ser obtido pelas relações básicas contidas na teoria eletromagnética clássica. De posse disso, explicar o comportamento de tal objeto (por exemplo, a formação de halos coloridos ao passar por uma fina camada gasosa durante a noite) assim como realizar previsões (como mostrar que a luminosidade se extingue quando a fazemos passar por um polarizador convenientemente direcionado, ou rotacionar o plano de polarização pela aplicação de um campo magnético) tornam-se tarefas possíveis através das relações ditadas pela teoria eletromagnética.

Desta forma, fica definido que não é possível testar teorias gerais pois elas não dizem nada a respeito do mundo empírico (realidade), apesar de permitirem o estabelecimento de relações dedutivas. Apenas os modelos teóricos produzidos a partir delas podem ser submetidos ao crivo da experiência e por conseqüência serem refutados e gerarem problemas. Do mesmo modo não há sentido em se perguntar se um objeto-modelo é verdadeiro ou falso. Em sendo uma idealização mais ou menos arbitrária (em função das decisões do pesquisador), e mais ou menos vinculada aos interesses e possibilidades que a ciência tem em determinado momento, acaba por ter um status apenas convencional.

Bunge entende os modelos como capazes de representar a realidade. Mas ele vai além, atribuindo-lhes papel de *simulador* do real, ao dizer que todo modelo teórico deve, cedo ou tarde, definir mecanismos internos que dêem sustentação às relações nele existentes. Nesse sentido, as coisas *são* o modelos teórico que as representa, e sua essência passaria então a ser determinada pelos *mecanismos hipotéticos ou escondidos*, nele presentes.

A denominação de mecanismos *escondidos* não diminui sua aceção realista, mas apenas indica que eles não são acessíveis à percepção, mas inferidos teoricamente a partir das teorias. Como todo modelo contém uma certa dose de “aposta”, a sua falibilidade deve ser constantemente considerada. Nesse sentido, a confiança nos modelos deve ser criticamente guiada por testes e previsões. Assim, os mecanismos hipotéticos só ganhariam status de “coisas reais” quando pudessem de alguma forma receber confirmação empírica.

Com efeito, os modelos funcionariam como “dublês” da realidade. A proposição dos objetos-modelo com suas propriedades específicas circunscritos pelos modelos habilitariam os cientistas a abandonar provisoriamente a realidade e toda sua complexidade e aprofundar-se nas relações internas ao mesmo. Nesse sentido, os modelos teriam valor *ontológico*, pois *seriam*, aproximadamente e provisoriamente, a realidade, mesmo que circunscritas local e temporalmente.

BUNGE E AS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO

Para Bunge os modelos são a essência do próprio trabalho científico. Da mesma forma acreditamos que eles devam também o ser para o ensino de ciências, pois ao construir modelos exercita-se a capacidade criativa com objetivos que transcendem o próprio universos escolar. A busca de construir não apenas modelos, mas modelos que incrementem nossa forma de construir a realidade, acrescenta uma mudança de “qualidade” ao conhecimento científico escolar. Existiria no processo de produção de modelos, a passagem progressiva do real-percebido ao real-idealizado. Esse processo inicia-se pelas idealizações das situações tratadas que resultariam nos **objetos-modelos**, e termina com a construção dos **modelos teóricos**, que seriam as estruturas que emulariam o real através de sistemas conceituais hipotético-dedutivos. Para chegar-se a eles, é necessário a construção de **objetos-modelos** e sua incorporação numa **teoria geral**, que por ser geral não se pronuncia diretamente sobre a realidade. Esta dinâmica é grosso modo, a base de todo processo de construção na ciência. Porém a sua vinculação com uma dimensão real do mundo torna-a fundamental para qualquer processo interpretativo. Pois, para além da discussão filosófica

acima, no campo afetivo o sentimento de **realidade** é algo inerente ao ser humano. Seja, ele relacionado a essência última das coisas, no sentido mais materialista do termo, ou forma de entendimento compartilhados, vivemos num mundo onde sabemos diferenciar o real do não real. As *realidades virtuais* estão aí para mostrar o quanto a noção de realidade é importante para a humanidade, pois atualmente construímos realidades impossíveis de serem pensadas anteriormente. E a ciência tem papel fundamental nesta construção.

Mas não se deve interpretar a obtenção de modelos como uma atividade meramente racional ou mecânica. Apesar de vincular-se aos aspectos empíricos dos fenômenos enfocados, trazidos pela observação e pelos resultados de experiências, a modelização é uma atividade criadora. Nela inserem-se as preferências pessoais, as paixões intelectuais e a bagagem de conhecimentos anteriores do cientista, balanceadas e organizadas pela intuição pela razão. (Bunge, 1974, p. 22). Neste sentido, as realidades que construímos sobre o mundo gozam das mesmas prerrogativas, pois são fruto de nossos desejos, que nossa criatividade e razão se encarregam de dar vazão. Os desejos, assim como nossa criativa, são individuais e privativos, mas a razão serve de fiel no processo de estruturação e validação de modelos que deve ser coletiva. A ciência aperfeiçoou este processo, gerando estruturas eficientes na apreensão do mundo. Nela observação, intuição e razão foram integradas num processo cujos resultados são avaliados por todos. Mas segundo Bunge, “nenhuma destas componentes do trabalho científico – observação, intuição e razão – pode, por si só, nos dar a conhecer o real. Elas não passam de aspectos diversos da atividade típica da pesquisa contemporânea: a construção de modelos teóricos e sua comprovação.”

Martinand, já em 1986, salientava a importância da reflexão sobre modelos¹⁴ e o processo de modelização porque estes podem ser um meio de transformações dos conteúdos de ensino. Considera entretanto que estas reflexões devam ser norteadas por algumas perguntas, entre elas: o que se faz modelizando? em que isto contribui? como isto funciona no pensamento científico? que tipos de atividades específicas podem ser propostas em sala de aula? A forma de vislumbrar os modelos e seu papel na ciência realizada por Bunge parece responder a estas perguntas; pois:

1. se modeliza visando apreender o real;
2. todo modelo científico se traduz como um incremento à compreensão da realidade do mundo;
3. assim como na ciência, a construção de modelos é resultado de um processo criativo, mediado pelos/e entre os homens pela ação da razão;
4. a sala de aula deveria conter atividades de onde se passasse de um real imediato (forjado pelo senso comum) a um real idealizado pela ciência.

Numa concepção bungeana, os modelos construídos pela ciência são os intermediários entre a teorização generalizante e ideal contida nos domínios mais abstratos do conhecimento científico e o empírico específico e concreto presente em toda experiência sensitiva. A atividade de modelização seria o verdadeiro motor atividade científica, por canalizar estas duas instâncias do humano.

Ao introduzirmos a modelização como objeto do ensino de Física estaremos instrumentalizando os alunos a representarem a realidade a partir das teorias gerais. A preocupação com o contexto de construção do conhecimento científico não deve ser deixado de lado, mas submetido ao objetivo maior da educação científica que é o de assegurar ao indivíduo uma melhor relação com o mundo em que vive. A explicitação e exemplificação das teorias Físicas como capazes

¹⁴Um apanhado de literatura anglo-saxônica sobre modelos e modelização no ensino pode ser obtido em Krapas et alli 1997.

de nos fornecer um quadro da realidade, mesmo que ele seja pintado em diversos estilos diferentes, gera competição (no aspecto positivo do termo) entre as concepções científicas e as concepções alternativas. A possibilidade de comparação e a tomada de decisões sobre qual forma representar a realidade tornará os alunos mais críticos e mais capazes de desfrutar dos *insights* que tem apaixonados cientistas ao longo dos tempos.

Bibliografia

ABRANTES, P. (1998), “Kuhn e a noção de ‘Exemplar’”, *Principia*, vol. 2, n. 1, 1998

ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M (1995) . *A didática das ciências*, Papirus, São Paulo, 1995.

BACHELARD, G. (1938), *La formation de l'esprit scientifique*, Vrin, Paris, 1989.

BECKER, F. (1993), *A Epistemologia do Professor*, Editora Vozes, Petrópolis, 1994.

BROUSSEAU, G. (1982) “Les objets de la didactique des mathématiques”. *Atas do Seminário de la 2^e école d'été de didactique des mathématiques*, 1982.

BUNGE, M. (1973), *Filosofia da Física*: edições 70, Lisboa, Portugal.

_____ (1974), *Teoria e Realidade*: editora perspectiva S.A., SP, 1974.

CHEVALARD, Y. (1985), *La Transposition Didactique*, La Pensee Sauvage, Editions, França, 1991.

DRIVER, R. (1983), *The Pupil as Scientist?*, The Open University Press, Milton Keynes, England, 1983.

DUIT, R. (1993). “Research on Students’ conception - developments and trends”. *Proceeding of the third international seminar: misconceptions and education strategies in science and mathematics*. Ithaca, New York: Misconceptions trust, 1993, p3-32(eletronic proceedings)

GILBERT, J. and SWIFT, J. (1985), “Towards a lakatosian analysis of the piagetian and alternative conceptions research programs”. *Science Education*, 69(5) pag. 681.

GLASERSFELD, E. Von (1989) “Cognition, construction of Knowledge, and teaching”, *Synthese*, 80, pag. 121.

HARDY, M. and TAYLOR, P. (1997) "Von Glasersfeld's Radical constructivism: A Critical Review". *Science and Education*, 6(1-2), 1997, pag. 135 - 150.

GRAF (1993), *Física*, 3 volumes Edusp, São Paulo, 1993

KRAPAS, S. QUEIROZ, G., COLINVAUX, D. FRANCO, C. e ALVES, F. (1997) “Modelos: uma análise de sentidos na literatura de pesquisa em ensino de ciências”, *Investigações em Ensino de Ciência*, 2(3), paginação eletrônica.

KUHN, T. S. (1970), *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: University press, 2 edit, Chicago, EUA.

MARTINAND, J. L.(1986), “Enseñanza y a aprendizaje de la modelización”. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pag. 45, 1986.

MATTHEWS, M. (1994) *Science teaching: the role of history and philosophy of science*; Routledge, New York and London, 1994.

MILLAR, R. (1989), “Constructivisme Criticism”, *International Journal of Science Education*, 1989, pag. 253.

MOREIRA, M (1996) “Modelos mentais”, *Investigações em Ensino de Ciência*, 1(3), paginação eletrônica.

OGBORN, J. (1997), “Constructivist metaphors of learning science”, *Science & Education* 6: pag. 121, 1997.

POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W., GERTZOG, W.A. (1982). “Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change”. *Science Education* 66, 2, pag. 211, 1982.

SANTOS, F. (1996), *Do Ensino de ciências como mudança conceitual à fronteira de uma abordagem afetiva*, dissertação de mestrado, CED, UFSC, 1996.

SOLOMON, J. (1994) – “The rise and fall of constructivism”, *Studies in Science and Education*, 23, pag. 1, 1994.

SUCHTING, W. (1992) “Constructivism deconstructed”, *Science and Education*, 1 (3), pag. 223.,1992

Recebido em: 28.05.99

Aceito em: 20.12.00