

O PAPEL DO CONSTRUTIVISMO NA PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS (The role of constructivism in reseach in science education)

Orlando Aguiar Jr.

Faculdade de Educação, UFMG
Av. Antonio Carlos, 6627
31270-901 Belo Horizonte, MG, Brasil

Resumo

Nesse trabalho, iremos examinar os desafios colocados às pesquisas em ensino de ciências inspiradas no construtivismo piagetiano. Faremos isso a partir da apreciação do mérito de algumas críticas que vem sendo formuladas à orientação contrutivista na pesquisa em ensino de Ciências, no que se refere aos seguintes aspectos: 1. Epistemologia subjacente enganosa em alguns trabalhos; 2. Ênfase demasiada a aspectos individuais da cognição em detrimento de fatores sociais e comunicativos; 3. Pretensão de universalidade nos princípios e mecanismos gerais de aprendizagem; 4. Abordagem centrada quase exclusivamente em aspectos conceituais da ciência em detrimento de um ensino orientado para aplicações tecnológicas e para os impactos da ciência enquanto produção social. Iremos ressaltar as possibilidades do construtivismo vir a responder a algumas dessas demandas mas discutiremos sobretudo o papel e os limites das teorias em campos de grande complexidade como a educação. Em lugar de pretender ser uma ampla e abrangente Teoria da Educação, o construtivismo deve recuperar sua orientação epistemológica, aprofundar suas contribuições enquanto Teoria da Aprendizagem, e buscar uma articulação com outras dimensões e orientações da pesquisa em ensino de ciências.

Palavras-chave: construtivismo piagetiano; pesquisa em ensino de ciências.

Abstract

In this paper we will examine the challenges placed on research studies in science education inspired in the Piagetian constructivism. We will do so by assessing the merit of some criticisms that are being made to the constructivist research in science education regarding the following aspects: 1. The subjacent misleading epistemology of some studies; 2. too much emphasis on individual aspects of cognition, disregarding social and communicative factors; 3. supposed universality of the general learning principles and mechanisms; 4. an approach centered almost exclusively on conceptual aspects of science instead of a teaching centered on technological applications and on the social impact of science. We will stress the possibilities of constructivism to answer some of those demands, but we will mainly discuss the role and limits of theories in fields of large complexity such as education. Instead of trying to be a wide and embracing theory of education, constructivism must recover its epistemological nature, deepen its contributions as a learning theory, and look for an articulation with other dimensions and directions of research in science education.

Key-words: Piagetian constructivism; science education research.

Introdução

O construtivismo foi certamente o movimento predominante na educação em geral e, em particular, na pesquisa em ensino de ciências nas últimas décadas. A imagem de que o conhecimento é ativamente construído pelo aprendiz e não apenas transmitido pelo professor e passivamente apreendido é hoje um lugar comum não apenas entre pesquisadores mas também no

discurso de boa parte dos professores de todas as áreas. Embora seja difícil avaliar a extensão das mudanças é notória a influência desse movimento nas concepções e práticas docentes.

Talvez o principal impacto das orientações construtivistas esteja na atenção antes dirigida aos métodos de ensino, entendidos como técnicas capazes de ensinar com eficiência, para os processos de aprendizagem. O olhar do educador dirige-se assim para as potencialidades e as dificuldades dos estudantes em suas interações com os conteúdos escolares. Segundo Ogborn (1997: 131) o construtivismo educacional insistiu corretamente em quatro pontos essenciais, sendo por esses reconhecido: 1. A importância do envolvimento ativo do aprendiz; 2. O respeito pelo aprendiz e por suas próprias idéias; 3. O entendimento da ciência enquanto criação humana; 4. Orientação para o ensino no sentido de capitalizar o que os estudantes já sabem e dirigir-se às suas dificuldades em compreender os conceitos científicos em função de sua visão de mundo.

No ensino de ciências, a partir do final da década de 70, a vertente predominante desse movimento dedicou-se a um grande esforço de pesquisa no sentido de mapear os conteúdos do conhecimento prévio dos estudantes acerca de fenômenos e processos naturais, bem como as interações dessas concepções espontâneas com os conceitos e teorias científicas que lhes são apresentados na escola (para uma revisão das tendências dessas pesquisas ver Duit, 1993). A imensa quantidade de dados então reunidos contribuiu para uma visão aparentemente consensual sobre os rumos da pesquisa em ensino de ciências, apesar de seu caráter multifacetado, decorrente de diferentes orientações e inspirações teóricas. Essa visão otimista sobre os rumos da pesquisa vieram a ser problematizadas a partir das dificuldades em produzir evidências sobre como promover mudanças conceituais no ensino de ciências. O caráter abrangente da expressão “mudança conceitual” reuniu significados muito diferenciados, orientações para o ensino distintas e até mesmo incompatíveis entre si (Aguilar Jr. e Filocre, 1997). Tal dubiedade foi, a nosso ver determinante para o surgimento de uma série de críticas às abordagens construtivistas que, em diferentes tons e ênfases, apontam para uma debilidade teórica subjacente (Millar, 1989; Solomon, 1994; Mortimer, 1994; Matthews, 1992; Osborne, 1996).

Tais críticas são, em boa parte, pertinentes e obrigam a rever as contribuições que o construtivismo tem a dar para o ensino de ciências. Alguns dos problemas apresentados podem ser enfrentados recuperando a tradição do construtivismo no campo da epistemologia e da psicologia. É preciso reconhecer ainda que muitos dos desafios enfrentados pelo ensino de ciências vão além do que o construtivismo, enquanto teoria do conhecimento e da aprendizagem, pode oferecer. Tais questões exigem uma correta formulação do papel do construtivismo no desenvolvimento de currículos no ensino de ciências e sua necessária articulação com outras contribuições decorrentes da pesquisa educacional.

1. Questões epistemológicas: resgatando as origens

Antes de iniciar é preciso compreender o construtivismo educacional enquanto movimento heterogêneo cujas fontes vão da psicologia personalista de Kelly ao sócio-interacionismo de Vygotsky, passando por contribuições da epistemologia genética, da filosofia das ciências, da sociologia do conhecimento e da psicologia cognitiva num espectro que está longe de oferecer uma base consensual significativa. As variedades das contribuições dos vários autores depende não apenas das fontes que inspiram seus trabalhos, mas ainda da maneira peculiar como as interpretam e, sobretudo, da visão que têm do processo educacional como um todo e do ensino de ciências, em particular.

Uma dessas correntes é o auto-denominado “construtivismo radical” de Von der Glasersfeld (1989, 1991), que assume uma posição nitidamente subjetivista, idealista e pragmática. Segundo

esse autor, o conhecimento reside na mente do sujeito cognoscente e não tem qualquer existência externa: *"Se nossos conceitos são derivados por abstração da experiência, não há base para acreditar que eles possam captar nada que exista além da nossa experiência"*(Glaserfeld, 1991, p. 31). O autor nega desta forma a realidade, *"se por 'realidade' entendemos algo que 'existe' e que tem uma estrutura independente do sujeito cognoscente"*(p. 32).

A idéia de verdade é substituída pelo conceito de viabilidade: o conhecimento viável é aquele coerente com outros entendimentos do indivíduo e que se adapta com sua experiência. O pragmatismo refere-se a esse caráter utilitarista e imediato: o conhecimento viável é aquele que funciona em dadas circunstâncias. Outra característica do construtivismo radical é seu relativismo absoluto: não há qualquer possibilidade de se comparar duas formas de conhecimento, de se determinar seu valor relativo ou se examinar o progresso da ciência. Idéias melhores são aquelas que são mais viáveis, no sentido de se adequarem com a experiência, mas não estão necessariamente mais próximas de uma representação objetiva do mundo físico. Disso resulta o fato de que o conhecimento científico não se diferencia de outras formas de conhecimento senão por sua linguagem, por sua forma, mas não por seus métodos ou por seus méritos.

Esta posição, claramente formulada por Glaserfeld está implícita em muitos dos trabalhos na área. A passagem da premissa epistemológica "a mente é ativa na construção do conhecimento" para a conclusão de que "não podemos ter a pretensão de conhecer a realidade" seria, segundo Matthews(1992), endêmica nos trabalhos construtivistas. Para Ogborn (1997) a origem dessas posições estaria na falsa correspondência entre a crença na existência de algo e a certeza do conhecimento que temos dele. Assim, o realismo e dogmatismo são indevidamente considerados equivalentes.

A diversidade das posições construtivistas no que se refere às suas orientações epistemológicas fica ainda mais patente quando se consideram os apelos em relação à experiência do sujeito como fonte de novos conhecimentos. A ambigüidade do construtivismo radical acaba por repetir Berkeley numa estranha mistura de idealismo e empirismo (Matthews, 1992; Ogborn, 1997).

Tais equívocos demonstram sobretudo uma incapacidade em aprofundar as próprias raízes do construtivismo na Filosofia e na Epistemologia. As assimilações deformantes acabam por transformar a epistemologia genética nas mãos de Glaserfeld em uma filosofia pragmática. Entretanto, Piaget é bastante claro quando discute o problema da objetividade: *"a objetividade, antes de tudo é um processo e não um estado e representa mesmo uma conquista difícil, por aproximações indefinidas, porque deve satisfazer as duas condições seguintes: a primeira é que o sujeito, só conhecendo o real através de suas ações (e não apenas por suas percepções) para que atinja a objetividade passará por uma descentração (...); a segunda condição da objetividade é portanto da reconstituição por aproximações, donde uma série de novas coordenações entre os estados possíveis de um mesmo objeto assim como entre os objetos, o que equivale à elaboração de princípios de conservação e de sistemas causais"* (Piaget, 1983/1970: 54-55). Ou ainda: *"por mais matematizado que seja sempre o observável físico nos níveis científicos ele corresponde, apesar disso, a um dado exterior ao sujeito: o que significa dizer que existem objetos, mesmo se as aproximações que permitem acercar-nos deles não os agarram nunca de um modo exaustivo e que, portanto, eles permaneçam no estado de limites"* (Piaget e Garcia, 1987/1983: 19).

Devemos lembrar a importância da dimensão epistemológica no ensino de ciências, considerada por Ogborn (1988) como uma das cinco linhas de desenvolvimento de currículo de ciências¹, constituindo-se em uma resposta à questão: como sabemos o que sabemos? Responder a essa questão implica considerar o valor do conhecimento científico e as evidências que nós

¹ Além da linha epistemológica, as quatro outras são as linhas ontológica, causal, de comunicação e pragmática.

apresentamos para nossa visão de mundo (compromissos ontológicos). Além disso, apesar dos apelos dos pragmatistas ao considerarem o conhecimento como uma ficção teórica, as teorias científicas estão em constante movimento com a realidade - prevêm novos fatos, produzem novas tecnologias e são muitas vezes por elas reveladas.

Vários autores têm identificado nos currículos atuais uma ênfase exagerada aos aspectos declarativos e proposicional em detrimento dos aspectos procedurais do conhecimento científico (Matthews, 1994, Osborne, 1996; Millar, 1996). Tais apelos concentram-se no valor da ciência e, portanto, na variedade de métodos e práticas que legitimam seus resultados. Um ensino de ciências voltado para a compreensão de todos deve abranger não apenas a aprendizagem de conteúdos fundamentais de ciências mas sobretudo a aprendizagem sobre ciências. Dessa forma, a educação científica deve estar comprometida com a racionalidade, o pensamento crítico (capacidade de compreender e examinar argumentos, hipóteses e teorias) e a objetividade². Poderíamos acrescentar que a ciência enquanto atividade humana ultrapassa os limites da racionalidade técnica preconizada por Matthews (1994) e Osborne (1996), mas certamente tal racionalidade constitui um elemento sem o qual seria impossível compreender o alcance e o valor do empreendimento científico.

Do nosso ponto de vista, o desenvolvimento da linha epistemológica no currículo de ciências dificilmente se realiza a contento sem a contribuição de autores identificados com posições construtivistas acerca do conhecimento. Convém lembrar que a proposição básica do construtivismo na epistemologia é de que o conhecimento não provém diretamente dos objetos nem tampouco de uma organização inata do sujeito, mas se constitui progressivamente ao longo das interações do sujeito-objeto. A epistemologia subjacente ao construtivismo radical de Glasersfeld, de alguma forma presente em muitos outros trabalhos conforme nos indica Matthews (1994), é um claro indicativo de que a pesquisa no ensino de ciências tem extraído muito menos do que pode oferecer a boa tradição epistemológica construtivista, mesmo quando julga fazê-lo³.

Outro problema epistemológico no interior do movimento construtivista consiste na suposta correspondência entre a natureza do processo de construção do conhecimento científico e a natureza das aprendizagens escolares, ou seja, a passagem do plano epistemológico para o pedagógico como se este derivasse dedutivamente daquele. Para Ogborn (1997) é um erro identificar o processo de obtenção de novos conhecimentos por uma comunidade científica com a aprendizagem desse conhecimento uma vez tornado público e objetivamente existente. Conforme insistimos em outra ocasião (Aguiar Jr., 1995) esse nos parece ser um dos principais problemas do modelo de mudança conceitual proposto por Posner e colaboradores (Posner, Strike, Hewson e Gertzog, 1982).

O aspecto que nos parece mais problemático nas pesquisas de linhagem construtivista refere-se à distinção entre conhecimento científico e conhecimentos espontâneos ou de senso comum. Certamente a grande contribuição da epistemologia genética foi o de indicar elos genéticos entre as aquisições elementares na criança e as formas maduras da produção científica. Entretanto, essa continuidade funcional não implica uma equivalência nem tampouco uma passagem linear, sem rupturas. As pesquisas em concepções espontâneas têm indicado uma diferença não apenas em termos de conteúdo conceitual, mas sobretudo do ponto de vista epistemológico e ontológico, ou

² Por objetividade entende-se um compromisso com a realidade exterior, uma pretensão em descrever o mundo tal como ele é e não apenas como uma questão de conveniência pessoal ou social. O problema filosófico acerca da objetividade científica tem sido freqüentemente mal compreendido nos trabalhos em ensino de ciências. O que predomina é uma negação da busca de objetividade como decorrência da falência da visão tradicional da mesma sustentada pelo positivismo lógico (a respeito do problema da objetividade na Filosofia ver Cupani (1989). Para uma abordagem construtivista bem fundamentada ver Giusta (1985).

³ O trabalho de Filocre (1991) nos indica a riqueza das possibilidades de análise e interpretação oferecidas pela epistemologia genética para o tratamento de problemas relacionados ao ensino de ciências, tais como a questão da causalidade, o papel da experimentação, do erro e as relações entre possível, real e necessário.

seja, como são validados os conhecimentos e qual é a visão de mundo subjacente (Villani, 1992; Driver et alli, 1994).

Uma análise cuidadosa da obra de Piaget permite-nos aprofundar a discussão sobre o valor das teorias científicas quando comparadas com as concepções espontâneas. Isso porque distingue o valor epistemológico e o valor psicológico das teorias. Do ponto de vista epistemológico, o conhecimento científico quando comparado a outras formas de conhecimento é sem dúvida alguma melhor, seja por seu rigor, pela riqueza e possibilidades de transformação de seus modelos, por sua capacidade em antecipar-se e produzir fatos novos ou pela necessidade lógica que impõe às suas inferências. Entretanto, do ponto de vista psicológico o valor resulta de demandas do sujeito que não são apenas de ordem racional, mas também prática (ter um resultado às mãos), metafísica, afetiva, motivacional, etc. Assim, o critério de valor dado ao conhecimento científico não é um critério absoluto mas relativo. Podemos dizer que, do ponto de vista psicológico, o conhecimento científico é melhor para o empreendimento a que se presta, ou seja, permitir um enquadre racional da realidade.

2. Individual e Social: sobre a necessidade de superar dicotomias

Algumas abordagens construtivistas têm sido duramente criticadas por privilegiar o foco no indivíduo. Levando ao extremo, isso implicaria supor que toda a construção deve ser realizada por pessoas singulares, sendo cada uma delas requisitada a fazer o universo por elas mesmas. No caso do construtivismo radical, Glasersfeld acaba por negar a possibilidade de compartilhar significados via comunicação, uma vez que cada indivíduo atribui a eles um valor arbitrário, relacionado às experiências pessoais vivenciadas. Para Ogborn (1997) tais apelos são decorrentes de uma mudança da metáfora da “descoberta” para a metáfora da “construção” (*finding versus making*) para caracterizar a aprendizagem em ciências. A consideração radical dessa imagem metafórica, utilizada de modo irrefletido, tem esvaziado o significado epistemológico da “construção” pretendida.

O construtivismo piagetiano, pelas características próprias da orientação epistemológica de suas pesquisas, tem sido responsabilizado pela ênfase excessiva na dimensão individual do conhecimento, ignorando a inserção cultural da criança e sobretudo as dimensões específicas dos conteúdos e das interações no interior da instituição escolar (O’Loughlin, 1992; Gómez-Granell e Coll, 1994). Entretanto, convém perguntar se tais limitações são uma debilidade inerente ao programa de pesquisa piagetiano ou se, pelo contrário, resultam de uma extensão do programa para um novo domínio de investigação, o que o coloca diante de desafios para os quais pode, em tese, fornecer respostas adequadas. Isso seria possível uma vez que a consideração desses fatores são compatíveis com os pressupostos fundamentais (núcleo rígido) do programa. Como Lerner (1995: 89) acreditamos que *“no plano didático, é possível ser ‘piagetiano’ e ao mesmo tempo tomar como eixo a comunicação dos saberes culturais, colocar em primeiro plano a construção social do conhecimento e atribuir um papel fundamental à intervenção do professor nessa construção.”*

O que permanece em debate é a extensão das modificações necessárias no programa para fazer frente às demandas colocadas pela educação escolar. É sabido que Piaget apresentou sempre interesse pela dimensão social e pela importância da interação social no desenvolvimento, o que podemos comprovar em vários trabalhos por ele publicados (por exemplo, Piaget e Garcia, 1987: 244). Entretanto, segundo Martí (1997: 29) *“o ponto de vista de Piaget está dirigido aos mecanismos internos de construção, sendo os mecanismos externos secundários e subordinados aos da construção interna. Assim, o papel desempenhado por outras pessoas no desenvolvimento nunca é decisivo, nunca é estruturador nem portador de novidades para Piaget”*. Apesar dessas objeções esse mesmo autor afirma *“o que Piaget nos oferece no que se refere à dinâmica interna*

da construção de conhecimentos (modelo de equilíbrio, os mecanismos de tomada de consciência, de abstração, a importância do conflito, etc.) é essencial quando pensamos nas situações de aprendizagem e na prática educacional, mas é insuficiente se pensamos no papel essencial que o professor deve desempenhar no processo de aprendizagem” (1997: 24).

Para apreciar essas contribuições, podemos enunciar os pontos fundamentais do construtivismo piagetiano quando se trata de buscar uma explicação psicológica dos processos de aprendizagem escolar. Apreciações semelhantes feitas por Coll (1997: 152-154) e por Filocre e Aguiar (1996), conduzem a três princípios básicos. Em primeiro lugar, conhecer consiste em fornecer uma interpretação à realidade, o que é feito por meio de esquemas de assimilação. Assim sendo, não existe nunca uma leitura direta da experiência e o que o estudante pode compreender de uma dada lição depende dos esquemas que utiliza para assimilar o ensino. O segundo princípio consiste em afirmar que a atividade mental é constitutiva do funcionamento humano sendo esta desencadeada pelas interações do sujeito com os objetos do conhecimento. No sentido piagetiano, a interação consistirá sempre num grau de novidade e, portanto, de perturbação para o sujeito, o que determina uma busca. Conhecer implica atuar e atuar supõe um processo de modificação e mudança produzida pelo duplo jogo da assimilação e da acomodação. O terceiro grande princípio é o da equilíbrio, que constitui o fator explicativo por excelência das formas de equilíbrio majorantes que se sucedem sem cessar ao longo de nossa vida. O princípio da equilíbrio constitui em uma forma adaptativa que procura maximizar as interações organismo-meio através da construção de novos instrumentos de compreensão e ação sobre a realidade, sempre que isso se mostrar necessário ao sujeito. O processo de construção é assim um processo de reestruturação no qual todo conhecimento novo é gerado a partir de outros prévios. O novo se constrói sempre a partir do já adquirido e o transcende.

Um aspecto a destacar a partir desses pontos de vista é o caráter essencialmente individual do processo cognitivo: a interação com professores, com os pares ou com os materiais instrucionais podem ajudar na tarefa de construir novos significados, mas de modo algum podem substituir a responsabilidade e o esforço de quem aprende. De acordo com a leitura realizada por Coll (1997:156-161) tais princípios, embora essenciais para a compreensão dos processos de aprendizagem escolar precisam ser revistos face ao tipo de conhecimento que se trata de elaborar (o que faz com que o mecanismo das equilíbrios não conduza espontaneamente a um resultado favorável), e ao caráter essencialmente comunicativo das aprendizagens escolares (que implicam na revisão do caráter supostamente solitário do sujeito piagetiano).

As contribuições do sócio-interacionismo vygotskiano apresentam também lacunas, mas no sentido oposto. Interessado em localizar como se constrói a subjetividade na interação do sujeito com a cultura de que faz parte, Vygotsky apresenta uma noção de que o desenvolvimento procede primeiro no plano externo, inter-mental, sendo apenas posteriormente internalizado pelo sujeito. Embora rejeitando as formas de reducionismo social, as abordagens sócio-interacionistas pouco esclarecem a respeito da atividade cognitiva do indivíduo, quanto aos processos endógenos por ele desencadeados quando da internalização dos instrumentos culturais mediadores. Por outro lado, têm apresentado fecundas contribuições no sentido de esclarecer as formas de mediação que são postas em ação quando das atividades escolares realizadas pelos estudantes com o apoio e direção dada pelo professor.

Esse quadro teórico indica a difícil superação de dicotomias enraizadas em nossa cultura que se estabelecem ente pensamento e realidade, indivíduo e cultura, sujeito e objeto, estrutura e funcionamento, construção e comunicação, continuidade e rupturas. O construtivismo tem como projeto epistemológico a superação dessas dicotomias o que não ocorre em definitivo: sempre que olhamos um aspecto, tendemos a menosprezar ou mesmo a ignorar o outro, de forma que a apreensão da totalidade do real resulta sempre de alguma forma deformada por nossos recortes.

Conforme Morin (1990: 100) “*a consciência da complexidade faz-nos compreender que não poderemos nunca escapar à incerteza e que não poderemos nunca ter um saber total. ‘A totalidade é a não verdade’*”. Assim, a apreensão do real ocorre através de teorias e pesquisas que, consciente e deliberadamente, realizam um recorte sobre essa realidade complexa e multifacetada. O fato do construtivismo não apresentar uma teoria unitária e coerente dos processos de aprendizagem não invalidam suas imensas contribuições nessa área. Por outro lado, colocam na ordem do dia a necessidade de explicar as interações entre mecanismos internos e externos de conhecimento afastado das tentações reducionistas (Martí, 1997: 32).

3. Uma agenda para o Construtivismo Piagetiano

Muitos têm sido os autores que têm apontado para a impossibilidade de uma aplicação direta do construtivismo à educação (Filocre, 1991; Ferreiro, 1991 ; Coll, 1987). Esse último autor, em artigo recente (Coll, 1997: 151), vem afirmar que as contribuições da Teoria de Piaget à educação devem ser consideradas a partir de suas relações com outras abordagens construtivistas que lhe sejam compatíveis, com uma visão adequada e crítica da natureza e finalidade do processo educacional e de uma compreensão das situações escolares de ensino e aprendizagem. Poderíamos acrescentar, com uma visão abrangente dos conteúdos do ensino, através de uma sólida fundamentação conceitual, histórica e epistemológica.

A partir dessa abordagem ampla e não reducionista, podemos estabelecer alguns problemas e questões relativos ao ensino de ciências que, a nosso ver, podem ser melhor esclarecidos a partir de elementos extraídos do construtivismo piagetiano. Faremos isso a partir da leitura de alguns dos aspectos identificados como problemáticos à perspectiva construtivista no ensino de ciências.

Em primeiro lugar, Osborne (1996: 64) questiona a ausência de validação empírica de algumas das proposições do construtivismo na educação em ciências, citando como exemplo as hipóteses relativas à metacognição: existiria uma idade crítica a partir da qual a criança tornar-se-ia capaz dessa atividade? Seria ela sempre benéfica? Qual é a distinção entre conhecer e regular a cognição? Entendemos que não se trata apenas de buscar uma validação empírica mas ainda de um referencial teórico adequado que possa orientar tais investigações. A nosso ver, a pesquisa que pretendemos desenvolver sobre as tomadas de consciência nos processos de aprendizagem escolar poderão contribuir para alguns desses esclarecimentos.

Ogborn (1997: 127) por sua vez, afirma que o construtivismo piagetiano tem por mérito reconhecer na ação humana o mecanismo capaz de estabelecer relações entre pensamento e realidade. O sujeito, através de suas ações, ao mesmo tempo transforma o real enquanto constitui-se a si próprio. Entretanto, as pesquisas em concepções espontâneas partem normalmente do repertório verbal dos sujeitos e não de suas ações materiais, das condições de execução de uma tarefa.

Segundo Piaget, os processos de tomada de consciência envolvem precisamente as relações entre ação e compreensão, ou entre saber-fazer em diversos níveis e a compreensão das razões de seu sucesso ou fracasso a partir da análise dos meios utilizados. Tal estudo nos parece coerente ainda com posições recentes na pesquisa em ensino de ciências que têm renovado apelos para que os conteúdos do ensino de ciências possam “*auxiliar os estudantes a tornarem-se mais capazes em suas interações com o mundo material, enfatizando a utilidade prática, uma forma de conhecimento tecnológico*” (Millar, 1996: 13). Os estudos sobre as tomadas de consciência podem constituir-se em forma adicional de investigar as relações entre os aspectos científico e tecnológico nos currículos de ciências de um ponto de vista da psicologia da aprendizagem.

Osborne (1996:65) reclama ainda da falta de modelos capazes de estabelecer o que pode ser ou não acessível às crianças. Embora esse seja o aspecto mais criticado da obra de Piaget (Bliss, 1994: 52), a questão das competências cognitivas de um sujeito em uma dada etapa de seu desenvolvimento é pelo menos parcialmente compreendida a partir da caracterização de estágios de desenvolvimento. Entretanto, é problemática a relação entre os conteúdos específicos do ensino de ciências e as demandas cognitivas em termos de estrutura operatória, exceto em alguns casos particulares, como a capacidade de conservação e o desenvolvimento do atomismo. Outro modo de compreender as mesmas dificuldades é estabelecer níveis de compreensão de conceitos a partir do modelo para a mudança cognitiva a que faremos referência adiante. É preciso salientar que tal modelo está centrado em aspectos funcionais e não estruturais da cognição.

Osborne (1996: 65) critica ainda o fato do construtivismo não ter oferecido uma visão compreensiva dos processos de mudança conceitual. Acreditamos que, apesar das dificuldades inerentes ao processo, vários aspectos do problema têm sido esclarecidos com elementos extraídos da Teoria da Equilibração (Piaget, 1976; Aguiar Jr. 1995). Bliss (1994: 56) afirma ser crucial compreender o processo pelo qual as idéias das crianças sobre o mundo podem mudar ou resistir à mudança. Ao diferenciar tipos de mudança conceitual, apoiados nas três formas de equilíbrio piagetiana, pensamos ter dado um passo nessa direção. Entretanto, existem outros aspectos da obra de Piaget, em relação especialmente à abertura dos possíveis, às tomadas de consciência e aos processos de abstração que merecem ser melhor investigados nos contextos específicos de aprendizagem escolar de conteúdos de ciências. Como Martí (1997: 26) acreditamos que isso demanda uma relação permanente entre mecanismos gerais e mecanismos específicos da cognição, sendo os últimos ligados aos conteúdos particulares em jogo e os primeiros aos processos funcionais citados acima.

Finalmente, Osborne (1996: 66) aponta a falha do construtivismo em estabelecer critérios que permitam uma ordenação das dificuldades relativas aos conteúdos de ciências, questão central para o desenvolvimento de currículos. Uma maneira de ordenar tais dificuldades é apresentada por White (1994: 238), consistindo basicamente em analisar os conteúdos conceituais envolvidos em cada uma das temáticas relativas ao ensino de ciências e comparar a complexidade relativa das relações que estabelecem entre si. Os fenômenos acústicos, por exemplo, envolvem um número muito mais complexo de conceitos e relações do que aqueles presentes na temática densidade e flutuação. O modelo de mudança cognitiva desenvolvido por Filocre a partir de elementos da Teoria da Equilibração realiza outro tipo de organização na medida em que pretende diferenciar níveis progressivos de compreensão de um dado conceito (por exemplo, densidade ou som) como forma de organizar um programa de estudos ao longo do processo educacional. O fundamental dessa abordagem é a suposição de que cada nível de abordagem é condição necessária para o seguinte, sendo por ele superado e transformado. Dessa maneira, o currículo de ciências poderia ser organizado de maneira compatível com os processos de aprendizagem que se pretende promover.

É evidente que tais questões não abrangem a extensa agenda de contribuições que o construtivismo tem a dar. Bliss (1994: 56) por exemplo chama a atenção para a necessidade de estudos que aprofundem o papel do professor, bem como a necessidade de compreender melhor a natureza e importância do contexto, o que poderia esclarecer as resistências às mudanças, as dificuldades na transferência de aprendizagem e a importância ou não de mecanismos gerais de desenvolvimento.

4. Dos Princípios de Aprendizagem aos Modelos de Ensino

No interior do movimento construtivista competem várias visões de aprendizagem decorrentes, entre outros, da psicologia ausubeliana, da psicologia genética de Piaget, do sócio-

interacionismo vygotskiano e da psicologia cognitiva fundada na inteligência artificial e no processamento de informação. Essas teorias compartilham a ênfase na atividade do sujeito do conhecimento, a suposição de sua inserção cultural e a importância dos conhecimentos prévios na construção de novos significados. Um dos problemas é que esses traços comuns são muito gerais e pouco esclarecedores das dificuldades e possibilidades do processo de aprendizagem escolar.

Algumas das críticas formuladas ao construtivismo pedagógico referem-se às relações entre teorias da aprendizagem e a formulação de estratégias e modelos de ensino. Millar (1989: 589) defende um ponto de vista segundo o qual um modelo construtivista de aprendizagem não tem como consequência lógica um modelo construtivista de ensino. Assim, o fato de que as pessoas aprendem coisas novas a partir de suas concepções prévias, não obriga a uma abordagem equivalente no ensino de um dado conteúdo. Isso pode ser, em alguns casos, extremamente ineficiente e inadequado.

De modo semelhante, Ogborn (1997: 131) critica o construtivismo por absolutizar a metáfora da construção de significados (*making sense*) negando assim qualquer valor a outras metáforas tais como contar, expor, mostrar, ver, descobrir. Osborne (1996: 66) diz que as pesquisas construtivistas dão uma contribuição válida ao aumentarem o repertório que o professor pode lançar mão mas não dão conta do processo de ensino como um todo.

White (1994) procura apresentar dimensões do conteúdo que afetariam a maneira pela qual cada temática relativa ao ensino de ciências pode ser aprendida e ensinada de modo mais eficiente. Assim, segundo o autor, os procedimentos de ensino dependem fortemente de características do conteúdo tais como relação com experiência comum, níveis de abstração e complexidade envolvidos, presença de termos comuns à linguagem cotidiana, etc.

Osborne (1996: 75) sugere ainda que os procedimentos de ensino devem ter amplo e variado espectro de estratégias, de forma a atender às necessidades decorrentes dos vários estilos de aprendizagem dos estudantes. As tipologias sobre estilos de aprendizagem, estabelecidas empiricamente por Kempa e Martin-Diaz (1990) não consideram entretanto que elas possam ser fortemente influenciadas por significados implícitos atribuídos à aprendizagem como indica o trabalho de Lorsbach e Tobin (1995). A partir desse estudo, nos parece mais conveniente caracterizar os estilos de aprendizagem como concepções acerca da aprendizagem escolar cultural e socialmente construídas e, portanto, passíveis de transformações e negociação. Isso levanta a seguinte questão: até que ponto devemos ceder às pressões de alguns estudantes que demandam um ensino mais centrado na exposição do professor para a obtenção de uma boa performance nos testes escolares? Essa tensão entre expectativas e demandas dos estudantes e professor acabam muitas vezes por conduzir a obstáculos adicionais às aprendizagens que se julga promover. Como Villani e Ferreira (1997: 127), podemos dizer que aprendizagem é resultado “*um encontro de subjetividades que entram em ressonância afetiva e cognitiva mirando uma meta, possível ou utópica*”. Assim sendo, a utilização de abordagens construtivistas no ensino de ciências envolve um jogo de sedução, convencimento, negociação e algumas concessões.

Bliss (1994: 56) aponta para a necessidade de enfatizar aspectos ontológicos básicos no ensino de ciências: “*o ensino de ciências envolve a questão de comunicar um modelo mental. E ensinar sobre ciências é uma questão de apresentar a ciência como histórias que são construídas na esperança de descrever aspectos essenciais da natureza das coisas*”. Essa visão do ensino de ciências enquanto processo baseado em narrativas sobre modelos mentais poderosos é proposto também por Millar (1996) e Ogborn (1994) constituindo-se em uma forte tendência nas pesquisas e no desenvolvimento de currículos de ciências.

A questão a saber é como esses modelos mentais assim transformados em narrativas serão assimilados pelos estudantes. É preciso ter a devida atenção para que a importância dessas narrativas na educação científica não constitua num mero retorno ao paradigma do ensino via transmissão e recepção de mensagens. O ponto fundamental desse paradigma consiste em afirmar que, em uma comunicação eficiente, a transmissão de significados ocorre sem qualquer modificação no conteúdo da mesma, ou seja, a crença de uma correspondência entre ensino e aprendizagem - de um bom ensino segue-se necessariamente uma aprendizagem suficiente.

É um fato firmemente estabelecido por inúmeras pesquisas que o aluno constrói um sentido pessoal às informações que professor, textos e materiais instrucionais lhes oferecem. Isso não diminui a importância de procedimentos didáticos tais como contar, informar, expor, mostrar e demonstrar, mas esclarece suas possibilidades e limites.

Podemos dizer que o construtivismo compõe um quadro teórico abrangente sobre a aprendizagem humana. Entretanto, isso não autoriza a pretensão de que venha a ser uma teoria geral capaz de orientar toda a pesquisa e a prática no ensino de Ciências. O projeto de deduzir diretamente o ensino a partir de uma teoria de aprendizagem dominou a psicologia educacional nos anos 60 e 70 mas mostrou-se inadequado e tem sido substituído por uma visão que Lerner (1995) denomina “autonomia da didática na comunicação de saberes culturais” em oposição ao aplicacionismo e ao reducionismo psicologizante.

A nosso ver as relações entre didática e psicologia são assimétricas na medida em que esta procura estabelecer processos, leis gerais que regulam o funcionamento da cognição. A didática, por sua vez, constrói métodos, ou formas de atuação, que são modificáveis atendendo a objetivos e metas localizados no tempo e no espaço, constringidas por condições objetivas de realização.

Assim, existem duas formas de relacionar ensino e aprendizagem ou didática e psicologia. A primeira delas se constitui do topo para a base, no sentido de uma teoria psicológica que justifica procedimentos didáticos. A segunda realiza o movimento inverso, da baixo para cima, na medida em que os procedimentos didáticos favoreçam ou, pelo contrário, criem obstáculos para a efetivação dos processos de aprendizagem nas condições em que ocorrem as interações. É preciso ainda dizer que o professor vale-se de uma série de elementos para realizar suas escolhas, não apenas em termos teóricos mas, sobretudo, a partir de um saber tácito, construído ao longo de sua experiência profissional.

Os mecanismos funcionais expressos por teorias construtivistas a propósito do ato de conhecer não afirmam senão sua condição de indeterminação e imprevisibilidade. O construtivismo é a negação da possibilidade de controlar as aprendizagens e submetê-las a um “método” universal e infalível (Lajonquière, 1992). Isso não retira em absoluto a necessidade de um planejamento de ensino que, compatível com esses mesmos princípios, assinala caminhos para a aprendizagem no sentido de aumentar as probabilidades de encontros entre alunos(as) e professor(a), entre saber escolar e saber social, entre o conhecimento erudito da ciência e as experiências e vivências dos estudantes. Trata-se assim de formular modelos de ensino, orientações didático-metodológicas coerentes e consistentes com determinadas teorias da aprendizagem e do conhecimento. O modelo se distingue de um método ou de uma técnica de ensino, uma vez que pressupõe flexibilidade quanto aos meios ou às estratégias de ação e uma reflexão continuada sobre os princípios que orientam a prática pedagógica.

A guisa de conclusão

O entendimento do que se passa em sala de aula certamente resultou ampliado a partir das contribuições originárias da epistemologia e da psicologia, num conjunto de proposições

genericamente denominados construtivistas. O amplo espectro de investigações aberto por tais abordagens⁴ estabeleceu uma primazia que levou a considerar equivocadamente esse movimento enquanto uma meta-teoria capaz de abranger todas as questões relativas ao ensino e à aprendizagem em ciências.

Entretanto, a fragilidade de certas proposições demasiadamente genéricas, a insuficiente orientação teórica de alguns trabalhos e, especialmente, o equívoco nas relações muitas vezes presumidas entre epistemologia, psicologia e pedagogia desencadearam, a partir do final da década de 80, uma intensa crítica às lacunas e inconsistências desse movimento. Essas críticas nos oferecem a oportunidade de qualificar as contribuições do construtivismo à pesquisa em ensino de ciências. Podemos assim indicar alguns dos desafios que se apresentam às pesquisas de orientação construtivista: articulações entre os planos social e individual da cognição; aprofundamento das relações entre racionalismo, realismo e relativismo; estudo das mudanças cognitivas em sala de aula abrangendo aspectos conceituais e epistemológicos; relações entre a ação bem sucedida e a compreensão dos fatores em jogo; significado e abrangência dos processos de tomada de consciência; orientações relativas à construção curricular, especialmente quanto aos níveis de complexidade dos conceitos ao longo do processo de escolarização.

Num campo complexo como a educação escolar é imprescindível valer-se de teorias, sem as quais nos perderíamos num amontoado de dados sem significado, mas é preciso sermos mais rigorosos com nossas teorias, ter consciência de seus limites, de suas possibilidades e, sobretudo, de suas articulações com outras teorias e resultados de pesquisas na área. Em lugar de se pretender como uma meta-teoria para a pesquisa e a prática pedagógica, o construtivismo deve afirmar-se enquanto teoria do conhecimento e da aprendizagem que renova as questões que emergem da sala de aula. O construtivismo piagetiano, especialmente no que se refere aos estudos acerca dos mecanismos funcionais que regulam o processo de construção do conhecimento humano, pode oferecer grandes e importantes contribuições, sem prescindir de um diálogo incessante com outras abordagens e resultados de pesquisa na área.

Bibliografia

AGUIAR Jr., Orlando(1995) - *Mudança conceitual em sala de aula: o ensino de ciências numa perspectiva construtivista*. Dissertação de Mestrado, CEFET/MG

AGUIAR Jr., Orlando e FILOCRE, João (1997) - Uma avaliação das pesquisas de aprendizagem por mudança conceitual no ensino de ciências. In: *Anais do XII SNEF*. SBF: Belo Horizonte.

BLISS, Joan (1994) - Children Learning Science. In JENNILSON & OGBORN (eds) Wonder and Delight Essays in science Education in honour of the life and work of Eric Rogers. London: Institute of Physics Publishing.

CASTORINA, José Antonio (1995) - O debate Piaget-Vygotsky: A busca de um critério para sua avaliação. In: *Piaget e Vygotsky: Novas Contribuições para o Debate*. Editora Ática: São Paulo.

COLL, César (1987) - Contribuições da psicologia para a educação: Teoria Genética e aprendizagem escolar. Trad. Ana Augusta de Medeiros. In: LEITE, Luci B. *Piaget e a Escola de Genebra*. Cortez: São Paulo.

⁴ Tais investigações dirigiram-se especialmente ao conhecimento prévio dos estudantes, mas ainda às relações entre senso comum e conhecimento científico, à aprendizagem em grupos humanos, ao papel da experiência no ensino de ciências, aos compromissos epistemológicos e metodológicos implícitos nas concepções dos estudantes, às concepções de ensino e de aprendizagem de docentes e estudantes, etc.

- COLL, César (1997) - Piaget, o construtivismo e a educação escolar: onde está o fio condutor? In: *Substractum Artes Médicas: Temas Fundamentais em Psicologia e Educação*, v. 1, n. 1, pp. 145-164.
- CUPANI, Alberto (1989) - A objetividade Científica como problema filosófico. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 6, número especial: 18-29.
- DRIVER,R. ASOCKO,H. LEACH,J. MORTIMER,E. & SCOTT,P. (1994) - Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. In: *Educational Researcher*, 23(7): 5-12.
- DUIT,R. (1993) - Research on students' conceptions - developments and trends. In: *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*, Cornell University, Ithaca, New York.
- FERREIRO, Emília - Psicogênese e Educação. In *Construindo a Alfabetização*, Coletânea AMAE Educando, 2ª ed., Belo Horizonte, 1991.
- FILOCRE, João e AGUIAR Jr. Orlando (1996) - Referenciais Teóricos para o Tratamento da Mudança Conceitual em Sala de Aula. CECIMIG/UFMG (mimeog.)
- FILOCRE , João (1991) - *Piaget e o Ensino de Ciências: elementos para uma pedagogia construtivista*. São Paulo, Fac. de Educação da USP, tese de doutorado.
- GIUSTA, Agneta (1985) - Concepções de aprendizagem e práticas pedagógicas. *Educação em Revista*, Belo Horizonte (1): 24-31, jul/1985.
- GLASERSFELD,E.VON (1989) - Cognition, construction of knowledge and teaching. In: *Synthese*, 80(1): 121-140.
- GLASERSFELD,E.VON (1991) - A constructivist's view of learning and teaching. In: Duit,R. Goldeber,F. & Niedderer,H.(eds.) *Research in Physics Learning*;
- GÓMEZ-GRANELL, Carmen & COLL, César (1994) - De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo. In: *Cuadernos de Pedagogia*, v. 221. Pp. 8-10.
- KEMPA, R. F. e MARTIN DIAZ, M. (1990) - Motivational traits and preferences for diferent instructional modes in science. In: *International Journal of Science Education*, v.12, n.2, 195-203.
- LERNER, Delia (1995) - O Ensino e o Aprendizado Escolar - argumentos contra uma falsa oposição. In: *Piaget e Vygotsky: Novas Contribuições para o Debate*. Editora Ática: São Paulo.
- LORSBACH, A e TOBIN, K. (1995) - Toward a critical approach to the study of learning environments in science classrooms. In: *Research in Science Education*, 1995, 25 (1), 19-32.
- MACEDO, L. (1994) - *Ensaio Construtivistas*. São Paulo, Casa do Psicólogo.
- MARTÍ, Eduardo (1997) - *A atualidade de Jean Piaget*. In: *Substractum Artes Médicas: Temas Fundamentais em Psicologia e Educação*, v. 1, n. 1, pp. 13-34.

- MATTHEWS, Michael (1994) - *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*. Rotledge: London.
- MATTHEWS, Michael (1992) - Constructivism and empiricism: an incomplete divorce. In: *Research in Science Education*, 22: 299-307.
- MILLAR, Robin (1989) - Constructive criticisms. In: *International Journal of Science Education*, 11(5): 587-590.
- MILLAR, Robin (1996) - Towards a science curriculum for public understanding. In: *Science School Review*, v. 77, n. 280, pp. 7-18.
- MORIN, Edgar (1990) - *Introdução ao Pensamento Complexo*. Instituto Piaget: Lisboa.
- MORTIMER, Eduardo. (1994) - Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: para onde vamos? In: *Anais da ANPED*. Caxambu: outubro de 1994.
- O'LOUGHLIN, M. (1992) - Rethinking Science Education: Beyond Piagetian Constructivism toward a Sociocultural Model of Teaching and Learning. In: *Journal of Research in Science Teaching*, 29(8): 791-820.
- OGBORN, Jon (1988) - A map of science. *Personal submission to the National Curriculum Working Group on Science Education*.
- OGBORN, Jon (1997) - Constructivist Metaphors of Learning Science. In: *Science & Education*, v. 6, pp. 121-133.
- OGBORN, Jon (1994) - A vulgar science curriculum. In JENNILSON & OGBORN (eds) *Wonder and Delight* Essays in science Education in honour of the life and work of Eric Rogers. London: Institute of Physics Publishing
- OSBORNE, Jonathan (1996) Beyond Constructivism. In: *Science Education*, v. 80, n.1, pp. 53-82.
- PIAGET, J. & GARCIA R. (1987) - *Psicogênese e História das Ciências*. Trad. Maria F.M.R. Jesuino. Lisboa, D. Quixote (original publicado em 1983).
- PIAGET, J. (1976) - *Equilíbrio das Estruturas Cognitivas*. Trad. Marion M.S. Penna. Rio de Janeiro, Zahar.
- PIAGET, J. (1983) - *A Epistemologia Genética*. São Paulo, Abril Cultural, Coleção Os Pensadores, 2ª ed. (original publicado em 1970).
- POSNER, G. STRIKE, K. HEWSON, P. & HERTZOG, W. (1982) - Accommodation of a Scientific conception: toward a Theory of Conceptual Change. In: *Science Education*, 66(2): 211-227.
- SOLOMON, Joan (1994) - *The rise and fall of Constructivism*. In: *Studies in Science Education*, n. 23, pp. 1-19.
- VILLANI, Alberto (1992) - Conceptual change in science and science education. In: *Science Education*, 76(2): 223-237.

VILLANI, Alberto e FERREIRA, M. Polido (1997) - As dificuldades de uma professora inovadora. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 14, n.2: 115-145.

WHITE, Richard (1994) Dimensions of Content. In: FENSHAM, P. GUNSTONE, R. & WHITE, R. *The content of science: a constructivist approach to its teaching and learning*. London: The Falmer Press.

Recebido em 27.10.97

Reformulado em 10.06.98

Aceito em 26.08.98