

CONSTRUTIVISMO, MUDANÇA CONCEITUAL E ENSINO DE CIÊNCIAS: PARA ONDE VAMOS?¹

Eduardo Fleury Mortimer
Faculdade de Educação da UFMG
Av. Antônio Carlos 6627
31270-901 Belo Horizonte - MG

Resumo

Neste artigo discutiremos criticamente alguns aspectos do construtivismo e das estratégias de ensino para mudança conceitual, buscando construir um modelo alternativo para compreender as concepções dos estudantes dentro de um esquema geral que permita relacioná-las e ao mesmo tempo diferenciá-las dos conceitos científicos apreendidos na escola: a noção de perfil conceitual. Essa noção permite entender a evolução das idéias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas idéias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através dessa noção é possível situar as idéias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico.

Palavras chaves: construtivismo, mudança conceitual, perfil conceitual.

Abstract

In this paper I discuss some aspects of constructivism and of teaching strategies for conceptual change, trying to draw an overview of a new model of understanding students' conceptions as part of a more general framework: the conceptual profile notion. This notion allows to trace the conceptual evolution in the classroom as a change of a profile of conceptions. This perspective differs from conceptual change models by suggesting that it is possible to use different ways of thinking in different domains and that a new concept does not necessarily replace previous and alternative ideas. According to this model, learning science is to change a conceptual profile and become conscious of the different zones of the profile, which includes common-sense and scientific ideas. Through this notion it is possible to situate the students' ideas in a broader context that includes scientific knowledge and school's culture.

Key-words: constructivism, conceptual change, conceptual profile.

¹ Este artigo é uma versão revisada do trabalho, de mesmo título, apresentado na III Escola de Verão de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia, realizada de 10 a 15 de outubro de 1994, em Serra Negra - SP.

Introdução

A partir da década de 70 começou a aparecer, na literatura, um grande número de estudos preocupados, especificamente, com os conteúdos das idéias dos estudantes² em relação aos diversos conceitos científicos aprendidos na escola. Essas pesquisas surgiram como um desdobramento crítico àquelas realizadas por Piaget e colaboradores, fruto de uma preocupação específica com o ensino dessas noções, presentes nesses trabalhos e ausentes nos de Piaget. Driver & Easley (1978), num artigo considerado como um marco desse movimento, criticavam a excessiva ênfase ao desenvolvimento de estruturas lógicas subjacentes, o que teria levado Piaget a não dar importância à rica variedade de idéias apresentadas pelas crianças. Isso levava os autores a sugerirem que "poderia ser útil a realização de uma série de replicações dos estudos que focalizassem mais o conteúdo atual das idéias dos alunos e menos as estruturas lógicas subjacentes" (Driver & Easley, 1978, p. 12).

Os estudos realizados sob essa perspectiva revelaram que as idéias alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante estáveis e resistentes à mudança, de modo que é possível encontrá-las mesmo entre estudantes universitários (Viennot, 1979). Realizadas em diferentes partes do mundo, as pesquisas mostraram o mesmo padrão de idéias em relação a cada conceito investigado.

Esse programa de pesquisa, rotulado como ACM (*alternative concepts movement*) (Gilbert & Swift, 1985), teve uma grande influência nos últimos anos³. O grande número de estudos realizados resultou no aumento do conhecimento empírico sobre as concepções dos estudantes. Apesar de ainda produzir um número razoável de resultados e publicações na literatura, o programa de pesquisa em concepções alternativas parece demandar um redirecionamento de seus princípios e objetivos⁴.

² Há uma grande variedade de nomes que os autores usam para designar essas idéias infantis e o próprio nome pode indicar uma certa filiação epistemológica da pesquisa. Gilbert & Watts, por exemplo, relacionam a idéia de *misconceptions* a uma visão clássica do conhecimento como constituído por uma série de níveis hierárquicos que podem ser decompostos em pequenas partes e estudados independentemente. Os conceitos são átomos lógicos dentro dessa subdivisão hierárquica de conhecimento e o progresso no conhecimento depende da aquisição completa de pré-requisitos. Nesta visão, o conhecimento público e o privado são vistos como isomórficos. (Gilbert & Watts, 1983, p. 65-66). Contrastando com essa visão clássica, há uma visão ativa do conceito, que fala em concepções como modos de fazer, como vias de organização de experiências pessoais. Nesta visão, toda aprendizagem cognitiva envolve algum grau de reconstrução do conhecimento pré-existente. Esta visão atribui um grande *status* epistemológico às concepções pessoais de cada indivíduo, que são vistas como "ciência da criança", "teoria em ação" ou "estrutura conceitual alternativa" (Gilbert & Watts, 1983, p. 66-67).

³ Em Driver, Guesne & Tiberghien (Eds.) (1985) encontra-se uma descrição de vários desses conceitos alternativos em relação à diversas áreas científicas. Há, ainda, pelo menos duas bibliografias bastante completas sobre trabalhos na área: Pfundt & Duit (1991) e Carmichael, Driver, Holding, Phillips, Twigger & Watts (1990).

⁴ Um sinal visível da crise nesse programa é a diminuição do número de artigos relacionados aos conceitos mais centrais no ensino de ciências (força e movimento, calor e temperatura, natureza particulada da matéria, reações químicas, etc.) e o aparecimento de artigos em temas bastante específicos (por exemplo, Francis, Boyes, Qualter & Stanisstreet (1993) Ideas of elementary students about reducing the greenhouse effect. *Science Education*, 77(4) 375-392 ou Ros & Shuell (1993) Children's beliefs about earthquakes. *Science Education*, 77(2): 191-205). Por outro lado, Richard A. Duschl, editor de *Science Education*, em recente *editorial policy statements* chama a atenção para o fato de que um grande número de estudos que esse periódico recebe para apreciação "continuam a examinar e meramente descrever conceitos alternativos ou *misconceptions* de estudantes e professores" (Duschl, 1994, p. 206, *Science Education*, 78(3): 203-208). O editor insiste que é tempo de avançar, pois "sem qualquer investigação ou análise que ajude a promover um entendimento tanto das fontes dessas concepções quanto das estratégias envolvidas na sua utilização, a pesquisa é simplesmente descritiva" (Duschl, 1994, p. 206).

O resultados dessas pesquisas contribuíram para fortalecer uma visão construtivista de ensino-aprendizagem que até muito recentemente parecia dominar a área de Educação em Ciências e Matemática (Matthews, 1992). Apesar da grande variedade de diferentes abordagens e visões, que aparecem na literatura sob o mesmo rótulo, há pelo menos duas características principais que parecem ser compartilhadas: 1) a aprendizagem se dá através do ativo envolvimento do aprendiz na construção do conhecimento; 2) as idéias prévias dos estudantes desempenham um papel importante no processo de aprendizagem⁵.

Correspondente a essa visão de aprendizagem, há um modelo de ensino para lidar com as concepções dos estudantes e transformá-las em conceitos científicos: o modelo de mudança conceitual. Proposto, inicialmente, para explicar ou descrever "as dimensões substantivas do processo pelo qual os conceitos centrais e organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos a outro, incompatível com o primeiro" (Posner, Strike, Hewson & Gertzog, 1982, p. 211), 'mudança conceitual' se tornou sinônimo de 'aprender ciência' (Niedderer, Goldberg & Duit, 1991), o que não significa que haja um consenso acerca de seu significado. A exemplo do que ocorre com 'construtivismo', 'mudança conceitual' se tornou um rótulo a cobrir um grande número de visões diferentes e, até, inconsistentes.

O uso da mesma linguagem por diferentes versões do construtivismo atesta um certo consenso em torno das questões centrais do programa e é responsável pela aparente calma reinante na comunidade de ensino de ciências nos últimos 20 anos. Esse grande sucesso do programa de pesquisa construtivista levou os mais entusiastas a falarem em uma "fase pré-paradigmática" das pesquisas em educação científica. Antes que pudesse evoluir para num paradigma, o construtivismo começou a dar sinais de esgotamento. O primeiro sinal, a que já nos referimos, é o relativo esgotamento das pesquisas sobre concepções alternativas. O segundo sinal, bem mais evidente que o primeiro, é o número razoável de artigos na literatura criticando aspectos filosóficos, psicológicos e pedagógicos do construtivismo. Solomon (1994) fala em *Raise and fall of constructivism* e atesta a falta de uma mensagem para um futuro entre construtivistas numa conferência tradicional do movimento⁶⁽⁶⁾. Osborne (1994), por seu turno, se diz *Beyond Constructivism* ao constatar a falta de uma base filosófica mais coerente para o movimento. Nesse aspecto, ele reforça a crítica de Matthews (1992), para quem o construtivismo não conseguiu se divorciar completamente do empirismo. Suchting (1992) critica as bases filosóficas do "construtivismo radical" de Glasersfeld (1989). Essas críticas, apesar de se avolumarem nos últimos anos, já estavam presentes num artigo do número especial do *International Journal of Science Education*, de 1989, que marcou uma espécie de celebração do movimento no seu ápice. Nesse artigo, Millar (1989) tenta mostrar que "um modelo construtivista de aprendizagem não tem como consequência lógica um modelo construtivista de instrução" (Millar, 1989, p. 589). O fato da aprendizagem ser um produto da interação entre concepções pré-existentes e novas experiências não implica, necessariamente, que as estratégias de ensino baseadas nesse modelo tenham que apresentar

Completando esse quadro, no livro intitulado *Children's Informal Ideas in Science* (Paul J. Black & Arthur M. Lucas (eds.). Routledge, London, 1993) vários autores insistem que o programa de pesquisa em idéias intuitivas das crianças tem sido forte em dados e fraco em teorias. Por outro lado, os autores chamam atenção para o fato de que essas pesquisas têm gerado muito pouco em termos de melhoria da prática docente em sala de aula.

⁵ A explicitação desses dois princípios aparece em vários artigos de revisão relacionados ao ensino-aprendizagem numa perspectiva construtivista. Ver, por exemplo, Driver, R., *Int. J. Sci. Educ.* (1989) **11**, 481, p. 481 ou Duit, R., *Science Education* (1991) **75**, 649, p. 652.

⁶ The *Third International Conference: Misconceptions and educational strategies in Science and Mathematics*, realizada na Universidade de Cornell, Ithaca, USA, agosto de 1993.

os mesmos passos no processo de instrução: explicitar as idéias prévias, clareá-las através de trocas e discussões em grupos, promover situações de conflito e construção de novas idéias, e, finalmente, efetuar a revisão do progresso no entendimento, através da comparação entre as idéias prévias e as recém-construídas (Millar, 1989, p. 588-589).

Neste artigo discutiremos criticamente alguns aspectos do construtivismo e das estratégias de ensino para mudança conceitual, buscando construir um modelo alternativo para compreender as concepções dos estudantes dentro de um esquema geral que permite relacioná-las e ao mesmo tempo diferenciá-las dos conceitos científicos apreendidos na escola: a noção de perfil conceitual (Mortimer, 1995). Essa noção permite entender a evolução das idéias dos estudantes em sala de aula não como uma substituição de idéias alternativas por idéias científicas, mas como a evolução de um perfil de concepções, em que as novas idéias adquiridas no processo de ensino-aprendizagem passam a conviver com as idéias anteriores, sendo que cada uma delas pode ser empregada no contexto conveniente. Através dessa noção é possível situar as idéias dos estudantes num contexto mais amplo que admite sua convivência com o saber escolar e com o saber científico.

Construtivismo, empirismo e senso-comum

Segundo Solomon (1994), o construtivismo tem sido um redescoberta frutífera das idéias dos alunos. "O que era lugar comum e indigno de nota se tornou significativo; o que era bem conhecido para ser pensado como merecedor de comentários se tornou, repentinamente, a substância de uma pesquisa iluminadora" (Solomon, 1994, p. 6). Como consequência, "o fenômeno da persistência de *misconceptions* (...) foi redescrito como uma variedade de explicações científicas coerentes que foram construídas e testadas contra experiência" (idem, p. 4). A valorização das idéias dos estudantes reforça a noção do "aluno já como um cientista" (idem, p. 16).

Ao mesmo tempo em que o *status* das estruturas conceituais alternativas dos alunos era aumentado, o assim denominado *strong programme* em Sociologia do Conhecimento (por exemplo Collins & Pinch, 1982; Bloor, 1976) se encarregava de suavizar a imagem do pensamento científico como algo rigoroso e racional. A consequência é que não se poderia traçar uma linha clara de demarcação entre idéias dos aprendizes e aquelas de cientistas profissionais (Solomon, 1994, p. 10. Para uma crítica do *strong programme* em Sociologia do Conhecimento, ver Slezak, 1994a e 1994b).

As consequências dessa aproximação entre idéias científicas e idéias das crianças não tardariam a aparecer. Os modelos filosóficos aplicáveis às mudanças conceituais ocorridas na história da ciência são transplantados para o ensino de ciências, gerando as famosas estratégias de ensino para mudança conceitual, às quais retornaremos mais tarde. Ao mesmo tempo, essa proximidade reforça a crença de que as idéias alternativas das crianças poderão ser transformadas em idéias científicas, desde que expostas a situações de conflitos, normalmente propiciadas por "experimentos cruciais". O monitoramento desse processo levará à superação do conflito, seja pelo abandono das idéias anteriores, seja por sua subsumção as idéias científicas, mais poderosas.

As estratégias de ensino que nascem dessa perspectiva (por exemplo, Nussbaum & Novick, 1982) reencarnam o empirismo ao acreditar que é possível modificar e construir novas idéias a partir da experiência sensorial. Essas perspectivas concebem o empreendimento científico em termos de um olhar individual do mundo na tentativa de dar

sentido a idéias e concepções individuais. Segundo Matthews (1992) esse *dar sentido ao nosso mundo, às nossas observações, às nossas experiências, a partir de nossas idéias* corresponde essencialmente a uma epistemologia empirista e aristotélica de um mundo cujo conhecimento é essencialmente gerado no interior de um observador como um reflexo acurado dos objetos. Osborne (1993) reforça essa crítica ao chamar a atenção para o fato de que o núcleo central dos conceitos da ciência moderna são representações simbólicas e não experiências sensoriais. Para esse autor, grande parte das propostas de ensino construtivista colocam "uma ênfase considerável no valor da observação e da experiência direta, isto é, numa perspectiva empirista de aprender ciências, e não enfatizam suficientemente o processo de aquisição de novas estruturas para reinterpretar a experiência e transcender o pensamento de senso-comum" (Osborne, 1993, p. 4).

Construtivismo em sala de aula

Outro tipo de problema que vem sendo apontado nas estratégias de ensino construtivista é a dificuldade na preparação de professores para atuar segundo essa perspectiva. A apropriação do paradigma construtivista tem gerado, na maioria das vezes, estratégias de ensino que tentam simplesmente ampliar os conhecimentos que os estudantes já possuem dos fenômenos ou organizar o pensamento de senso-comum dos alunos. Além disso, nos casos em que as idéias alternativas são claramente antagônicas ou conflitantes com os conceitos científicos, recorre-se aos chamados "experimentos cruciais" na tentativa de criar uma insatisfação com as idéias prévias e favorecer a construção do conhecimento científico.

A aplicação dessas estratégias em sala de aula tem resultado numa relação de custo-benefício altamente desfavorável. Gasta-se muito tempo com poucos conceitos, e muitas vezes esse processo não resulta na construção de conceitos científicos, mas na reafirmação do pensamento de senso-comum. A prática de sala de aula contribui para o aumento da consciência do estudante sobre suas concepções mas não consegue dar o salto esperado em direção aos conceitos científicos.

Essas perspectivas parecem desconhecer que aprender ciências envolve a iniciação dos estudantes em uma nova maneira de pensar e explicar o mundo natural, que é fundamentalmente diferente daquelas disponíveis no senso-comum. Aprender ciências envolve um processo de socialização das práticas da comunidade científica e de suas formas particulares de pensar e de ver o mundo, em última análise, um processo de "enculturação". Sem as representações simbólicas próprias da cultura científica, o estudante muitas vezes se mostra incapaz de perceber, nos fenômenos, aquilo que o professor deseja que ele perceba.

Além disso, essas propostas não conseguem tirar todas as consequências da teoria que parece inspirá-las. Apesar de a maioria das estratégias de ensino que usam o conflito cognitivo no processo de ensino-aprendizagem ter uma raiz piagetiana, elas parecem desconhecer duas características importantes da teoria da equilíbrio (Piaget, 1977). A primeira é que as lacunas são tão importantes quanto os conflitos. São poucos os autores (por exemplo, Rowell, 1989) que se referem às lacunas como um tipo de perturbação. Várias estratégias baseadas no conflito cognitivo parecem não reconhecer que, muitas vezes, no processo de construção de uma idéia nova, a falta de informações para interpretar os resultados de um experimento é obstáculo maior que o conflito entre as idéias dos estudantes e os resultados. A segunda característica é relacionada à terceira forma de equilíbrio da teoria piagetiana. Muitas dificuldades no processo de aprendizagem estão relacionadas à construção de totalidades, com forte poder de explicação, que podem ser generalizadas a um

grande número de fenômenos. Muitas vezes o estudante permanece no plano dos esquemas, "procedimentos e rituais" (Edwards & Mercer, 1987) e não passa para o plano superior dos princípios, das explicações. Em função disso, o aluno não tenta generalizar essas explicações a fenômenos diversos, pois não as reconhece como gerais e sim como mais um esquema localizado. Essas dificuldades estão relacionadas às diferenças entre uma teoria científica, geral e independente do contexto e os esquemas e subsistemas cotidianos, nem sempre gerais e muitas vezes dependentes do contexto. Uma estratégia de ensino deveria lidar com essa terceira forma de equilíbrio e auxiliar os estudantes a superarem suas dificuldades em generalizar.

Outro tipo de problema nesses tipos de estratégia de ensino é a dificuldade que os alunos enfrentam em reconhecer e vivenciar conflitos. Isso poderia explicar a improdutividade de certas discussões em grupo na sala de aula, onde os estudantes tenderiam a desenvolver "cinturões protetores" (no sentido atribuído por Lakatos, 1970) em torno do núcleo central de suas idéias em vez de tentarem superar possíveis conflitos. Isso poderia ser explicado pelas diferentes fases da construção compensatória na teoria piagetiana, uma vez que a existência de uma perturbação em potencial não significa, necessariamente, a superação da idéia inicial. Os alunos poderiam não reconhecer a perturbação enquanto tal e suas idéias permaneceriam inalteradas. Mesmo quando a reconhecessem, poderiam criar hipóteses *ad-hoc* para adaptar a velha idéia à perturbação.

As dificuldades apresentadas na aplicação pedagógica das idéias geradas no movimento construtivista são, portanto, evidentes. Isso tem gerado um desenvolvimento de estratégias de ensino que procuram fugir dessa armadilha que a explicitação das idéias prévias parece significar. Rowell & Dawson (1984), por exemplo, apontam para a ineficácia de se usar uma estratégia de conflito no início de uma seqüência didática, baseados na idéia de que uma teoria só é substituída após outra melhor ter sido construída. Os autores optam, então, por construir a melhor teoria primeiro e só então a contrapõem às idéias dos estudantes. De maneira semelhante, Scott (1992) mostra que as explicações dos estudantes para alguns fenômenos relacionados à pressão atmosférica não auxiliam na construção da explicação científica. Os estudantes, por exemplo, explicam o colapso da embalagem do refresco, à medida em que ele é sugado, tendo como base a idéia de vácuo e a ação humana de sugar. Essas idéias não auxiliam a construção de uma explicação baseada nas diferenças entre as pressões internas e externas. Scott também sugere a construção da nova explicação em primeiro lugar, de forma independente das idéias prévias.

Por outro lado, essas dificuldades em lidar explicitamente com as idéias prévias dos estudantes em sala de aula têm gerado modelos alternativos para o ensino de ciências. Um dos modelos mais discutidos atualmente é o de ensino por analogias (vide, por exemplo, número especial de 1993 do *Journal of Research of Science Teaching*). Stavy (1991) acredita que haja uma profunda diferença entre as estratégias de ensino por conflito e aquelas por analogia. Nesta última, os estudantes não expressam suas idéias alternativas explicitamente; não precisam ficar conscientes do conflito ou do processo de ensino. Eles são informados apenas sobre a similaridade das tarefas. Do ponto de vista do estudante, não há conceito errado e nenhuma aprendizagem ocorre, pois ele, intuitivamente, entende as situações análogas. Assim, não há risco de os estudantes perderem sua auto-confiança ou optarem por idéias erradas. Do ponto de vista do professor não há necessidade de treinamento específico. O processo de aprendizagem decorre da escolha de uma situação ou exemplo inicial apropriado. (Stavy, 1991, p. 311-312).

Criticando pressupostos psicológicos e filosóficos das estratégias de ensino para mudança conceitual

Uma das características que um grande número de estratégias de ensino-aprendizagem parece ter, explícita ou implicitamente, em relação às idéias prévias dos estudantes, é a expectativa de que essas idéias deverão ser abandonadas e/ou subsumidas no processo de ensino. Nas estratégias que usam o conflito cognitivo, esse destino das idéias dos estudantes é o resultado da superação da contradição, tanto entre idéias e eventos discrepantes, como entre idéias conflitantes que se referem a um mesmo conjunto de evidências. Nas estratégias baseadas em analogias, é o resultado de as idéias iniciais serem integradas e subsumidas numa idéia mais poderosa.

Esta expectativa tem sua origem numa visão construtivista de aprendizagem como um "processo adaptativo no qual os esquemas conceituais dos aprendizes são progressivamente reconstruídos de maneira a concordarem com um conjunto de experiências e idéias cada vez mais amplo" (Driver, 1989, p. 482). De acordo com esse tipo de visão, "concepções conflitantes não podem ser simultaneamente plausíveis para uma pessoa" (Hewson & Thorley, 1989, p. 543). Essas visões também têm raízes na epistemologia piagetiana e se baseiam na idéia de que o desenvolvimento do conhecimento leva à construção de estruturas conceituais cada vez mais poderosas.

Nessa visão, é possível reconhecer a gênese de qualquer idéia, ligando seus estágios mais avançados aos mais elementares. Fodor (1983) resume esse princípio da teoria piagetiana do seguinte modo: "Uma criança em desenvolvimento constitui uma série de lógicas tais que cada lógica contém literalmente a precedente, sendo a relação "contém" assimétrica. As lógicas tornam-se cada vez mais fortes, no sentido em que cada lógica ulterior contém a lógica anterior como uma de suas partes" (Fodor, 1983, p. 190). Piaget concorda com essa caracterização, ao comentar que "o que é perfeitamente exato é a idéia de que toda a estrutura se converte em subconjunto de uma estrutura mais rica" (comentário de Piaget à intervenção de Fodor, em Piatelli-Palmarini, 1983, p. 193). Como consequência, não está claro, na teoria piagetiana, o lugar das idéias de senso comum. Os cientistas, por exemplo, não as usariam, uma vez que, como sujeitos lógico-formais, as teriam superado, incorporando-as em idéias mais racionais.

No entanto, essa característica do sujeito epistêmico piagetiano parece não prevalecer na vida cotidiana. Uma pessoa com formação científica poderia rir da ingenuidade do pensamento infantil, capaz de inventar a entidade frio em contrapartida ao calor, e de distinguir duas formas de "energia" que podem fluir de um corpo ao outro: o calor e o frio (Erickson, 1985). No entanto, no seu cotidiano, essa pessoa continuará a usar esses conceitos de uma forma muito natural. Mesmo porque soaria pedante alguém afirmar que "vestiu uma blusa de lã porque ela é um bom isolante térmico, impedindo que o corpo ceda calor para o ambiente". Ora, nós vestimos lã porque ela é quente e nós estamos com frio. Não há aí nenhum vestígio de concepções ingênuas, mas o uso da palavra calor num sentido de senso comum que a nossa cultura consagrou. Essa maneira de ver o mundo está largamente incorporada como uma característica da cultura. Uma pessoa poderia adquirir a capacidade de distinguir essa maneira cotidiana de ver o mundo de maneiras mais sofisticadas. Suprimir essas 'concepções alternativas', no entanto, significaria suprimir o pensamento de senso comum e seu modo de expressão, a linguagem cotidiana. Uma expectativa irreal e inútil. A linguagem cotidiana é o modo mais abrangente de se compartilhar significados e permite a comunicação entre os vários grupos especializados dentro de uma mesma língua. Suprimí-la

seria instaurar uma babel, impedindo que diferentes grupos pudessem compartilhar de significados numa mesma cultura.

Ao lado dessa base psicológica, várias estratégias de ensino têm ainda uma base filosófica, relacionada à transposição para o ensino-aprendizagem de conceitos desenvolvidos para análise de processos históricos que ocorreram na ciência. O modelo de maior influência nas estratégias para mudança conceitual é aquele que descreve o desenvolvimento científico como alternância de períodos de ciência normal e revolução científica (Kuhn, 1962). A rota kuhniana do modelo de mudança conceitual, por exemplo, é explícita. Posner et al. (1982) justificam a escolha da teoria especial da relatividade de Einstein como tópico a ser analisado pelo fato de ele ser comumente visto como o protótipo de uma revolução científica (Posner et al., 1982, p. 215).

Os problemas dessa visão estão relacionados não só à transposição de um modelo filosófico para a situação de ensino-aprendizagem, mas ao próprio modelo que é transposto. O novo campo das ciências físicas, que lida com fenômenos complexos, como sistemas auto-organizadores, sistemas caóticos, etc., teria nascido em consequência de uma crise em teorias bem estabelecidas como, por exemplo, a mecânica quântica? Este novo campo teve que superar alguma tradição bem estabelecida para emergir? Parece não haver respostas positivas para essas questões. A chamada Física dos sistemas complexos nasceu mais como o resultado de se voltar a atenção para alguns sistemas que, por sua complexidade, eram impossíveis de serem estudados antes dos computadores se tornarem parte do cotidiano dos laboratórios, uma vez que eles permitiram que se lidasse com um grande número de cálculos e com simulações (Davis, 1989). Esse novo campo nasceu, portanto, como um desenvolvimento paralelo, baseado, certamente, em novo paradigma, mas que não teve que derrotar seus antecessores. A diferença entre os objetos de estudo em cada campo revela a impossibilidade de se aplicar um modelo geral, independente de contexto, às mudanças conceituais, mesmo àquelas que ocorram dentro de uma mesma tradição científica. Há outros exemplos na história da ciência que demonstram a impropriedade do modelo de revolução científica para descrever qualquer mudança científica. Debus (1978) mostra que é um engano se afirmar que a Química teve que esperar mais de 100 anos pela sua 'revolução newtoniana'. Segundo Debus, isso seria a consequência de uma transposição superficial dos modelos de historiografia da Física para outras áreas científicas, que tiveram modos diferentes de desenvolvimento. O nascimento da Química Moderna teria raízes em tradições químicas anteriores, como a Iatroquímica, por exemplo.

Além disso, na ciência como um todo, e na Química em particular, temos muitos exemplos de aplicações de conceitos já tidos como ultrapassados, mas que são úteis em determinados contextos. Um químico que possua sólida cultura quântica não precisa abandonar totalmente a sua visão daltoniana do átomo, enquanto indestrutível e indivisível. Afinal, os átomos assim permanecem nos processos químicos e para lidar com a estequiometria de equações químicas não é necessário mais do que essa visão simplificada do átomo daltoniano.

Mesmo que o modelo de revolução científica pudesse ser aplicado a qualquer mudança conceitual na ciência, sua transposição para o processo de ensino-aprendizagem desconhece as diferenças profundas entre um processo que ocorre dentro de uma cultura científica e outro, que é justamente um processo de "enculturação" (Driver, Asoko, Leach, Mortimer & Scott, 1994). No processo de aprendizagem de ciências, os estudantes não estão envolvidos com as fronteiras do conhecimento. Aprender ciências está muito mais

relacionado a se entrar num mundo que é ontológica e epistemologicamente diferente do mundo cotidiano. Esse processo de "enculturação" pode ocorrer, também, quando se tem que aprender teorias mais avançadas. Aprender mecânica quântica para quem tem uma visão clássica do mundo tem essa mesma característica de um processo de "enculturação".

Os aspectos psicológicos e filosóficos discutidos acima parecem, implícita ou explicitamente, dar suporte teórico à expectativa de que as idéias prévias dos estudantes deverão ser abandonadas e/ou subsumidas no processo de ensino. Essa característica do modelo de mudança conceitual parece ainda prevalecer em muitos artigos sobre o tema, apesar de terem surgido recentemente alguns artigos questionando a validade desse tipo de expectativa e argumentando que a descrição da aprendizagem em ciências deve enfatizar "o esforço de se aumentar a capacidade dos estudantes em distinguir entre concepções apropriadas para cada contexto específico" (Linder, 1993, p. 298) e não o esforço para mudar concepções já existentes entre os estudantes.

Além disso, alguns autores têm tentado demonstrar a dificuldade dos estudantes em abandonarem suas noções do dia-a-dia. O trabalho de Galili & Bar (1992), por exemplo, mostra que os mesmos estudantes que tiveram um bom desempenho em problemas sobre força e movimento, aos quais estavam familiarizados, reverterem a um raciocínio pré-newtoniano de 'movimento requer força' em questões não familiares ou que envolvem um contexto cotidiano. Os autores concluem que "essa 'regressão' a visões ingênuas pelos mesmos sujeitos é uma evidência a mais de que o processo de substituição de crenças ingênuas por novos conhecimentos adquiridos nas aulas de Física é complicado e muitas vezes inconsistente" (Galili & Bar, 1992, p. 78).

De maneira semelhante, Scott (1987), ao estudar o desenvolvimento de idéias sobre a matéria entre alunos da escola secundária, conclui que 'mudança conceitual' não parece um título apropriado para o que se observa no processo. "No lugar de mudança conceitual parece haver um desenvolvimento paralelo de idéias sobre partículas e das idéias já existentes (...) O desenvolvimento paralelo de idéias resulta em explicações alternativas que podem ser empregadas no momento e situação apropriados. Não há mudança conceitual do tipo referido por Posner et al. (1982) como uma acomodação" (Scott, 1987, p. 417).

Esses resultados disponíveis na literatura foram confirmados por aqueles que obtivemos em sala de aula (Mortimer, 1994) e reforçavam a idéia de que não é adequado descrever o processo de ensino como uma substituição das idéias prévias dos alunos por idéias científicas. Apesar de já terem surgido artigos na literatura propondo modelos alternativos para a mudança conceitual em sala de aula (por exemplo, Mortimer, 1993 e 1995; Caravita & Halldén, 1994; Ebenezer & Gaskell, 1995) é necessário um aprofundamento das bases teóricas desses modelos. Esses modelos se assentam em duas premissas que divergem da base psicológica e filosófica que tem informado o construtivismo na sua versão mais centrada no indivíduo: a possibilidade de que uma pessoa possa usar diferentes formas de pensar em diferentes domínios; e a possibilidade de que a construção de uma nova idéia possa, em algumas situações, ocorrer independentemente das idéias prévias e não necessariamente como uma acomodação de estruturas conceituais já existentes. É importante, portanto, aprofundar essas premissas para dar suporte teórico a esses modelos. Na seção que se segue tentaremos discutir alguns aspectos relacionados à primeira dessas premissas.

A noção de perfil conceitual como alternativa para a construção de estratégias de ensino e de análise da evolução conceitual

Não se constitui em novidade o fato de que as pessoas possam exibir diferentes formas de ver e representar a realidade à sua volta. Bachelard já havia usado essa idéia em 1940, relacionado ao que ele havia chamado de 'noção de perfil epistemológico' (Bachelard, 1984). O autor mostrou que uma única doutrina filosófica não é suficiente para descrever todas as diferentes formas de pensar quando se tenta expor e explicar um simples conceito. Segundo Bachelard, um único conceito isolado é suficiente para dispersar as filosofias e mostrar que elas são incompletas por estarem apoiadas num único aspecto, por iluminarem apenas uma das facetas do conceito. "Mas nós estamos agora de posse de uma escala graduada de discussão que nos permite localizar os diferentes pontos em questão na filosofia científica, e prevenir a confusão de argumentos" (Bachelard, 1984, p. 34). Essa 'escala graduada' é a noção de perfil epistemológico e voltaremos a ela novamente.

Em primeiro lugar, é conveniente mostrar que os argumentos de Bachelard são compartilhados por outros filósofos e que têm, também, uma base psicológica. Schutz, por exemplo, fala de um mundo social que não é homogêneo "mas mostra um estrutura multifome. Cada uma de suas esferas ou regiões é tanto uma maneira de perceber quanto uma forma de entender a experiência subjetiva dos outros" (Schutz, 1967, p.139). A diferentes realidades, pertencentes a contextos sociais específicos, correspondem diferentes formas de conhecimento. Berger & Luckmann (1967) enfatizam que, entre essas múltiplas realidades, há uma que se apresenta como a realidade por excelência: aquela da vida cotidiana. "Comparadas à realidade da vida cotidiana, outras realidades são províncias finitas de significados" (Berger & Luckmann, 1967, p. 39). Quando alguém desloca sua atenção dessa realidade cotidiana para uma dessas províncias, por exemplo, para o conhecimento científico, uma mudança radical tem lugar na tensão da consciência. Contudo, mesmo quando este tipo de mudança radical tem lugar, a realidade da vida cotidiana ainda marca sua presença. A linguagem disponível para objetivar esses diferentes tipos de experiência é baseada na linguagem da vida cotidiana e mesmo que se possa usar linguagens mais sofisticadas pertencentes a esse universo simbólico - como a matemática - é necessário, vez por outra, "traduzir as experiências não-cotidianas na realidade da vida cotidiana" (Berger & Luckmann, 1967, p. 40). Também é necessário interpretar a coexistência desses diferentes tipos de realidade.

Outro argumento em favor da existência de "formas qualitativamente diferentes pelas quais as pessoas percebem e entendem suas realidades" foi levantado por Marton (1981, p. 177), cuja abordagem 'fenomenográfica' nos fala sobre concepções e formas de entendimento como categorias de descrição da realidade. Essas categorias podem ser observadas em um grande número de indivíduos, de modo que a sua totalidade denota um tipo de intelecto coletivo. "As mesmas categorias de descrição aparecem em diferentes situações. O conjunto das categorias é, portanto, estável e generalizável entre situações, mesmo que o indivíduo 'mova' de uma categoria a outra em diferentes ocasiões" (Marton, 1981, p. 193). As idéias de Marton repousam na distinção entre realidade e percepção da realidade. Mas elas também têm um componente de dependência do conteúdo, já que "nós não podemos separar a estrutura do conteúdo da experiência" (Marton, 1981, p. 179). Marton sugere que nós podemos usar esse sistema supra-individual de formas de pensamento como um instrumento para a descrição de como as pessoas pensam em situações concretas e, numa perspectiva coletiva, como descrições de formas de pensar.

Linder (1993), baseado nas idéias de Marton, argumenta que a dispersão conceitual é um fenômeno presente tanto na vida social como em ciência. O autor ilustra suas teses com exemplos de mecânica, ótica e eletricidade, onde a visão clássica e moderna de um mesmo fenômeno não são coincidentes. O autor questiona os modelos de mudança conceitual que incluem o objetivo de fazer com que o estudante abandone uma concepção e adote uma alternativa.

A idéia de um 'intelecto coletivo' como um sistema supra-individual de formas de pensamento (Marton, 1981) também desempenha um papel importante na teoria histórico-cultural de Vygotsky e seguidores. Segundo Vygotsky, a relação do homem com o mundo não é uma relação direta. Os processos mentais superiores, como pensamento verbal, memória lógica e atenção seletiva, são gerados por atividades mediadas socialmente. A fonte de mediação pode ser tanto uma ferramenta material, um sistema de símbolos ou o comportamento de outro ser humano (Vygotsky, 1978). Vygotsky comenta que a dificuldade de se ver essa dimensão social nos processos mentais está relacionada ao fato de que o desenvolvimento desses processos começam e terminam com uma forma individualizada. O começo biológico e o fim intrapsicológico do desenvolvimento de uma função psicológica lhe dão esta aparência de processo individual. No entanto ela passa por um estágio em que se caracteriza como uma forma particular de colaboração social. Somente nos seus últimos estágios a função psicológica adquire essa forma individualizada, carregando internamente os aspectos simbólicos essenciais de sua estrutura prévia (Vygotsky, 1982, citado por Kozulin, 1990, p. 116-117). Os sistemas simbólicos que desempenham um papel fundamental na gênese dos processos mentais superiores nada mais são do que uma forma de "intelecto coletivo" (Kozulin, 1990).

Apesar de Bachelard não ter trabalhado no desenvolvimento de conceitos relacionados à cognição humana, encontramos em sua 'Filosofia do Não' uma explicação detalhada de diferentes maneiras de se conceituar a realidade em termos científicos. Ainda que baseada em sistemas filosóficos de pensamento, essas idéias podem nos ajudar a desenvolver um modelo de ensino baseado na explicitação das idéias dos estudantes que tenta resolver algumas das inconsistências levantadas em relação aos outros modelos e estratégias.

Segundo Bachelard, é possível que cada indivíduo trace seu perfil epistemológico para cada conceito científico. Apesar das características individuais do perfil, como o resultado de uma psicanálise individual para um dado conceito, as categorias que constituem as diferentes divisões do perfil têm, como em Marton, uma característica mais geral. Cada zona do perfil é relacionada com uma perspectiva filosófica específica, baseada em compromissos epistemológicos distintos. Cada parte do perfil pode ser relacionada, portanto, com uma forma de pensar e com um certo domínio ou contexto a que essa forma se aplica.

Adaptando-se a proposta de Bachelard (1984) às particularidades do conhecimento químico, os vários conceitos físicos e químicos podem ser relacionados com os seguintes componentes em termos de um perfil (Mortimer, 1992): o realismo, que é basicamente o pensamento de senso comum; o empirismo, que ultrapassa a realidade imediata através do uso de instrumentos de medida, mas que ainda não dá conta das relações racionais; o racionalismo clássico, em que os conceitos passam a fazer parte de uma rede de relações racionais; o racionalismo moderno, em que as noções simples da ciência clássica se tornam complexas e partes de uma rede mais ampla de conceitos; e também um racionalismo contemporâneo, ainda em desenvolvimento, que englobaria os avanços mais recentes da ciência através de estudos sobre a forma, fractais e sistemas não-lineares, que permitem a incorporação, como

objeto de estudo, de sistemas complexos e/ou caóticos, como reações distantes do equilíbrio, sistemas irreversíveis, etc.

Bachelard exemplifica a aplicação da noção de perfil ao conceito de massa. Assim, o realismo está impregnado de senso comum e uma noção realista atribui massa apenas àquilo que é pesado. A noção de massa corresponde, então "a uma apreciação quantitativa grosseira e como que ávida de realidade. Aprecia-se a massa pela vista" (Bachelard, 1984, p.13).

Em relação ao empirismo, que o autor adjetiva de claro e positivista, "a noção de massa corresponde a um emprego cautelosamente empírico, a uma determinação objetiva precisa. O conceito está então ligado à utilização da balança (...) A tal conceito simples e positivo, a uma determinação simples e positiva de um instrumento (mesmo que seja teoricamente complicado) corresponde um pensamento empírico, sólido, claro, positivo e imóvel." (Bachelard, 1984, p. 15)

Já para o racionalismo clássico, "a noção de massa define-se num corpo de noções e não apenas como um elemento primitivo de uma experiência imediata e direta. Com Newton a massa será definida como o quociente da força pela aceleração. Força, aceleração, massa, estabelecem-se correlativamente numa relação claramente racional, dado que esta relação é perfeitamente analisada pelas leis racionais da aritmética." (Bachelard, 1984, p. 16).

O racionalismo moderno faz com que as noções se tornem mais complexas. A noção de massa, que era uma função simples, vai se tornar complexa, dependente de uma série de outras noções. A massa não é mais absoluta no tempo e no espaço, mas torna-se uma função complicada da velocidade. Na física relativista, a noção de massa também não é mais heterogênea à energia. "Em suma, a noção simples dá lugar a uma noção complexa, sem declinar seu papel de elemento" (Bachelard, 1984, p. 18).

Bachelard fala ainda de um racionalismo contemporâneo, em que a realização se impõe à realidade. Na mecânica de Dirac é a forma de propagação que definirá, em seguida, aquilo que se propaga. "A mecânica de Dirac é, pois, de saída, *desrealizada*" (Bachelard, 1984, p. 20). É no fim do seu desenvolvimento que ela procurará suas realizações.

É interessante notar que, à medida que se percorre esse perfil epistemológico, qualquer conceito vai se tornando mais complexo ao longo do perfil, e também mais racional. Além disso, a parte "realista" do espectro de noções corresponde, normalmente, às concepções alternativas que as pessoas possuem, muitas vezes independente da formação escolar. No corpo teórico da ciência esse tipo de noção já não existe. Aqui, o espectro começa pelo empirismo.

O perfil epistemológico, em cada conceito, difere de um indivíduo para outro. Ele é fortemente influenciado pelas diferentes experiências que cada pessoa tem, pelas suas raízes culturais diferentes. A figura 1 reproduz o perfil epistemológico que Bachelard usa para ilustrar o seu próprio conceito de massa. A altura de cada zona do perfil corresponde à extensão na qual essa 'maneira de ver' está presente no pensamento individual, o que é definido pelo *background* cultural e pelas oportunidades que o indivíduo tem de usar cada divisão do perfil na sua vida. Quanto maior é uma determinada zona do perfil, mais forte é essa característica do conceito no perfil como um todo.

O próprio autor adverte para o cuidado que deve ser tomado ao se interpretar esse tipo de representação, já que a altura de cada setor é uma aproximação qualitativa grosseira.

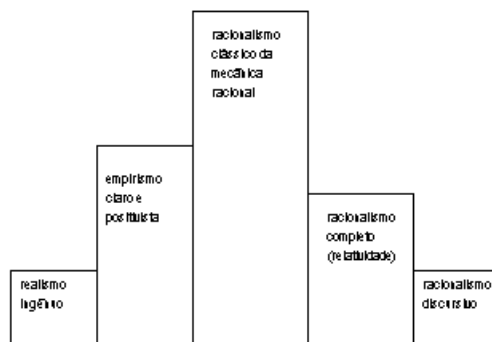


Figura 1 - O perfil epistemológico de Bachelard em relação ao conceito de massa (Bachelard, 1984, p. 25)

O meu próprio perfil em relação ao conceito de massa seria diferente daquele apresentado por Bachelard (figura 1), uma vez que sua zona mais acentuada seria a empirista, e não a racionalista clássica. Isto está relacionado à minha formação como químico e a uma experiência de vários anos trabalhando em laboratórios químicos, usando balanças como parte das atividades cotidianas. O perfil de Bachelard é completamente diferente (figura 1). A zona empírica em seu perfil é menos influente, porque ele dificilmente usou balanças no seu trabalho cotidiano. Em compensação, ele terá um setor racional bastante pronunciado, como consequência de sua experiência como físico e filósofo profissional.

O leitor poderia argumentar, em face das características da noção de perfil epistemológico, que é difícil de acreditar que cientistas e filósofos, a exemplo de Bachelard, pudessem ter um componente realista no seu perfil do conceito de massa, atribuindo massa somente a coisas grandes e pesadas, apreciando a massa pela vista. Eu seria obrigado a concordar, desde que alguém me provasse que um químico ou um físico jamais tivesse usado massa num sentido metafórico na sua linguagem cotidiana, jamais tivesse falado de uma 'massa de ar frio que se aproxima' ou de uma 'massa de detalhes a serem trabalhados no projeto' (vide o *Novo Dicionário Aurélio* (Ferreira, 1975) e o *Collins Cobuild English Language Dictionary* (Sinclair, Ed., 1987) para exemplos desses tipos de conceitos de massa). Massa, neste sentido, é claramente realística e seria de um absoluto *nonsense* falar acerca de uma pequena massa de detalhes a ser trabalhada. Uma importante característica que poderia distinguir o perfil do químico e do físico daquele de um estudante novato nas leis da Física é que os primeiros seriam conscientes de seu perfil e usariam cada noção no contexto apropriado, enquanto o último poderia não ter atingido aquele grau de consciência.

A noção de *heterogeneidade apesar da hierarquia genética*, discutida por Wertsch (1991) fornece um argumento psicológico importante para o fato de que a aquisição de um conceito mais complexo num perfil conceitual não implica no desaparecimento das idéias anteriores. O fenômeno de heterogeneidade lida com a mesma idéia geral de que numa dada cultura ou num indivíduo possam existir diferentes formas de pensar. A heterogeneidade apesar da hierarquia genética assume que essas diferentes formas podem ser colocadas numa hierarquia genética, mas isso não implica que as formas posteriores sejam mais poderosas. Wertsch argumenta que "essa posição pode ser resumida dizendo-se que, embora algumas formas de funcionamento mental apareçam depois de outras, elas não são inerentemente melhores" (Wertsch, 1991). O reconhecimento de que certas formas de pensar, certos mediadores ou certas linguagens sociais (Bakhtin, 1981) sejam mais apropriados e eficazes

em certos contextos envolve uma atitude psicológica de reconhecer esses contextos e *previdenciar* determinados mediadores (Wertsch, 1991). O reconhecimento dos tipos de escolha que os estudantes fazem quando tentam resolver questões em salas de aula de ciências podem ser um importante dado empírico para entender o mecanismo envolvido no reconhecimento do contexto e no privilégio dado a certos mediadores.

A noção de perfil conceitual

Eu usarei a noção de **perfil conceitual** no lugar de **perfil epistemológico** com o propósito de introduzir algumas características ao perfil que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard, já que minha intenção é construir um modelo para descrever a evolução das idéias, tanto no espaço social da sala de aula como nos indivíduos, como consequência do processo de ensino. A noção de perfil conceitual tem, obviamente, características em comum com o perfil epistemológico, como, por exemplo, a hierarquia entre as diferentes zonas, pela qual cada zona sucessiva é caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores. No entanto, alguns elementos importantes devem ser adicionados à noção bachelardiana.

O primeiro deles é a distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil. Apesar de lidar com o mesmo conceito, cada zona do perfil poderá ser não só epistemológica como também ontologicamente diferente das outras, já que essas duas características do conceito podem mudar à medida em que se mova através do perfil. Como mostrarei em relação ao perfil do conceito de átomo, este, enquanto objeto quântico, não pertence à mesma categoria ontológica do átomo clássico, um tipo de bloco básico a partir do qual a matéria é construída. Essa distinção entre aspectos epistemológicos e ontológicos é importante uma vez que muitos dos problemas na aprendizagem de conceitos científicos têm sido relacionados com a dificuldade em se mudar as categorias ontológicas as quais os conceitos são designados. "Para que os estudantes entendam realmente o que é força, luz, calor e corrente, eles precisam mudar suas concepções de que essas entidades são substâncias, e passar a considerá-las como um tipo de evento (*constraint-based event*) (incluindo campos), o que requer, conseqüentemente, uma mudança em sua ontologia" (Chi, 1991, p. 13).

Um outro aspecto importante a acrescentar é que a tomada de consciência, pelo estudante, de seu próprio perfil, desempenha um papel importante no processo de ensino-aprendizagem. Ao tomar consciência de seu perfil, o estudante teria mais chances de privilegiar determinados mediadores e linguagens sociais, como aqueles mais adequados a determinados contextos. Esse aspecto já seria suficiente para explicar certos resultados da literatura que questionam a interpretação usual de mudança conceitual como substituição das pré-concepções por conceitos científicos, como os de Galili e Bar (1992), a que nos referimos anteriormente. O uso, pelo estudante, de concepções prévias em problemas novos e potencialmente perturbadores poderia indicar a falta de consciência de seu próprio perfil. O aluno teria adquirido o conceito newtoniano de movimento, mas não teria se conscientizado da relação entre este e o seu conceito anterior de que 'movimento requer força', não sabendo, portanto, em que contexto é mais apropriado empregar um ou outro. Numa situação nova ele usaria o conceito pré-newtoniano de que 'movimento requer força', apesar de já ter usado o conceito newtoniano com sucesso em situações familiares, justamente porque ele não teria tomado consciência de que esses dois conceitos pertencem a um mesmo perfil, mas que os domínios a que se aplicam são diferentes. A falta dessa consciência levaria-o a generalizar seu conceito anterior, que, por ser mais familiar, seria usado com mais segurança numa situação nova.

Outra característica importante da noção de perfil conceitual é que seus níveis 'pré-científicos' não são determinados por escolas filosóficas de pensamento, mas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos. Como essas características individuais estão fortemente influenciadas pela cultura, podemos tentar definir o perfil conceitual como um sistema supra-individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura. Apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente, as categorias pelas quais ele é traçado - pelo menos no contexto da educação científica - são as mesmas para cada conceito. A noção de perfil conceitual é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciado pelas experiências distintas de cada indivíduo; e dependente do conteúdo, já que para cada conceito em particular tem-se um perfil diferente. As categorias que caracterizam o perfil são fortemente ligadas ao contexto escolar na qual podem ser aplicadas e às perguntas que foram usadas para se ter acesso às idéias dos estudantes. Vários estudos sobre cognição em contextos específicos (por exemplo, Luria, 1976; Lave, 1988; Brown, Collins & Duguid, 1989; Wertsch, 1991) têm demonstrado que não existem padrões universais de cognição. A noção piagetiana de que uma pergunta do experimentador pode dar acesso ao nível e a natureza do conhecimento de uma outra pessoa têm sido questionada por esses estudos. A construção do conhecimento na escola e o seu uso adequado depende do conteúdo, dos contextos em que foi empregado, dos processos usados na sua construção e dos propósitos de quem usa. A tentativa de descrever a evolução das idéias dos estudantes como uma mudança de perfil conceitual é, portanto, uma maneira de descrever um conjunto específico de idéias num espaço social bem determinado - a sala de aula de ciências - usando questões apropriadas para o processo de ensino e para se ter acesso às idéias dos estudantes nesse contexto escolar. Nesse sentido, as categorias que determinam as diferentes zonas do perfil são fortemente influenciadas pelo contexto particular - ensino-aprendizagem de ciências na escola - com que estamos lidando.

Apesar dessas dificuldades, existem várias fontes que podem fornecer algumas indicações para as categorias de um perfil conceitual. Em nossa civilização ocidental e industrial, as zonas científicas do perfil são claramente influenciadas pela história das idéias científicas, como parte do 'terceiro mundo' popperiano. As zonas pré-científicas para muitos conceitos também são afetadas pela intensa pesquisa em concepções alternativas dos estudantes, realizada nas duas últimas décadas, e que identificou os mesmos tipos de concepções relacionadas a um determinado conceito científico em diferentes partes do mundo.

Conclusões

A noção de perfil conceitual nos fornece elementos para entender a permanência das idéias prévias entre estudantes que passaram por um processo de ensino de noções científicas. Ao mesmo tempo, muda-se a expectativa em relação ao destino dessas idéias, já que se reconhece que elas podem permanecer e conviver com as idéias científicas, cada qual sendo usada em contextos apropriados. Além disso, ao propiciar a contextualização das idéias alternativas como parte de um repertório disponível na cultura cotidiana, a noção de perfil conceitual abre a possibilidade para a reinterpretção dos resultados disponíveis na literatura. As idéias alternativas das crianças e adolescentes teriam sua origem na linguagem e em outras representações simbólicas disponíveis na cultura cotidiana. A investigação dessas hipóteses para as concepções bem documentadas na literatura (força e movimento, calor e temperatura, teoria corpuscular da matéria, etc.) é um desdobramento importante do programa de pesquisas

em concepções alternativas e pode tentar responder aos questionamentos introduzidos no início deste artigo.

Além disso, a noção de perfil conceitual tem várias as consequências para o estabelecimento de estratégias de ensino e para a análise do processo de evolução conceitual em sala de aula. Uma fase fundamental no planejamento do ensino, de acordo com essa noção, é a determinação das categorias que constituem as diferentes zonas do perfil do conceito a ser ensinado, bem como a identificação dos obstáculos ontológicos e epistemológicos para a construção de conceitos mais avançados, presentes nas concepções mais elementares do perfil. Há uma fonte bastante ampla de informações, na literatura, sobre conceitos alternativos, que pode ser usada como indicadores para as características do perfil no seus níveis mais elementares. A história da ciência é outra fonte importante, não só para esses níveis elementares mas, também, para outros mais avançados.

A determinação das categorias de um perfil para diferentes conceitos e o uso dessas categorias para avaliar a evolução conceitual em sala de aula é uma importante aplicação da noção. Esse tipo de estudo já foi realizado em relação ao conceito de átomo e de estados físicos dos materiais (Mortimer, 1994). A ampliação desse estudo a outras áreas é importante para testar a validade do esquema geral de análise de concepções aqui esboçado. Acreditamos que esses estudos virão confirmar que o perfil conceitual constitui-se num instrumento de análise que permite relacionar as idéias dos estudantes ao saber escolar e aos conceitos científicos.

Agradecimentos

Esse trabalho foi desenvolvido a partir de pesquisas financiadas pelo CNPq, PADCT-SPEC-CAPEs e Pró-Reitoria de Pesquisa da UFMG.

Referências

- BACHELARD, G. (1984). A Filosofia do Não; In: OS PENSADORES. São Paulo: Abril Cultural, p. 01-87.
- BERGER, P.L. & LUCKMANN (1967). *The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*. London: Allen Lane.
- BLOOR, D. (1976) *Knowledge and social imagery*. London: Routledge & Kegan Paul.
- BROWN, J.S., COLLINS, A. & DUGUID, P. (1989) Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1): 32-42.
- CARMICHAEL, P., DRIVER, R., HOLDING, B., PHILLIPS, I., TWIGGER, D. & WATTS, M. (1990). *Research on students' conceptions in science: a bibliography*. Leeds: Children's Learning in Science Research Group, University of Leeds.
- CHI, M.T.H. (1991). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. in R. Giere (Ed.). *Cognitive models of Science: Minnesota Studies in the philosophy of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press.

- CLAPAREDE, E. (1946). *L'education fonctionnelle*. Neuchatel: Delachaux et Niestle.
- COLLINS, H. & PINCH, T. (1982). *Frames of Meaning: the social construction of extraordinary knowledge*. London: Routledge.
- DAVIS, P. (1989). (ed). *The new physics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- DEBUS, A.G. (1978). *Man and Nature in the Renaissance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- DRIVER, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, 11(5): 481-490.
- DRIVER, R. & EASLEY, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Science Education*, 12: 7-15.
- DRIVER, R.; GUESNE, E., TIBERGHEN, A. (Ed.) (1985). *Children's Ideas in Science*. Milton Keynes: Open University Press.
- DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., MORTIMER, E.F. & SCOTT, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7): 05-12.
- DUIT, R. (1991). On the role of analogies and metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75(6): 649-672.
- EDWARDS, D. & MERCER, N. (1987). *Common Knowledge - The development of understanding in the classroom*. London: Routledge.
- FERREIRA, A.B.H. (1975) *Novo Dicionário da Língua Portuguesa*. Rio De Janeiro: Nova Fronteira.
- FODOR, J. (1983). Da impossibilidade de aquisição de estruturas mais poderosas. In Piattelli-Palmarini, M. (org.) *Teorias da Linguagem, Teorias da Aprendizagem: O Debate entre Jean Piaget & Noam Chomsky*. São Paulo, Cultrix. Traduzido de *Théories du langage/Théories de L apprentissage* (1979), por Álvaro Cabral.
- FRANCO, C. & COLINVAUX-DE-DOMINGUEZ, D. (1992). Genetic Epistemology, History of Science and Science Education. *Science & Education* 1: 255-271.
- GALILI, I. & BAR, V. (1992). Motion implies force: where to expect vestiges of the misconceptions? *International Journal of Science Education*, 14(1): 63-81.
- GILBERT, J.K. & WATTS, M. (1983). Concepts, Misconceptions and Alternative Conceptions: Changing Perspectives in Science Education. *Studies in Science Education*, 10: 61-98.
- GILBERT, J.K. & SWIFT, D.J. (1985). Towards a Lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, 69(5): 681-696.
- GLASERFELD, E. (1989) Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80: 121-140.
- HEWSON, P.W. & THORLEY, R. (1989). The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, 11(5): 541-553.
- KOZULIN, A. (1990). *Vygotsky's Psychology: A Biography of Ideas*. New York: Harvester Wheatsheaf.

- KUHN, T.S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. Chicago: University of Chicago Press
- LAKATOS, I. (1970). Falsification and the methodology of scientific research programmes. In I. Lakatos. I. & A. Musgrave (Eds.) *Criticism and the growth of Knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LAVE, J. (1988) *Cognition in practice: Mind, mathematics and culture in evereday life*. Cambridge: Cambridge University Press.
- LINDER, C.J. (1993) A challenge to Conceptual Change. *Science Education*, 77(3): 293-300.
- LURIA, A.R. (1976) *Cognitive development: Its cultural and social foundations*. Cambridge: MA, Harvard University Press.
- MARTON, F. (1981). Phenomenography - Describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10: 177-200.
- MATTHEWS, M.R. (1992). Constructivism and empiricism: an incomplete divorce. *Review of Educational Research*, 22: 299-307.
- MILLAR, R. (1989). Constructive criticisms. *International Journal of Science Education*, 11(5): 587-596.
- MORTIMER, E.F. (1992). Presupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico. *Química Nova*, 15 (3): 242-249.
- MORTIMER, E.F. (1994). Evolução do atomismo em sala de aula: mudança de perfis conceituais. São Paulo, Faculdade de Educação da USP. (Tese, Doutorado).
- MORTIMER, E.F. (1995) Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3): 265-287.
- NIEDDERER, H., GOLDBERG, F. & DUIT, R. (1991). Towards Learning Process Studies: A review of the Workshop on Research in Physics Learning, in R. Duit, F. Goldberg and H. Niedderer (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel: IPN, p. 10-28.
- NUSSBAUM, J. & NOVICK, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation. *Instructional Science*, 11: 183-208.
- OSBORNE, J. (1993) Beyond Constructivism; In: *The proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Misconceptions Trust: Ithaca, New York.
- PFUNDT, H. & DUIT, R. (1992). *Bibliography - Student's Alternative Frameworks and Science Education*. Kiel: IPN.
- PIAGET, J. (1977). *O desenvolvimento do pensamento. Equilíbrio das estruturas cognitivas*. Lisboa: Dom Quixote.
- PIAGET, J. & GARCIA, R. (1987). *Psicogenese e Historia das Ciências*. Lisboa: Dom Quixote.
- PIATTELLI-PALMARINI, M. (1983) (org.) *Teorias da Linguagem, Teorias da Aprendizagem: O Debate entre Jean Piaget & Noam Chomsky*. São Paulo: Cultrix. Traduzido de *Théories du langage/Théories de L apprentissage* (1979), por Álvaro Cabral.

- POPPER, K.R. (1972). *Objective Knowledge. An evolutionary approach*. Oxford: Oxford University Press.
- 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): 211-227.
- ROWELL, J.A. & DAWSON, C. (1984). Equilibration, conflict and instruction: A new class-oriented perspective. *European Journal of Science Education*, 7(3): 331-344.
- ROWELL, J.A. (1989). Piagetian Epistemology: Equilibration and the Teaching of Science. *Synthese*, 80: 141-162, 1989.
- SCHUTZ, A. (1967). *The phenomenology of the social world*. New York: Northwestern University Press. Translated from *Der Sinnhafte Aufbau der Sozialen Welt* (1932), by Geroge Walsh and Frederick Lehnert.
- SCOTT, P. (1987). The process of conceptual change in Science: A case study of the development of a secondary pupil's ideas relating to matter, in Novak, J.D. (ed), *The proceedings of The Second International Seminar: Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, New York: Cornell University, vol. II, p. 404-419.
- SCOTT, P.H. (1992). Planning Secondary School Science Teaching with Children's thinking in Mind. Paper presented at BERA, Stirling, August 1992.
- SINCLAIR, J. (Ed.) (1987). *Collins Cobuild English Language Dictionary*. London: HaperCollins Publishers.
- SLEZAK, P. (1994a). Sociology of Scientific Knowledge and Scientific Education: part 1. *Science & Education*, 3(3): 265-294.
- SLEZAK, P. (1994b). Sociology of Scientific Knowledge and Scientific Education: part 2. *Science & Education*, 3(4): 329-355.
- SOLOMON, J. (1983). Learning about energy: how pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5(1): 49-59.
- SOLOMON, J. (1994). The Rise and Fall of Constructivism. *Studies in Science Education*, 23: 1-19.
- STAVY, R. (1991) Using analogy to overcome misconceptions about conservation of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28(4): 305-313.
- SUCHTING, W.A. (1992) Constructivism desconstruted. *Science & Education*, 1(3): 223-254.
- VIENNOT, L. (1979). Spontaneous Reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* 1(2): 205-221.
- VYGOTSKY, L.S. (1978). *Mind in Society: The development of higher psychological process* (M. Cole, V. John-Steiner, S. Scribner & E. Souberman, Eds.). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- VYGOTSKY, L.S. (1982). *Sobranie Sochinenni (Collected Papers)*. Vol. I. Moscou: Pedagogika (original de 1926). Citado por KOZULIN, A. (1990). *Vygotsky's Psychology: A Biography of Ideas*. New York: Harvester Wheatsheaf.
- WERTSCH, J.V. (1991) *Voices of the mind: a sociocultural approach to mediated action*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Recebido em 20/02/95

Revisão recebida em 24/07/95

Aceito para publicação em 20/09/95