

FILOSOFIA DA CIÊNCIA E ENSINO DE CIÊNCIA: UMA ANALOGIA

*Alberto Villani**

Resumo: Neste trabalho, inicialmente explicitaremos nossa compreensão do debate entre Kuhn, Popper, Lakatos e Feyerabend na Conferência Internacional sobre Filosofia da Ciência (1965), delineando as diferenças nas posições de nossos filósofos. Em seguida apresentaremos um quadro das posições sobre o ensino de ciências, assim como nos parecem caracterizar os último 30 anos de pesquisas na área. Finalmente tentaremos uma aproximação dos dois campos, procurando salientiar as implicações que a problemática filosófica teve e tem para uma maior compreensão do ensino de ciências e matemática.

Unitermos: Filosofia da Ciência, Mudança Conceitual, Ensino de Ciências

Abstract: *In this work, initially we will make explicit our understanding of the debate among Kuhn, Popper, Lakatos and Feyerabend in the International Conference on Philosophy of Science (1965), by outlining the differences in the positions of these philosophers. Afterwards, we will present a chart of positions about the teaching of science, the way they seem for us to characterize the last 30 years of research in this field. Finally, we will try to put the two fields closer together, while attempting to highlight the implications of the philosophical problematic for a better understanding of the Science and Mathematics Education.*

Keywords: *Philosophy of Science, Conceptual Change, Science Education*

Introdução

No intenso debate que aconteceu no Colóquio Internacional sobre Filosofia da Ciência, em Londres, o que estava em jogo, e que constituiu o motor da discussão e das polêmicas, foi a visão dos debatedores sobre a natureza e as características da mudança na ciência. Os debatedores que nos chamaram mais atenção, além do próprio Kuhn, que forneceu o texto inicial do debate, foram Popper, Lakatos e Feyerabend. Eles constituíram um bloco que rejeitava as teses positivistas de que o desenvolvimento da ciência é explicado fundamentalmente pela obtenção de dados experimentais mais refinados e pela elaboração de teorias mais abrangentes. Entretanto, esses autores manifestavam concepções significativamente diferentes, que, em parte, foram desenvolvidas em obras posteriores¹. Na mesma época começou a ser questionada, na área de educação em Ciências e Matemática, a filosofia positivista que orientou os grandes projetos do final da década de 50 e início de 60, e os correspondentes trabalhos de pesquisa: segundo essa perspectiva, o avanço do ensino de Ciência seria essencialmente um problema de conteúdo claro e correto e metodologia adequada. As teses implícitas no Movimento das Concepções Alternativas (Gilbert & Swift, 1985), no Modelo de Mudança Conceitual (Posner *et al*, 1982; Hewson & Thorley, 1989), no debate sobre Construtivismo (por ex. Von Glasersfeld, 1992; Gunstone, 1992) e em algumas propostas recentes mais radicais (por ex. Wood *et al*, 1991; Cobern, 1996; Villani e Cabral, 1997), rejeitam essa visão de ensino, apesar de serem marcadas por diferenças sig-

* Com auxílio parcial CNPq – Conselho Nacional de Pesquisa.

* Professor titular - Instituto de Física. Universidade de São Paulo (e-mail: avillani@if.usp.br)

¹ Neste trabalho utilizaremos somente as Atas do Congresso, pois elas nos parecem suficientes para os questionamentos que queremos colocar.

nificativas entre elas. Neste trabalho pretendemos explicitar nossa compreensão do debate acenado inicialmente, delineando as diferenças nas posições de nossos filósofos; em seguida apresentaremos um quadro das posições sobre o ensino de Ciência, assim como nos parecemos caracterizar os últimos 30 anos de pesquisas na área. Finalmente, tentaremos uma aproximação dos dois campos, procurando salientar as implicações que a problemática filosófica teve e tem para uma maior compreensão do ensino de Ciências e Matemática.

O Debate no Colóquio Sobre Filosofia da Ciência²

A tese de Kuhn. (Kuhn, 1979^a) O colóquio começou com uma exposição de Kuhn sobre as diferenças e concordâncias entre seu ponto de vista e o de Popper. Ambos se interessavam pela história da ciência e rejeitavam que a ciência progredisse por acumulação; ambos descreviam o seu avanço por meio de revoluções nas quais uma teoria antiga é substituída por uma nova incompatível com ela. Ambos enfatizavam o papel das anomalias, teóricas ou experimentais na produção de revoluções científicas e reconheciam a relação íntima entre teorias e experimentos, e a conseqüente dificuldade de produzir uma linguagem de observação neutra. Finalmente ambos reconheciam o papel fundamental da tradição no desenvolvimento da ciência. A crítica de Kuhn às teses de Popper focaliza a ambigüidade desse último quanto ao chamado processo de falseamento: *“construir hipóteses ou sistemas de teorias e testá-los à luz da experiência, pela observação e pela experimentação”*.

Para Kuhn essa afirmação não pode ser generalizada, pois refere-se essencialmente à maneira como a ciência normal avança. Dentro de um paradigma existem critérios estabelecidos e aceitos, que permitem testar um enunciado teórico. Quando uma revolução bate às portas, a unanimidade sobre os critérios de teste acaba e as comparações tornam-se muito difíceis. No debate entre dois paradigmas, muitas vezes é difícil estabelecer qual dos dois tem maior adequação com os dados experimentais, que sempre podem ser questionados. Para Kuhn isso é essencial, ao passo que para Popper é um detalhe a ser resolvido pela comunidade. Além disso, dificilmente o abandono de um paradigma em favor do outro será tranquilo, pois perdas de vários tipos estão implicadas. Conseqüentemente é sempre possível que um ou mais cientistas, agindo racionalmente, ou seja, tendo boas razões para isso, tanto prefiram trabalhar no antigo paradigma, tentando melhorá-lo, quanto investir suas energias no desenvolvimento do novo paradigma. Ou seja, a opção entre um paradigma e outro sempre envolve uma avaliação subjetiva de razões.

A Crítica de Popper (Popper, 1979). Ele sustenta que, na prática, a distinção entre a ciência normal e revolução não é tão nítida, sendo a descrição de Kuhn quase uma caricatura. Também o problema da escolha de teorias não é tão ambíguo, pois é sempre possível se colocar nos pontos de vista das teorias em jogo e julgar qual a melhor, mesmo que isso seja provisório. Isso garante que a ciência tenha critérios objetivos de avaliação, o que a distingue dos outros conhecimentos, inclusive dos pseudo-científicos. Por isso a comunidade científica tem condições para decidir quando uma teoria deve ser abandonada ou aceita provisoriamente. Os cientistas, individualmente, podem até quebrar os critérios de julgamento da comunidade e,

² As Atas do evento, que foram organizadas por I. Lakatos e A. Musgrave em um livro: “A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento” (1979), apresentam as versões escritas do trabalho de Kuhn, das críticas dos debatedores e da resposta final do autor

às vezes, ao fazer isso obtêm sucesso; entretanto a comunidade científica *a posteriori* sempre consegue recuperar racionalmente esses sucessos.

O Desenvolvimento de Lakatos (Lakatos, 1979). Na mesma perspectiva de Popper, de cuja teoria se considera como aperfeiçoador, Lakatos incorpora várias das contribuições de Kuhn, num texto que apresenta o “falseacionismo” metodológico sofisticado. Em resumo, para ele, a ciência é caracterizada por Programas de Pesquisa (muito semelhantes aos paradigmas de Kuhn), estruturas teórica complexas e gerais que competem entre si sistematicamente para ganhar a aceitação da comunidade científica, e que não podem ser derrubadas diretamente num confronto com os dados experimentais. Além de todos os problemas referentes ao estabelecimento e à aceitação de uma “base empírica” satisfatória, existe sempre a possibilidade de fugir do fracasso, elaborando novas hipóteses auxiliares que reduzam as anomalias e multipliquem os sucessos. Então, por que os Programas de Pesquisa são abandonados? A resposta que Lakatos oferece parece semelhante à de Kuhn: os Programas que degeneram, ou seja, que se defendem continuamente inventando soluções *ad hoc* para as anomalias que se multiplicam, são incapazes de oferecer genuínos problemas para seus seguidores. Entretanto, existe uma divergência essencial entre Kuhn e Lakatos: para este último existem critérios objetivos de ordem racional, que a comunidade científica não tem possibilidade de aplicar na hora da competição, mas que podem ser aplicados *a posteriori*, quando a briga entre Programas já terminou. Tais critérios permitem confirmar a superioridade do vencedor em termos de aperfeiçoamento do conhecimento; normalmente o último Programa conseguiu resolver todos os problemas que os outros resolveram e alcançar mais algum sucesso: daí a escolha da comunidade poder ser considerada como natural, não envolvendo perdas epistêmicas significativas.

O Projeto de Feyerabend (Feyerabend, 1979). O autor defende que a ciência deve visar a felicidade e o bem estar dos homens. Esse deve ser o critério fundamental de sua avaliação. Quanto às condições para o progresso, dois princípios são importantes: o da tenacidade e o da proliferação.

O princípio da tenacidade leva o cientista a se agarrar à teoria escolhida, tentando trabalhá-la apesar das evidências contrárias. De fato, nem sempre os resultados experimentais são tão confiáveis como parecem de imediato, e as comparações quase nunca envolvem um confronto direto entre “dados” e teoria, mas incluem as ciências auxiliares, que podem contaminar a própria linguagem de observação, esvaziando o papel refutador dos eventos considerados. Finalmente, as teorias, mesmo que com flagrantes anomalias, podem sempre ser melhoradas e tornarem-se capazes de explicar aquilo que à primeira vista parecia inconciliável.

O princípio da proliferação leva o cientista a criar alternativas novas às teorias já existentes. Essas novas teorias, ao enfatizar os pontos fracos das rivais, obrigam-nas a se desenvolver, até incorporando pontos novos sugeridos pelas concorrentes. Feyerabend sustenta que a ciência normal, com o domínio de um único paradigma e com a resolução de quebra-cabeças é um mito que não tem respaldo metodológico nem histórico. O progresso da ciência é o resultado da interação de teorias que tentam se desenvolver e simultaneamente se confrontam com outras teorias. Por isso parece altamente recomendável tudo o que possa facilitar o desenvolvimento de novas teorias. De fato, sempre houve proliferação de teorias, mesmo que as existentes fossem consideradas satisfatórias. Em suma, as teorias são desenvolvidas na tentativa sistemática de preservá-las e aperfeiçoá-las no confronto com novas.

O desenvolvimento da ciência não pode ser avaliado com um conjunto de critérios fixos e de regras “racionais”. De um lado, os critérios “racionais” de “progressão” ou “degenerescência” de Lakatos parecem ornamentos verbais, pois não é fácil estabelecer quando uma aparente regressão é definitiva. De outro lado, os critérios de comparação efetivamente usados na comunidade científica para selecionar entre teorias se modificaram com o tempo, estiveram sempre sujeitos a muitas interferências externas e, de fato, apontam para a presença marcante da irracionalidade nos momentos das grandes mudanças. O processo é ainda mais complicado pela existência de teorias incomensuráveis, cujos conceitos fundamentais incluem elementos diferentes e tornam mais difícil a avaliação. Essas teorias incomensuráveis podem ser refutadas somente por referência a suas próprias espécies de experiência, pois não é possível uma comparação de seu conteúdo ponto a ponto. O autor conclui sugerindo a utilização de critérios formais, estéticos, de gosto ou desejo, na escolha das teorias que se pretende sustentar. Espera-se que essa forma de agir na ciência, longe de jogá-la num caos, faça com que cada teoria se desenvolva e se apresente de tal forma a ganhar adesões.

A Resposta de Kuhn (Kuhn, 1979b). O autor considera que o diálogo entre visões diferentes é difícil e pode chegar a esclarecer pontos, mas nunca consegue eliminar os mal-entendidos, que dependem da maneira como os problemas são enfrentados. Critica o esforço de Lakatos para engessar a História da Ciência numa racionalidade estreita e concorda com Feyerabend em que os critérios *a posteriori* são inócuos como justificativas para o desenvolvimento. Reconhece que os paradigmas em geral são restritos a temas específicos e a grupos de cientistas, e que o desenvolvimento da ciência pode ser descrito somente com referência à interação entre esses grupos. Kuhn rejeita a visão anárquica do avanço científico proposta por Feyerabend, na qual a razão parece ter que sucumbir à irracionalidade, e sustenta que na batalha travada entre um novo e um velho paradigmas são utilizados argumentos racionais e não *slogans* emocionais. Entretanto, esses argumentos são insuficientes para os vários grupos da comunidade científica tomar uma decisão unívoca; isso permite que simultaneamente se desenvolvam novos paradigmas e que os antigos sejam aperfeiçoados para poder competir, sendo o abandono deles, de fato, devido não a argumentos lógicos, mas à avaliação sobre a capacidade de os paradigmas projetarem e sustentarem trabalhos promissores para os adeptos.

O Debate no Programa de Mudança Conceitual

No começo da década de setenta ainda dominava a perspectiva dos grandes projetos, como PSSC, BSSC, Nuffield, para citar alguns. Considerava-se que a produção de material instrucional, baseada principalmente na competência científica, na experiência de magistério e na sensibilidade pedagógica de seus autores, deveria ser suficiente para a preparação e realização de atividades didáticas de qualidade no ensino de Ciências. Estava implícito que o aluno seria quase amoldável conforme a qualidade do produto, baseada principalmente na competência científica, na experiência de magistério e na sensibilidade pedagógica de seus autores. O material didático era o trilho que conduziria o aluno ao domínio do conteúdo científico, e o professor a satisfazer as exigências da comunidade. Nessa perspectiva, a interpretação das experiências didáticas com resultados positivos sistematicamente negligenciava ou reduzia ao mínimo o papel da subjetividade e das escolhas dos alunos e do professor.

O Movimento das Concepções Alternativas Nessa mesma época apareceram os

primeiros estudos a respeito da universalidade, articulação e sobrevivência das concepções alternativas nos vários níveis de ensino, que questionavam a perspectiva básica dos projetos e deram impulso ao movimento no qual as concepções dos alunos eram tornadas objetos de investigação (Cornu, 1983; Gilbert & Swift, 1985). Pesquisadores elaboravam e aplicavam testes ou entrevistas com a finalidade de levantar as idéias de alunos e professores em vários níveis. Os resultados confirmavam a hipótese de que as concepções eram organizadas por padrões básicos de pensamento, mesmo em contextos diferentes, e terminavam por influenciar a aprendizagem de conceitos científicos. Um efeito dessas pesquisas foi a elaboração de testes e instrumentos que, utilizados em sala de aula, pretendiam despertar a atenção do aluno. Eram também meios de ensinar, pois alimentavam discussões e propunham soluções comparativas. Isso tornava o trabalho do professor ainda mais complexo, pois era preciso trabalhar as idéias alternativas dos alunos em várias situações em favor das concepções científicas.

O modelo de Mudança Conceitual Um passo a frente nessa perspectiva foi o Modelo de Mudança Conceitual (MMC), proposto, inicialmente, por Posner e colaboradores (1982). Os autores trabalharam com analogia entre mudanças na evolução do pensamento científico³ e mudanças das concepções do aluno em processo de aprendizagem de disciplinas científicas. De modo resumido, para que um sujeito mude de idéia é necessário primeiro que ele experimente alguma *insatisfação* em relação às idéias correntes, e que a nova concepção seja (i) *inteligível*, isto é, acompanhada de representações coerentes na forma de proposições e/ou imagens; (ii) *plausível* isto é capaz de resolver as anomalias conhecidas, e consistente com outros conhecimentos do aluno; (iii) *fértil*, isto é, capaz de resolver os problemas do aluno e conduzir a novas descobertas. O processo de mudança conceitual se desenvolve no cenário dos conceitos já existentes para o indivíduo. Este, denominado *ecologia conceitual*, influencia a seleção de novos conceitos ou teorias determinando a direção da acomodação, condiciona a aprendizagem e envolve analogias e metáforas significativas para o sujeito. Em suma, a ecologia determina se as condições são ou não possíveis de serem satisfeitas.

Para modificar as concepções dos alunos na escola foi proposto, por exemplo, o trabalho com o *conflito cognitivo* nas suas mais variadas formas. Segundo alguns autores (por ex. Hewson e Torley, 1989; Hewson & Hennessey, 1992), o processo de aprendizagem se desenvolve satisfatoriamente para um aluno se o *status* – grau de inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade – das novas idéias científicas aumenta e o correspondente *status* de suas idéias espontâneas diminui. Nesse quadro, o papel do professor é contribuir para que os alunos confrontem suas previsões teóricas com os resultados de suas experiências, comparem suas falas sucessivas à procura de coerências, percebam as diferenças entre o texto do livro didático ou a fala do próprio professor e as justificativas por eles utilizadas (ver por ex. Dreyfus *et al.*, 1991; Scott *et al.*, 1992). Entretanto, uma dificuldade dessa estratégia é que tomar consciência e explorar o conflito entre idéias alternativas e científicas, na maioria dos casos, tem significado muito limitado para o aluno, pois não lhe parece evidente a existência (Villani & Orquiza, 1995).

Uma outra maneira de promover da mudança conceitual está relacionada com o objetivo de estender o alcance e a generalização dos significados das idéias espontâneas, na direção do conhecimento científico. Como estratégia didática é usada a idéia de constituir pontes mediante o uso de analogias, que, segundo Duit (1991) têm valor positivo.

³ Como descritas por Kuhn, Lakatos e Toulmin

Segundo Brown (1992), essas pontes são exemplos estratégicos que diminuem a resistência dos alunos à aceitação das novas idéias e podem atingir certo sucesso ao auxiliar o aluno na compreensão qualitativa dos fenômenos, antes de utilizar de maneira sistemática princípios quantitativos. Niedderer (1987) discute o incentivo à mudança progressiva dos alunos na situação de analisar situações-problema, debatê-las até encontrar uma solução possível para comparar os resultados com correspondentes teorias que caracterizaram a História da Ciência. São incluídas até as soluções modernas. Nessa concepção, as idéias antigas auxiliam o aluno a enfrentar as dificuldades na aceitação das novas teorias. Todavia, há limites, pois o aluno pode ficar preso pelas situações análogas superficiais. Em casos de conteúdos mais complexos, o aluno pode ter sua atenção desviada para aspectos pouco relevantes.

A idéia de desenvolver a metacognição como forma indireta de enfrentar a mudança conceitual tem sido igualmente explorada. O aluno tem concepções sobre ensino e aprendizagem, tem percepções sobre a finalidade das atividades desenvolvidas e toma decisões durante sua realização. Favorecer o desenvolvimento do processo metacognitivo significa fornecer instrumentos e promover ocasiões para refinamento do conhecimento, da percepção e do controle que o aluno tem sobre sua aprendizagem. Um exemplo disso pode ser o monitoramento, por parte do aluno, do *status* das próprias concepções, na visão de Hewson & Thorley (1989). Por meio de questionamento apropriado, o aluno é levado a refletir sobre o grau de inteligibilidade do conhecimento adquirido, faz perguntas quanto está convencido a respeito de algo e conjetura sobre as perspectivas para o futuro. Entretanto, é possível verificar resistências do aluno a esse tipo de trabalho, por lhe parecer um desvio em relação ao aprendizado de Ciências ou porque não quer abandonar velhos esquemas.

Em resumo, durante toda a década de 80, de um modo ou de outro, a idéia era promover mudança na conceitualização do aluno, sendo responsabilidade do professor trabalhar novas estratégias. As iniciativas de mudança de conceitos no aluno sempre estiveram fundamentadas na crença implícita da supremacia objetiva das idéias científicas sobre as alternativas. As várias maneiras de propor a mudança de conceito dos alunos nada mais eram do que a progressiva sofisticação, envolvendo a motivação do aluno, da maneira de traduzir esse privilégio.

As Críticas ao Modelo Várias críticas foram explicitadas no final da década de 80, quando apareceram trabalhos que indicavam as modificações ou alternativas do modelo em questão. Confrey (1990) examina profundamente a bibliografia referente às pesquisas sobre mudança conceitual e concepções espontâneas e indica, claramente, ser necessário considerar e incluir dimensões socio-psicológicas e fatores ambientais, ignorados na maior parte dos trabalhos revistos.

Os próprios autores, Strike e Posner (1992), denotaram como falhas: a pouca consideração com a motivação e envolvimento do aluno, a limitação da visão que considera como prevalentemente discursivas as concepções alternativas dos alunos, e a falta de esclarecimento do dinamismo que relaciona ecologia conceitual e concepções do aluno. Chinn e Brewer (1993) mostraram que um aluno pode reagir de várias maneiras frente ao malogro de sua própria aprendizagem: ignorar o fracasso ou tentar minimizar seus efeitos, ficar perplexo e guardar a dúvida, interpretar o acontecimento como evento singular; buscar um nome novo para eventos discrepantes e ficar satisfeito com a nova informação, ficar intrigado e querer entender os fenômenos. Pintrich e colaboradores (1993) salientam o paradoxo da perspectiva cognitivista do modelo, no qual as idéias alternativas são simultaneamente o instrumento

de mudança e de resistência frente às novas concepções. Os autores focalizam a importância da motivação afirmando que metas, crenças, autoconfiança e certas abordagens do aluno intervêm de maneira decisiva nas tentativas de entender o mundo e os assuntos acadêmicos.

Uma outra crítica, que complementa as anteriores, refere-se às próprias condições para a mudança conceitual, a saber, a inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade das idéias científicas (Villani, 1996). Os autores focalizam que a realização de tais condições depende do contexto da sala de aula; por exemplo, uma concepção pode ser reconhecida como inteligível, plausível ou fértil em perspectiva, devido à confiança que o aluno deposita no professor ou nos colegas. É, inclusive, por causa dessa confiança que podem ser suspensas provisoriamente as barreiras cognitivas em relação às novas idéias.

A visão de substituição de idéias espontâneas (ou de senso comum) por idéias científicas é questionada por Mortimer (1995). O autor trabalha com a idéia de *perfil conceitual*, baseada na teoria de Bachelard (1980), e considera intrínseco à evolução cognitiva manter as idéias antigas com as novas. O ensino deve visar uma mudança do perfil conceitual dos alunos por enriquecimento do espectro de idéias disponíveis para a compreensão dos problemas. Além de introduzir as novas idéias compatíveis com a visão científica, clássica e/ou moderna, deve-se auxiliar o aluno a reconhecer os contextos nos quais é oportuno utilizar cada tipo de idéia, seja ela científica ou não.

Por tudo isso, observa-se que não há como dar conta de eventos peculiares, que hoje cada vez mais são relatados por pesquisadores que se ocupam de suas próprias salas de aula em que ocorrem aprendizagens de conteúdos específicos. Alunos que se recusam a aceitar os modelos científicos propostos pelo professor, porque acreditam nas palavras de outros (Gunstone, 1992), ou pedem a volta de um ensino tradicional, porque não querem pensar (Baird *et al.*, 1986). Há também casos de alunos insistirem na utilização de esquemas *ad hoc* por terem conseguido, até então, aprovações com essa estratégia (Baldino & Cabral, 1994).

Novas Perspectivas Alguns pesquisadores sugerem novas metas, uma vez que a idéia de moldar o aluno à imagem do professor, mesmo que este seja particularmente competente, parece insatisfatória. Para Cobern (1996), o ensino é um processo que se insere em uma dimensão mais ampla. Há diferentes visões de mundo. A visão “cientificista” adotada por muitos professores é uma entre muitas outras concepções. Na opinião de Cobern, é uma violência cultural desnecessária obrigar o aluno a se ajustar a um modelo, porquanto implica ensino pouco eficiente. Ele propõe tornar explícita a possibilidade de escolha, dentro do espaço e das finalidades da educação em Ciências, e não à margem dela. Nessa perspectiva torna-se fundamental a capacidade do professor de promover a escuta de seus alunos e o diálogo efetivo, tornando a promoção da competência dialógica uma prioridade na formação básica e em serviço de professores (Pacca & Villani, 2000)

Wood *et al.* (1991), defendem a idéia de que o professor deve se tornar promotor da construção coletiva junto com a classe. A comunidade que aprende se responsabiliza por aquilo que considera validado na solução de seus problemas, tendo presente as indicações da comunidade científica mais ampla. Os riscos dessa perspectiva são notáveis. Análoga parece ser a sugestão dos que trabalham com uma didática fundada na idéia de problemas abertos (Duschl & Gitomer, 1991; Gil-Perez, 1993). Na procura de soluções o aluno entra em contato com propostas da comunidade científica e deve optar pelo grau de adesão que considera oportuno no caso com que lida.

Finalmente, o grupo da Universidade de Monash colocou em andamento o projeto

denominado PEEL. As perspectivas metacognitivas foram levadas até as últimas conseqüências: conduzir os alunos e seus professores a se colocarem de frente com suas atividades (Baird *et al.*, 1991; White & Mitchell, 1994; Baird, 1997), assumirem responsabilidade com a aprendizagem ou desistirem de vez.

Tentando um confronto

Certamente não terá passado despercebida uma certa analogia entre as posições de alguns dos filósofos citados e de alguns dos movimentos na área de ensino de Ciências. Às vezes podemos até falar de influência direta. Assim, os grandes projetos da década de 60 não escondiam sua filiação com posições empiristas e o domínio do behaviorismo na correspondente pesquisa não foi casual. Analogamente, o resgate das idéias alternativas dos alunos e da necessidade de superá-las parece ecoar os esforços de Popper na promoção das idéias falsificacionistas, assim como a proposta do Modelo de Mudança Conceitual reconhece explicitamente a inspiração nas teses de Lakatos. Analogamente, as críticas ao modelo e as novas propostas apresentam fortes ressonâncias com algumas das teses de Kuhn e Feyerabend.

Pensamos que é possível ir além dessas considerações pontuais e focalizar uma possível contribuição da problemática da filosofia da ciência para o desenvolvimento do campo do ensino de Ciências explorando mais profundamente as eventuais analogias e levantando certas questões por elas sugeridas e suas implicações fundamentais.

A primeira questão pode ser assim definida. O debate filosófico apresenta-se como um embate entre os que consideram o avanço da ciência, apesar de parcial e provisório, um dado inquestionável, no sentido de que as teorias mais recentes são objetivamente melhores do que as mais antigas (Popper e Lakatos), e os que sustentam que no desenvolvimento da ciência há lugar para escolhas, que, geralmente, impedem uma avaliação definitiva (Kuhn e Feyerabend)⁴. Do lado do ensino de Ciências temos uma situação análoga; um confronto entre os que consideram que a meta é fazer com que o aluno pense de acordo com as concepções científicas, entendidas como constituintes do conhecimento mais refinado, e os que sustentam que na aprendizagem das Ciências há lugar legítimo para escolhas e adaptações. Em outras palavras, estão em jogo as seguintes questões:

i)- A evidente melhor adequação entre as novas teorias e os correspondentes resultados experimentais é um critério suficiente para concluir que as novas teorias são objetivamente melhores do que as anteriores?

ii)- O sucesso e a primazia evidente dos modelos científicos na cultura geral da sociedade de nosso século são suficientes para torná-los conhecimentos preferenciais?

As duas questões nos parecem muito relacionadas. Se o conhecimento científico for realmente um conhecimento privilegiado, pelo fato de, único entre todos, ser capaz de garantir mecanismos eficientes de contínuo aperfeiçoamento objetivo, então parece ser justificado e até necessário o esforço de privilegiar o ensino das Ciências como uma tarefa

⁴ As teses de Kuhn e Feyerabend não são idênticas a esse respeito, pois para Kuhn no interior de um paradigma há evidência de evolução, assim como a adequação entre teorias e resultados empíricos também é progressivamente melhor ao longo da história. Entretanto, para ele, isso não é suficiente para caracterizar que o último paradigma é objetivamente melhor ou mais próximo da verdade do que o anterior. Em trabalhos posteriores ele parece diluir essa tese (Nola, 2000).

educativa que eleva os alunos a um patamar de conhecimentos de naturezas diferentes. O importante, do ponto de vista educacional, seria o contato com um conhecimento diferente, que constitui um avanço em relação aos conhecimentos espontâneos, alternativos ou pseudo-científicos; o conteúdo específico a ser ministrado na escola seria regulado pela efetiva possibilidade de entendimento dos alunos⁵. Pelo contrário, se, como sustentam Kuhn e Feyerabend, nas revoluções científicas a passagem entre teoria velha e nova implica em perdas cognitivas, muitas vezes relacionadas ao contexto cultural no qual a ciência se insere, as conseqüências para o ensino são diferentes. Ou seja, se for sempre possível defender os valores culturalmente importantes de um paradigma antigo, tentando introduzir dispositivos que possam torná-lo novamente competitivo, o mesmo procedimento deveria ser aplicado às relações entre a ciência e as várias culturas que os alunos trazem para a escola. Nessa perspectiva, podemos perguntar: Quando um aluno abandona sua cultura para se adaptar à ciência, ele está sujeito também a perdas cognitivas? A escola deveria sempre fomentar que os valores culturais alternativos fossem desenvolvidos e fosse promovida uma adaptação entre eles e os que sustentam a ciência? Em outras palavras, é melhor controlar rigorosamente a escolha do conteúdo a ser discutido e aprendido em classe, de maneira que haja o privilégio do ponto de vista científico vigente e de seus pressupostos culturais e filosóficos, ou é mais profícuo fomentar as adaptações entre a cultura científica vigente e as perspectivas alternativas presentes nas subculturas partilhadas pelos alunos com diferentes origens?⁶

Uma segunda questão é sugerida pela insistência de Feyerabend em questionar a ciência como atividade burocratizante e sugerir que ela deve contribuir para a felicidade e o desenvolvimento da criatividade de cada um. Para o autor, esse imperativo ético é intrínseco ao processo de produzir conhecimentos científicos. Será que algo semelhante pode ser transferido para o ensino de Ciências? O que significa tornar os professores e os alunos mais abertos, criativos e felizes? Para Feyerabend a possibilidade dos cientistas se abrirem para caminhos diferentes, mudarem de metodologia, seguirem sua trilha pessoal, numa espécie de “anarquismo científico”, que simultaneamente satisfaz a preferência dos que produzem as teorias e a objetividade de produtos produzidos, poderia ser uma possível sugestão para uma mudança qualitativa na produção científica. Seria possível e interessante instaurar uma espécie de “anarquismo educativo” no ensino das Ciências, que simultaneamente satisfaça as escolhas de alunos e professores e a objetividade dos conhecimentos elaborados pelos mesmos? Seria possível criar condições para que os alunos vislumbrem uma relação pessoal e responsável com o conhecimento proposto, de maneira que a escola leve cada aluno a se envolver com um problema efetivo que o amarre?

Um terceiro problema refere-se à necessidade de os cientistas fazerem escolhas, assumindo o correspondente risco de errar, implícito na tese de que nenhuma metodologia de pesquisa garante o sucesso. Para Popper, um cientista que nunca se aventura para elaborar conjecturas arrojadas nem merece o nome de cientista. Para Feyerabend toda a formação do cientista deveria levá-lo a se separar das modas e lutar por suas idéias. O próprio Kuhn admite

⁵ Vários autores criticam as teses construtivistas no ensino de ciência por entender que elas não auxiliam a aprendizagem das ciências (por ex. Science & Education, 1997). Alguns dos argumentos utilizados focalizam de maneira pertinente a necessidade de uma proposta e de uma autoridade externa capaz de sustentar o processo de aprendizagem. Entretanto isso não parece estar em conflito com a idéia que o aprendiz tem que (re)construir de maneira própria o conhecimento que ele assume como válido.

⁶ Acenando apenas minha opinião, baseada numa visão de ciência próxima da de Laudan (Bezerra, 1999) e numa visão de aprendizagem específica (Villani, 1999), diria que as duas posições são ambas sustentáveis em contextos específicos e que o ensino deveria sempre revelar uma tensão entre as duas.

que a ciência normal, na qual o pesquisador é submetido a um treinamento domesticador, parece garantir um futuro seguro para o pesquisador que for esforçado e inteligente; entretanto, de fato, sempre chega o momento no qual o cientista tem de arriscar uma avaliação pessoal e decidir se vale a pena insistir num determinado caminho. Podemos nos perguntar: quando o ensino de Ciências fomenta essa luta contra a domesticação, ou seja, em que momentos os alunos são estimulados a assumir a responsabilidade de suas idéias, suas ações e escolhas, em vez de se esconderem atrás da procura de satisfazer o professor? Quando o professor aceita o desafio arriscado de promover um conflito, com o risco de afastar uma parte dos alunos que se julgam incapazes de acompanhar o esforço? Quando ele tem coragem de resistir ao programa oficial massacrante para poder dar uma chance maior de aprendizagem aos alunos? Quando aceita poder desagradar os alunos ao insistir no cumprimento dos compromissos assumidos? Mais profundamente, quando alunos e professor são confrontados com a perspectiva de fazer escolhas efetivas – seguir perspectivas acalmantes de algum tipo de conhecimento que prometa uma solução futura para os problemas da humanidade, e a perspectiva mais dura da pesquisa, que somente promete uma ampliação sem fim dos problemas?

Uma quarta questão é sugerida pela exigência de Feyerabend de uma ciência comprometida com o bem da sociedade, e não somente com o progresso dos conhecimentos. Isso nos leva a perguntar: a comunidade científica deve responder por suas escolhas? A maneira de ela operar deve tornar os cientistas pessoas mais desejosas de colaborar com a sociedade para um progresso coletivo? Qual a responsabilidade dos cientistas e das organizações científicas na utilização que a sociedade vai fazer dos produtos da ciência? Será que essa responsabilidade deve ser promovida somente nos casos mais dramáticos (por exemplo a recusa de cientistas da Alemanha nazista em colaborar com o governo na construção de instrumentos de destruição), ou deve ser estendida a todos os momentos? Será que a História não documentou suficientemente que os avanços da ciência são utilizados principalmente pelos grupos hegemônicos para terem mais poder, e somente como efeito secundário e ilusório para melhorar a vida de todos? Será que os cientistas devem ter um controle maior e maiores responsabilidades e garantias sobre a utilização de seus produtos? Todas essas perguntas têm várias conseqüências para o ensino das Ciências. Serão suas aulas o lugar privilegiado para promover discussões e reflexões sobre a relação entre aquele que produz conhecimentos originais e os que exploram sua produção? Será possível promover uma mudança de atitude sobre esses assuntos que acabe tendo influências além da escola? Nessa mesma direção, qual a corresponsabilidade do professor em relação à utilização dos conhecimentos científicos por parte dos seus alunos? Qual a corresponsabilidade dos alunos em relação ao compromisso do professor em veicular um certo conhecimento? Como promover o debate sistemático sobre o uso do conhecimento científico pelos poderes responsáveis pela sociedade? Como facilitar o confronto de alunos e professores com suas recíprocas responsabilidades em relação à divulgação de informações e à denúncia dos abusos para a sociedade mais ampla?

Um quinto problema refere-se ao papel dos grupos na produção científica. Para Kuhn, é no interior dos grupos institucionais (sobretudo os ligados aos grandes centros ou os que se tornaram verdadeiras “escolas” de pesquisa) que se elaboram e realizam projetos; é neles que se estabelecem compromissos com determinadas linhas de pesquisa e com determinadas visões e ideologias científicas; é neles que são debatidas as falhas e as dúvidas sobre as teorias ou os resultados experimentais obtidos; é neles que são reformuladas as posições. São os grupos de pesquisa que conseguem os financiamentos mais duradouros e promovem e sustentam os confrontos mais importantes. Que influência tem tido essa característica do trabalho científico sobre

o ensino das Ciências? Qual o papel dos grupos na aprendizagem desse conteúdo? Será que a classe deve ser trabalhada de maneira a se tornar um grupo efetivo de aprendizagem e de ação? Será que o professor deveria esforçar-se para tornar sua classe (e possivelmente sua escola) um grupo organizado com a meta de divulgar e debater com a comunidade mais próxima o papel dos conhecimentos científicos? Não será uma meta das classes de ciências procurar estabelecer, pelo menos em primeira aproximação, um contexto científico para analisar os problemas dessa mesma comunidade mais próxima? Será um exorbitar de sua função social organizar as classes de Ciências para que, como grupos organizados, participem ativamente e até promovam lutas políticas como, por exemplo, em favor da preservação do meio ambiente ou do reconhecimento dos direitos das minorias?

Referências bibliográficas

- BACHELARD, G. *La formation de l'esprit scientifique*. 13. ed. Paris: P.U.F. 1980.
- BAIRD, J. R. Orientaciones para um efectivo desarrollo profesional del docente: Lecciones basadas en investigaciones realizadas en escuelas australianas. In: *Seminario Internacional de Formación de Profesores*. Santiago: Ministerio de Educación de Chile, UNESCO/OREALC, 1997.
- BAIRD, J. R.; MITCHELL, I. J. (Eds.). *Improving the quality of teaching and learning: an Australian Case Study-The PEEL Project*. Melbourne: Monash. 1986.
- BALDINO, R. R.; CABRAL, T. C. B. A Pulsão em um caso de dificuldade especial em cálculo. *Educação e Sociedade*, v. 49, p. 485-499 dez. 1994.
- BEZERRA, V. A Q. *Estruturas em busca do equilíbrio: o lugar da metametodologia e o papel da coerência no modelo reticulado de racionalidade científica*. 1999. Tese (Doutorado) - Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BROWN, E.D. Using examples and analogies to remediate misconceptions in physics: factors influencing conceptual change. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 29, n. 1, p. 18-28, 1992.
- CHINN, A. C.; BREWER, W. F. The role of anomalous data in knowledge acquisition: a theoretical framework and implications for science instruction. *Review of Educational Research*, v. 63, n. 1, p. 1-49, 1993.
- COBERN, W.W. Worldview theory and conceptual change in science education, *Science Education*, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.
- CONFREY, J. A review of the research on student conceptions in mathematics, science and programming. *Review of Research in Education*, v. 16, p. 3-56, 1990.
- DREYFUS, A.; JUNGWIRTH, E.; ELIOVITCH, R. Applying the cognitive conflict strategy for conceptual change: some implications, difficulties and problems. *Science Education*, v. 74, n. 5, p. 555-569, 1990.
- DUIT, R. On the Role of analogies and metaphors in learning science. *Science Education*, v.

78, n. 3, p. 649-672, 1991.

DUSCHL, R. A.; GITOMER, D. H. Epistemological perspective on conceptual change: implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 28, n. 9, p. 839-858, 1991

FEYERABEND, P. K. Consolando o especialista In: I. Lakatos; A. Musgrave (Org.). *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, EDUSP, p. 244-284. 1979.

GILBERT, J. K.; SWIFT, D. J. Towards a lakatosian analysis of the Piagetian and alternative conceptions research programs. *Science Education*, v. 69, n. 5, p. 691-696, 1985.

GIL-PEREZ, D. Contribución de la história y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un Modelo de Enseñanza/Aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

GUNSTONE, R. F. Constructivism and metacognition: theoretical issue and classroom studies. In: R. Duit; F. Goldberg; H. Niedderer (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel: IPN, p. 29-140, 1992.

HEWSON, P.W.; HENNESSEY, M.G. Making status explicit: a case study of conceptual change. In: R. Duit; F. Goldberg; H. Niedderer (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel; IPN, p. 176-187, 1992.

HEWSON, P.W.; THORLEY, N.R. The conditions of conceptual change in the classroom. *International Journal of Science Education*, v. 11, n. 5, p. 541-553, 1989.

KUHN, T. S. Lógica da descoberta ou psicologia da pesquisa. In: I. Lakatos; A. Musgrave (Org.). *A Crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, EDUSP, p. 5-32. 1979.

_____. Respondendo a meus críticos. In: I. Lakatos; A. Musgrave (Org.) *A Crítica e o desenvolvimento do conhecimento*. São Paulo: Cultrix, EDUSP, p. 285-343. 1979.

LAKATOS, I. O Falseamento e a Metodologia dos Programas de Pesquisa Científica. In: I. Lakatos; A. Musgrave (Org.). *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, EDUSP, p. 109-243. 1979.

LAKATOS, I.; MUSGRAVE, A. *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, EDUSP. 1979.

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change. *Science & Education*, v. 4, n. 3, p. 267-285, 1995.

NIEDDERER, H. A teaching strategy based on students' alternative frameworks: theoretical conceptions and examples. *International Seminar: Misconceptions in Science and Mathematics*, 2. 1987, Ithaca, New York. *Proceedings...* New York: Cornell University. 1987, p. 360-367.

NOLA, R. Saving kuhn from sociologist of science. *Science & Education*, v. 9, 2000.

PACCA, J. L.A.; VILLANI, A. La competencia dialógica del profesor de ciencias en Brasil. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 18, n. 1, p. 95-104, 2000.

- PINTRICH, P. R.; MARX, R.W.; BOYLE, R.A. Beyond Cold Conceptual Change: the role of motivational beliefs and classroom contextual factors in the process of conceptual change. *Review of Educational Research*, v. 63, n. 2, p. 167-199, 1993.
- POPPER, K. R. A ciência normal e seus perigos. In: I. Lakatos; A Musgrave(Org.). *A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento*. São Paulo: Cultrix, EDUSP, p. 63-71. 1979.
- POSNER, G. J. Accomodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.
- SCOTT, P.H.; ASOKO, H.M.; DRIVER, R. H. Teaching for conceptual change: a review of strategies. In: R.Duit; F.Goldberg; H.Niedderer (Eds.) *Research in Physics Learning: Theoretical Issues and Empirical Studies*. Kiel: IPN. p. 310-329, 1992.
- STRIKE, K. A.; POSNER, G. J. A revisionistic theory of conceptual change. In: Duschl; Hamilton (Eds.): *Philosophy of Science, Cognitive Science and Educational Theory and Practice*. SUNY Press, p. 47-176. 1992.
- VILLANI, A. Cognição e ensino de ciências: o papel da subjetividade. Reunião Anual da SBPC, 48. 1996, São Paulo. *Atas...* São Paulo, 1996. 1 CD.
- _____. O professor de ciências é como um analista?: *Ensaio*, Pesquisa em Ensino de Ciências, v. 1, n. 1, p. 5-31, 1999.
- VILLANI, A.; CABRAL, T. C. B. Mudança conceitual, subjetividade e psicanálise. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 2, n. 1, p. 43-64, 1997.
- VILLANI, A.; ORQUIZA, L.C. Conflictos cognitivos, experimentos cualitativos y actividades didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 13, n. 3, p. 279-294, 1995.
- WOOD, T.; COBB, P.; YACKEL, E. Change in teaching Mathematics: a case study. *American Educational Research Journal*, v. 28, n. 3, p. 587-616, 1991.

Artigo Recebido em: 12/07/00

Artigo Aceito para Publicação em: 21/08/01

