

REFLEXÕES SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA EM UM CURSO DE FORMAÇÃO DE PROFESSORES

Hebe Ribeiro da Cruz Peixoto

Maria Eunice Ribeiro Marcondes

Instituto de Química – Universidade de São Paulo

hebercp@netscape.ne

Resumo

Nesta pesquisa em ação foram analisadas e discutidas mudanças conceituais envolvendo idéias sobre Natureza da Ciência de 16 licenciandos em Química. Acredita-se que conhecimentos e reflexões sobre Natureza da Ciência podem permitir que aprendizes internalizem aspectos do pensamento científico, e que desenvolvam atitudes mais consistentes com estes em suas vidas diárias.

Para tal foram realizadas várias atividades: estudo de caso histórico, atividades lúdicas, atividades químicas experimentais, análises de situações do ensino de Química, leituras de textos sobre métodos científicos, análise de concepções filosóficas de como conhecimento científico é obtido, e exercícios de metacognição. As atividades foram escolhidas com a intenção de detectar e explicitar as concepções de Ciência que os alunos já possuíam, de promover insatisfação com estas idéias, de apresentar novas idéias mais plausíveis e profícuas, de promover metacognição.

A maior parte dos licenciandos apresentou algumas mudanças conceituais profundas em suas concepções de Ciência. Não se pode garantir porém que estas mudanças irão influir em suas ações docentes.

Palavras-chave: Natureza da Ciência; Métodos Científicos; Formação de Professores.

Introdução

Natureza da Ciência é uma expressão usada para descrever questões e idéias situadas na intersecção de domínios da Filosofia, História, Sociologia e Psicologia da Ciência, que tentam explicar como se faz ciência, ou seja, delinear os aspectos que qualificam ciência como uma maneira especial de se chegar ao conhecimento, (McComas et al, 2000; Vasquez Alonzo e Manassero Mas, 1999). Ledermann, Wade e Bell (2000, em MacComas 2000) assumem que a Natureza da Ciência se refere a “valores e suposições inerentes à ciência, ao conhecimento científico e/ou ao desenvolvimento do conhecimento científico. Esses valores e suposições incluem liberdade de idéias, criatividade, experimentação, uma base empírica, subjetividade, verificação, e inserção sócio-cultural” (pg 331, em MacComas 2000).

Muitas investigações (Aikenhead,1973 e 1987; Lederman, 1992, Rubba & Anderson 1978) indicam que tanto estudantes como professores não possuem concepções atualmente consideradas adequadas sobre a natureza da Ciência. Lederman, Wade & Bell (2000). Há controvérsias tanto sobre a condução e proposição destas investigações (Lederman,Wade & Bell,2000) como também sobre quais seriam as concepções filosóficas adequadas na aquisição de como o conhecimento científico é construído e ainda sobre as imagens apropriadas do “fazer ciência” (MacComas, Clough & Almazroa, 2000). Lederman (1992) ressalta que a Natureza da Ciência não é nem universal e nem imutável.

MacComas, Clough & Almazroa (2000, pg 6) retiraram algumas visões consensuais de oito instrumentos normativos científicos internacionais¹. Neste presente estudo serão discutidas algumas destas visões tais sejam: a não existência de um único método científico, (não havendo portanto uma seqüência de passos a serem seguidos em uma investigação científica), a idéia de “modelos científicos” enquanto tentativas de explicar fenômenos naturais, a idéia de que observações e propostas experimentais serem influenciadas por teorias prévias, a idéia de que ciência e tecnologia se influenciam mutuamente, Matthews (2000) espera que reflexões sobre Natureza da Ciência, possam permitir aos estudantes internalizarem um pouco do espírito científico de modo a poder desenvolver atitudes científicas que utilizarão em suas vidas.

McComas (McComas et al 2000) chama a atenção para algumas vantagens que reflexões sobre Natureza da Ciência podem trazer à formação de estudantes:

- Visão dinâmica de ciência pode promover nos alunos a atitude de tentar entender e relacionar conhecimentos, e não decorá-los mecanicamente, já que estão sempre sujeitos a mudanças.
- Entendimento do papel da ciência e dos métodos científicos pode permitir melhor avaliação de possibilidades e limites de conhecimentos cientificamente obtidos. O caráter provisório da ciência pode ser entendido como qualidade e não como fraqueza.
- Estudo da natureza da ciência integradamente com estudo de tópicos científicos específicos humaniza a atividade científica, humaniza o conhecimento, podendo aumentar ou despertar o interesse dos alunos.
- Concepções claras sobre como se faz ciência, pode favorecer julgamentos de valor mais consistentes, permitindo tomadas de posições mais fundamentadas frente a políticas governamentais, a fóruns mundiais e a novas controvérsias a que todos estamos expostos a todo o momento.

Praia e Cachapuz (1994), McComas et al (2000) e Mattheus (1994) acreditam que mesmo que nenhum método científico seja especificamente discutido, as concepções que os professores têm sobre natureza da ciência e do conhecimento científico, influenciam sua forma de abordagem de determinados conteúdos, assim como suas escolhas curriculares e metodológicas em sala de aula, podendo assim influenciar a visão de ciência dos alunos. Este ponto é controverso. McComas et al (2000) cita diversas investigações que apontam para falta de correspondência entre visões de ciência dos professores e suas escolhas curriculares e metodológicas. Duschl e Wright (em McComas et al 2000) argumentam que os resultados que obtiveram podem ser creditados ao limitado conhecimento científico específico e a falta de conhecimento sobre natureza da ciência apresentados pelos professores investigados.

Objetivos e pressupostos teórico-metodológicos

Nestes encontros foi solicitado aos alunos, futuros professores, que explicitassem suas concepções sobre observação, inferência, modelo científico, método(s) científico(s), objetividade de observações em experimentos controlados, assim como suas opiniões sobre influências sociais, políticas e econômicas nos direcionamentos de programas de pesquisas

¹ USA- Benchmarks for Science Literacy (AAAS 1993); USA – Science Framework for California Public Schools (1990); USA- National Science Education Standards (NRC 1996); Canada- Common Framework (Council of Ministers of Education 1996); USA- The Liberal Art of Science (AAAS,1990); Australia- A Statement on Science (Curriculum Corporation, 1994) ; England/Wales- Science in the National curriculum (Dept Edu, 1995); New Zealand- Science in the New Zealand Curriculum (min. Edu, 1993).

científicas. Após explicitação, pretendeu-se promover Mudança Conceitual (Posner et al 1992) através da realização de atividades que objetivaram tanto gerar insatisfações com as concepções já existentes como introduzir novas idéias inteligíveis, mais plausíveis e mais fecundas (Posner et al 1982).

Foram debatidos prós e contras do uso em aulas de Química tanto das concepções prévias como das novas idéias apresentadas. Com o intuito de facilitar a inserção das novas idéias nos planos de ensino dos professores, foi-lhes solicitada a elaboração em grupo de atividades envolvendo química que as levassem em conta. Ainda com este objetivo, foi solicitado aos alunos que tentassem perceber qual é a filosofia implícita (indutiva, dedutiva, hipotético-dedutiva) em algumas atividades experimentais realizadas.

Foram ainda analisadas frases, perguntas ou pequenos trechos de textos extraídos de material instrucional de química, com o propósito de verificar se transmitiam a idéia de ciência-verdade ou de ciência-construção-humana. Pretendeu-se desta maneira chamar a atenção para o currículo oculto, que norteia escolhas metodológicas e epistemológicas.

Enfim, foram realizados questionamentos sobre a transitoriedade das explicações científicas assim como suas dependências às Ecologias Conceituais dos cientistas e das comunidades científicas envolvidas nos processos, com vistas à importância da compreensão destas questões na formação de um cidadão, ou seja, na formação de uma pessoa que desconfie, que estranhe tanto suas explicações como explicações dadas em nome da ciência, de maneira acrítica.

“Nossa predileção em aceitar e presumir prematuramente, nossa aversão a repensar raciocínios, são sinais de que tendemos naturalmente a cortar caminhos no processo de atribuir valor a algo. Nós nos satisfazemos com aplicações superficiais e precipitadas ... Ciência representa uma garantia da raça contra essas propensões naturais, e os males decorrentes das mesmas... é artificial (uma habilidade adquirida) e não espontânea; aprendida e não inata. A este fato se deve o único e inestimável lugar da ciência na educação.” (John Dewey, em Matheus, 2000, pg xii)

Metodologia

Esta investigação se constituiu em uma pesquisa em ação, com ênfase na abordagem qualitativa e holística dadas as características do curso: tentativa de mudanças conceituais de cada aluno em um grupo de alunos em um ambiente de ensino que se modifica a cada encontro. A pesquisa foi desenvolvida pela docente, em contato direto e contínuo com o grupo. (Alves, 1991, apud Patton).

O acompanhamento foi feito através de entrevistas semi-estruturadas, de diversos questionários abertos, de exercícios usando associação de palavras, de questões abertas, de discussões gravadas, de análise de extratos de textos, de proposta de ensino realizada pelo alunos-professores.

Público

O estudo foi realizado com 16 alunos que participaram de pelo menos cinco dentre as seis atividades promovidas em aulas das disciplinas “Metodologia e Prática de Ensino de Química”, durante um curso inscrito em um programa especial de formação pedagógica de docentes para a disciplina Química no Nível Médio (CNE, 1997). Este programa destina-se a

suprir a falta de professores de química habilitados a dar aulas no Ensino Médio e teve a duração de um ano, com aulas semanais de duas horas e meia de duração.

O curso começou em agosto de 2001 com 19 alunos. Sete dos alunos exerciam atividade docente em Química no Ensino Médio com experiências variando entre 6 meses (2 alunos) e 6 anos (1 aluna). Quatro alunos não haviam conseguido atribuição de aulas em 2001 e cinco nunca haviam dado aulas de Química anteriormente ao início da pesquisa. Suas formações universitárias distribuem-se da seguinte maneira: quatro bacharéis em química, seis químicos industriais, oito engenheiros químicos e um engenheiro agrônomo.

Atividades desenvolvidas

ATIVIDADE 1 (duração: uma aula)

Levantamento de idéias sobre “como se faz ciência”.

Objetivos:

Conhecer quais as idéias os alunos possuíam de como se faz ciência.

Instrumentos:

Redação de um parágrafo que explicasse para uma terceira pessoa como se faz ciência. Algumas palavras foram sugeridas: conclusão, observação, verdade, modelo, experimentação, comprovação, dados, hipóteses, fatos, teorias, resultados, previsões, refutação.

Entrevista posterior, a fim de saber se os alunos discutiam esta maneira de fazer ciência em suas salas de aula (para os alunos que não dão aulas, se discutiriam). Solicitou-se que justificassem suas escolhas.

Resultados:

A análise dos parágrafos e os esclarecimentos dados em entrevistas posteriores, indicaram que todos os alunos (a exceção de um) acreditam que ciência é feita somente a partir de bases empíricas. Cerca de metade deles explicita a lógica indutiva e os demais, a hipotético-dedutiva, ou o que Hodson (1982) chamou de visão hipotético-dedutiva dentro de uma lógica indutivista, exemplificado no extrato a seguir: “*A ciência se faz pela observação de muitos fatos, onde se formula uma hipótese. Esta hipótese, se for verdade², começa a ser estudada através de experimentação. Já possuímos previsões sobre os resultados. Uma teoria mesmo. Na experimentação, há a comprovação dos dados³ e da hipótese(ou teoria), e traz-nos uma conclusão que resulta em teoria de verdade⁴. Se os resultados não corresponderem às nossas expectativas, refuta-se, partindo-se novamente do zero.*” (reprodução literal). Somente um aluno remeteu-se às teses de Kuhn e de Popper, já que descreveu a lógica hipotético-dedutivo dentro da visão construtivista e explicitou a posição relativista entre teorias conflitantes, assim como a importância tanto de critérios externos (sócias, econômicos, psicológicos) como de critérios internos lógicos e empíricos na escolha da melhor teoria.

Quase a metade dos alunos afirmaram que após fase experimental chega-se a uma teoria verdadeira ou definitiva. Estas posições foram confirmadas em entrevistas posteriores.

² Em entrevista aluno explicou “esta hipótese, se for verdade”, por “...se a hipótese for boa, isto é, se explicar outros fatos que nós já conhecemos e não for contra nenhum...”

³ Em entrevista o aluno traduziu “comprovação dos fatos e de hipóteses,” como “os fatos observados estavam de acordo com a hipótese”

⁴ aluno traduziu “teoria melhor”, por teoria testada, sendo portanto mais sólida e melhor

Espontaneamente, somente quatro alunos explicitaram o caráter transitório das teorias científicas.

Durante as entrevistas, todos os alunos disseram que observações obtidas através de experimentos controlados são objetivas e independentes da subjetividade do observador, posição que revela postura ancorada no positivismo. Alguns fizeram ressalvas quanto à exatidão na obtenção dos dados, afirmando depender de condições físicas do observador. Dois alunos ressaltaram que com o desenvolvimento de aparelhagens sofisticadas, esta dificuldade é eliminada quase por completo. Questionados, alunos afirmaram que observações cientificamente controladas independem do modo de pensar do observador.

Mais da metade dos alunos disseram não mencionar “método científico” em suas salas de aula. Alguns justificaram alegando o escasso tempo de aula, dois alunos alegaram falta de interesse e de entendimento dos alunos, outros três alunos disseram que não viam a “utilidade” desta discussão. Quatro alunos disseram que “transmitiam o método científico” através de leitura de livros-texto, logo no início do curso. Dois alunos disseram apresentar idéias de metodologia científica na hora de discutir controle de variáveis e tratamento de dados experimentais.

ATIVIDADE 2: (duração: três aulas)

Na reação de formação de enxofre a partir de tiosulfato de sódio e o ácido clorídrico, a variação da concentração de ambos os reagentes influi na rapidez?

Objetivos:

Permitir que os alunos percebessem que realizavam experimentos armados de teorias esperando determinados resultados, e que a credibilidade que atribuem aos dados coletados, e talvez até mesmo às suas observações, são orientadas por estas teorias. Este experimento foi escolhido pelo fato de ter sido verificado anteriormente que os professores pensavam que a concentração de todos os reagentes influem na rapidez de uma transformação química (modelo cinético-molecular atual mal-construído). Pelo procedimento proposto, a observação só podia ser realizada por um aluno, e o tempo experimental dependia de observação colorimétrica, nem sempre de muito fácil constatação. Estas características abalaram a credibilidade na obtenção dos dados.

Instrumentos:

Questões que procuraram conhecer quais as expectativas dos alunos quanto aos resultados de cada fase do experimento, assim como se confiavam mais nos dados ou nas suas previsões. Experimentação em grupo. Entrevistas efetuadas durante a realização do experimento. Discussão dos resultados em classe (gravada). Sugestões de continuidade, ou seja, o que fazer para obtenção de resultados mais críveis. Experimentos usando outras aparelhagens que ofereciam resultados mais exatos e reproduzíveis. Experimento conduzido pelo professor usando retro-projeção, onde todos os alunos pudessem observar conjuntamente.(gravado)

Trabalho em sala de aula, resultados e discussão:

Antes da intervenção, a maioria dos alunos disse esperar aumento da rapidez da transformação química com o aumento da concentração de ambos os reagentes. Alguns alunos afirmaram nada esperar. Apesar de afirmar terem mais confiança nos dados experimentais do que em suas expectativas, somente uma dupla, confrontada com dados experimentais pretensamente anômalos, repensou suas idéias e encontrou explicação na teoria cinético-molecular. Uma das alunas comentou: “... *A gente quase nunca consegue dar direito cinética*

química pros alunos. Aí até esquece o modelo certo... fica só naquela parte inicial dos fatores que influem..” Os outros grupos mostraram frustração com os dados obtidos e atribuíram o “erro” à falta de cuidado nas medições e nas observações por eles conduzidas. Dois grupos ficaram repetindo o procedimento continuamente até acabarem os reagentes disponíveis, na expectativa de obtenção dos resultados por eles esperados. Alguns grupos atribuíram o resultado “errado” à aparelhagem usada, que permitia pouca exatidão e reprodutibilidade. Um destes grupos pediu para refazer a experimentação usando outra aparelhagem. Obteve resultados mais reprodutíveis, porém não os “desejados”. A classe não os aceitou, repetindo todos o procedimento com a referida aparelhagem.

Durante a análise posterior dos dados, verificou-se que três grupos obtiveram aumento pequeno do tempo (entre 1 e 3 segundos) com o aumento da concentração do tiosulfato (resultado “esperado”). A classe imediatamente elegeu estes resultados como sendo os melhores. Defenderam até mesmo a eliminação de duas dentre quatro medições obtidas por um grupo, que iam contra o que supunham. Após tratamento dos dados, mesmo tendo verificado que os aumentos dos tempos medidos eram insignificantes, desprezaram o experimento e concluíram que este experimento “*não era bom e que tinha que ser feito de alguma outra maneira.*”

Na terceira aula o procedimento foi modificado e realizado sobre retroprojetor, de tal forma que a observação pudesse ser feita simultaneamente por todos. Os ensaios das diferentes concentrações foram realizados simultaneamente, e repetidos três vezes cada um. Não havia como recusar os dados. Alguns alunos pareceram perplexos e fizeram comentários como: “*quer dizer então que a concentração do ácido não influi na velocidade esta reação? ... mas esta é uma exceção...não é?*”... “*então a expressão da lei da velocidade não vale mais?*” Outros exigiram explicações mais agressivamente: “*Mas que droga é essa? Que diabo de experimento é esse? Como explicar, professora?*” Passamos então à explicação/discussão do fenômeno.

Foi chamada a atenção para a tendência que a classe mostrou em aceitar dados que iam ao encontro às suas previsões, e a rejeitar dados que iam contra as mesmas. Foram também ressaltadas ações da classe tais como: terem tentado obter dados “desejáveis” modificando aparato, terem realizado com o novo aparato somente o experimento “que não deu certo”. Foi discutida a frase “A experiência não deu certo”.

Alunos reconheceram que ao realizar experimentos trabalhavam com hipóteses senão com teorias prévias e que suas observações não eram tão objetivas assim. Discutiram espontaneamente se observações feitas por cientistas são mais objetivas que as feitas por não cientistas. Ficaram em dúvida. Concluíram conjuntamente que cientistas têm obrigação de ser cuidadosos e de relatar honesta e detalhadamente tanto a maneira como a pesquisa foi desenvolvida, como os resultados obtidos, para que os outros possam avaliar, duvidar, aceitar ou recusar. Neste momento não houve a possibilidade de investigar o quanto esta conclusão representava a opinião geral, e o quanto ela foi abrangentemente compreendida.

A classe foi questionada quanto à aceitação dos dados pretensamente anômalos, caso não houvesse uma teoria explicativa plausível. Deram risada e um chegou a dizer: “*a gente ia ficar com o pé atrás*”. Acredita-se que esta atividade tenha pelo menos servido para desencadear reflexões sobre a influência de teorias, crenças e modelos na aceitação de dados anômalos (Chinn e Brewer, 1992). Posteriormente foi ministrada uma aula sobre o modelo cinético molecular atualmente aceito que permitiu que os alunos reconstruíssem suas idéias alternativas relativas às influências da concentração dos reagentes na rapidez das transformações químicas.

ATIVIDADE 3: (duração: uma aula)

Estudo de caso histórico: A descoberta do gás Argônio.

Objetivos:

Promover reflexões sobre algumas maneiras como cientistas trabalham através de relato histórico. Permitir a percepção de que o conhecimento científico não é definitivo, podendo ser reformulado frente a dados novos e anômalos nem sempre aceitos facilmente. Reforçar a importância das crenças e teorias prévias nesta aceitação. Mostrar a Ciência como construção humana, provisória, elaborada dentro de um contexto histórico, social e cultural, e repensar a figura do cientista. Este estudo de caso permite também observar a interdependência entre ciência e tecnologia.

Instrumentos:

Levantamento de idéias dos alunos relativas a aceitação de novas descobertas.

Aula expositiva-dialogada baseada nos artigos “A descoberta do Argônio” (Giunta, 1996 e 1998) com questionamentos diretos, tais como: O conhecimento científico se modifica? Como Lorde Rayleigh trabalhou? Quando dados anômalos são suficientemente expressivos para despertar necessidade de investigação? Este “quando” é igual para todos cientistas? Em qualquer tempo?

Trabalho em sala de aula, resultados e discussão:

As respostas às questões, mostraram que a maioria dos alunos acreditava que a aceitação de novas descobertas quando baseadas em dados empíricos precisos, exatos e plausíveis, aconteciam sem conflitos, não importando se não podiam ser explicadas pelos modelos aceitos pela comunidade científica e pelo cientista em questão. Mais da metade dos alunos acreditava que a qualidade dos dados experimentais seria a única responsável por sua aceitação. Três alunos ressaltaram a importância da credibilidade do cientista e da instituição.

Somente um aluno disse que se a descoberta fosse compatível com os modelos aceitos pela comunidade científica, então a nova descoberta seria aceita sem maiores problemas, agora, se fosse contra aos modelos aceitos, “*ai dependeria*”. Questionado posteriormente, relacionou esta dependência com a precisão e exatidão dos dados, com a credibilidade dos cientistas envolvidos, com a qualidade⁵ do modelo vigente. Disse também que não havia pensado sobre as características de personalidade dos cientistas, mas após a aula sobre a descoberta do Argônio, acreditava que estas características influenciavam muito na aceitação de novas descobertas. Vale dizer que este aluno foi o que, logo na primeira intervenção, apresentou as idéias de Popper e de Kuhn como maneiras de se obter conhecimento científico e para explicar como a ciência avança (por evoluções e por revoluções).

Após a intervenção, quase a metade dos alunos referiu que mesmo que o trabalho experimental tenha sido feito com rigor científico, haveria sempre a chance das crenças dos cientistas influenciarem a maneira como dados experimentais são levados em conta. Neste momento, todos, sem exceção, reconheceram conhecimento científico como construção humana, mutável, que sofre influências e influencia o meio.

⁵ aluno definiu “modelo de qualidade” como um modelo que tivesse consistência interna, e que explicasse uma boa quantidade de fenômenos. Questionado, este aluno não conhecia a teoria de mudança conceitual de Posner, nem havia lido nenhum texto com este enfoque. O aluno trabalha em laboratório de pesquisa.

ATIVIDADE 4 : (duração: uma aula)

Atividade das marcas parecidas com pegadas de pássaros: “Tricky Tracks” (Ledermann & El-Khalick, 2000, pp 85-91).

Objetivos:

Permitir a diferenciação entre inferência e observação, a percepção de que muitas respostas diferentes podem ser inferidas a partir da observação de um mesmo fato, o reconhecimento de que a vivência anterior do indivíduo assim como sua criatividade influem nas explicações (modelos, teorias) construídas. Reconhecer a ciência como criação humana e não como verdade absoluta. Relacionar essas idéias com situações que aparecem em sala de aula. Questionar o significado da afirmação: “tal produto foi cientificamente testado e aprovado...”

Instrumentos:

Projeção na seqüência dos três quadros contendo marcas que poderiam ser confundidas com pegadas. Alunos são solicitados a registrarem “o que observavam”. Posterior discussão de cada quadro. Demonstração de dois experimentos envolvendo evidências de transformação química, e discussão do que realmente era observável, assim como reconhecimento das inferências muitas vezes realizadas pelos professores. Solicitação de exemplos de situações em sala de aula onde professor espera que o aluno faça inferências usando conhecimentos muitas vezes por eles ainda desconhecidos.

Trabalho em sala de aula, resultados e discussão:

Após a projeção do primeiro quadro e do registro individual das observações, todas as respostas foram lidas. Alunos, sem exceção fizeram inferências, descreveram uma situação. Foram questionados com questões do tipo: “Você viu os passarinhos?” Como podem dizer que são pegadas destes animais? Perguntei ainda: como sabem que as pegadas maiores eram feitas pelo animal maior...não poderia ser de um passarinho pequeno com pés grandes? Ao final das projeções, alunos concluíram que todas as histórias eram possíveis, mas que não passavam de criações feitas a partir da observação de sinais. Todas as histórias tentavam explicar as marcas, e todas eram plausíveis dado “*o que conhecemos do mundo que vivemos*”.

Solicitados a traçar um paralelo com o fazer ciência, disseram que a partir de observações inferências são feitas, e que estas têm a ver com imaginação (12 alunos) e com conhecimentos prévios dos cientistas (todos os alunos).

Através de exemplos experimentais, foram discutidas quais as possíveis observações e quais as inferências. Alguns alunos que já atuavam com professores quiseram discutir ações docentes particulares.

Alunos gostaram muito da atividade e disseram que esta deva ser trabalhada no Ensino Médio, pois “*vale não só para a química, mas para a vida toda da gente... a gente faz confusão e analisa errado por causa disso...*” “*já viu o tanto de gente que se arreventa porque interpreta o que os outros dizem pelas suas neuras e muda tudo e dá a maior confusão? Na minha escola por exemplo...*”

Em entrevista um aluno disse: “*Depois que fui para casa comecei a pensar na pergunta se átomo existia mesmo. Quando você a fez logo em agosto, achei que você fosse louca. Antes achava que os modelos atômicos eram a forma do átomo de verdade. Achava assim, que um modelo passava para outro, quando os cientistas podiam enxergá-lo melhor. Rutherford, por exemplo tomou dados, fez inferências – aprendi, viu? - mudou o modelo. Mas eu, mesmo ensinando isso, lá no fundo achava que ele viu o núcleo e a eletrosfera...até as camadas ele viu... Coisa doida, não? Sabia que átomo era modelo, mas não acreditava nisso entende? A gente vê tanto desenho que fica achando que é daquele jeito mesmo, e ver mudar desenhos,*

parece que a gente colocou uma lente e enxergou melhor [...] Falo tudo como verdade na sala de aula. Agora fico em dúvida: se falar em modelos, será que os alunos vão levar a sério (a Química)?”

ATIVIDADE 5: (duração: duas aulas)

Leitura e discussão orientadas do texto: “Existe um método científico? *Derek Hodson (1982)*.”

Objetivos:

Conhecer a idéia que existem mais métodos científicos . Hodson aponta como objetivo do artigo tentar revisar, muito brevemente, a extensa literatura da Filosofia da Ciência, para desafiar a suposição de que exista somente um método científico.

Trabalho em sala de aula, resultados e discussão

Dada a dificuldade de leitura e compreensão de textos filosóficos apresentada por este grupo de alunos, decidiu-se por uma leitura orientada e fragmentada do texto. A classe foi dividida em cinco grupos. Todos os grupos leram a introdução, assim como e uma das diferentes visões de método científico apresentadas no texto tais sejam: indutivismo, hipotético-dedutivo, programa de pesquisas, revoluções científicas e anarquismo epistemológico. Este texto não aborda o racionalismo dialético de Bachelard. Foram solicitados a descrever sucintamente o método científico, a apontar como o método explica os avanços científicos assim como quais críticas lhes são feitas. Apresentaram as idéias para a classe. Em seguida leram a proposta do autor sobre o que deve ser apresentado sobre método científico em sala de aula. Foram solicitados a se posicionar quanto à questão.

Concordaram com parte das propostas feitas por Hodson sobre como apresentar o “método científico” em um currículo escolar tais sejam: “observação é dependente da teoria sendo portanto falível ... teorias são estruturas complexas produzidas pela mente humana e que, uma vez produzidas, adquirem existência objetiva independente das opiniões individuais”. Concordam também que “o método científico, da forma como é praticado pela comunidade científica, é o meio pelo qual obtemos conhecimento sobre o mundo físico”.

As outras propostas lhes pareceram ininteligíveis. Quase a metade dos alunos disse que para começar a pensar nas outras propostas de Hodson precisariam saber mais, ter mais exemplos , ter mais tempo, discutir mais. Não se pode esquecer que as propostas aceitas foram as vivenciadas em atividades anteriores.

Os alunos apresentaram muita dificuldade de compreensão, principalmente das teses de Kuhn e de Lakatos. Ao findar a discussão solicitaram esclarecimentos sobre o significado de “racionalismo”, “empirismo” e “positivismo”, o que foi feito em aula posterior.

ATIVIDADE 6:

Aula expositiva-dialogada enfocando as três concepções filosóficas da ciência, tais sejam o empirismo o racionalismo (ambos com lógica positivista) e o construtivismo, assim como os principais filósofos representantes de cada linha - ou de mais de uma linha.

Instrumento:

Aula expositiva-dialogada desencadeada a partir de um mapa conceitual adaptado de Nussbaum (1989)

Objetivos:

Situar filósofos e seus métodos científicos discutidos no texto em três concepções filosóficas da ciência: empirismo, racionalismo e construtivismo.

Resultados:

Os alunos disseram ter entendido *‘hoje, mas não sei se amanhã ainda vou lembrar alguma coisa direito’*, dada a quantidade de informação nova que deveria ser relacionada e entendida. A maioria disse que a aula conseguiu situá-los para eventuais estudos futuros. A avaliação dos alunos conferiu com a da professora-pesquisadora.

Considerações finais

Uma releitura final dos relatos das análises das aulas e destes instrumentos indicou que muitos dos alunos-professores modificaram algumas crenças e idéias, principalmente aquelas que foram experimentadas e discutidas mais de uma vez através de diferentes atividades e estratégias. As principais foram: observações científicas são objetivas, impessoais e absolutas, conhecimento obtido cientificamente é verdadeiro, leis não são teorias comprovadas, leis são imutáveis, cientistas em seu trabalho são seres objetivos e isentos de influências externas, existe um único método científico.

As atividades que promoveram mudanças de maneira mais profunda foram as que provocaram insatisfação nas concepções prévias dos alunos-professores, as consideradas mais plausíveis, as discutidas em mais de uma atividade, as que não evidenciaram falhas conceituais químicas dos alunos-professores e as que não exigiram mudanças em suas concepções de ensino-aprendizagem.

Chamou a atenção o fato dos alunos-professores terem aceitado e gostado muito de algumas atividades, e de terem detestado, e mesmo não aceitado participar de outras. A experiência que discutiu a influência de concentrações de reagentes na rapidez de formação do enxofre foi uma das mais rejeitadas. Uma possível explicação seria a explicitação e exposição da existência de concepções químicas alternativas referentes a cinética química, que causou um desequilíbrio muito grande. Mesmo tendo percebido, após tratamento dos dados experimentais, que os dados não eram de má qualidade, os alunos se recusaram a aceitá-los como válidos, talvez porque isso implicasse no reconhecimento de falta de conhecimento químico. A professora-pesquisadora teve que modificar o desenho experimental para que as discrepâncias dos tempos medidos fossem diminuídas ao extremo. Os alunos-professores não tiveram então outra alternativa a não ser a aceitação dos dados experimentais. Uma sugestão para melhorar esta atividade, seria a apresentação dos cálculos das concentrações já prontos.

Outra atividade pouco valorizada foi a da leitura do texto de Hodson. Mesmo após terem percebido que leram com sucesso o texto e mesmo sabendo que leitura é indispensável para um desenvolvimento autônomo, alguns alunos-professores disseram que teria sido melhor se a professora tivesse exposto as idéias, pois *“teria levado uma aula a menos”*. Questionados, estes alunos-professores disseram que não usam ou usariam *“leituras em suas salas de aulas”*. Esta fala foi inconsistente com reclamações recorrentes tais como: *“meus alunos não lêem, não sabem ler e não gostam de ler”*. Apontada a incoerência e as inconsistências das opiniões, outros colegas apoiaram a opção da não-leitura dizendo: *“Ele não falou não ler nada, professora... não é que eles (os alunos) não vão ler nada, só não vão ler coisas importantes”*

As atividades das *“pegadas de pássaros”*, da *“figura dentro do envelope”* e o estudo de caso histórico foram as mais valorizadas; muitos alunos-professores disseram que pretendem

repetí-las com seus alunos. As duas primeiras têm inegavelmente um forte caráter lúdico, além de não provocarem grandes desequilíbrios, pois não exigem nenhum tipo de conhecimento específico. Estas atividades, além de não precisarem ser adaptadas para as salas de aula do Ensino Médio, também podem ser usadas para qualquer turma, em qualquer escola, com qualquer concepção de ensino. Os alunos-professores disseram ter gostado do estudo do caso histórico, pois “as dúvidas dos cientistas ficaram bem claras”. Outros disseram que gostaram porque foi apresentado de maneira interessante “*sem ter que ler*”.

Muitos dos alunos-professores referiram que as idéias que possuem sobre a Natureza da Ciência certamente influenciam suas escolhas e ações pedagógicas. Os alunos-professores reconheceram ter sido formados ouvindo recorrentemente de professores de Ciências frases como: “*a matéria é formada por partículas minúsculas chamadas átomos..*”, “*átomo é formado por prótons, elétrons e nêutrons*”. Relataram não se lembrar de terem ouvido ressalvas quanto a este tipo de afirmações se referirem a modelos e não a fatos. Recordaram-se também de falas mais adequadas de professores do terceiro grau, tais como: “*...de acordo com o modelo de...*” “*nas condições descritas pode-se esperar que...*”, principalmente por causa das correções e notas baixas recebidas em relatórios que não especificavam as condições em que os resultados seriam reprodutíveis. Referiram também não terem percebido na época o currículo oculto destas correções. Uma aluna-professora comentou que “*No primário, ginásio e colegial a gente ouve e lê afirmações a maior parte do tempo. Na faculdade acham que a gente já sabe o que é modelo, teoria, lei, e a gente vai usando um pelo outro, e vai acreditando que o que a gente conhece é eterno e seguro, e imutável. A gente usa ciência como ferramenta de trabalho tanto na indústria como na sala de aula. Eu mesmo achava que cientificamente comprovado garantia verdade. Não é que seja mentira, mas é uma verdade relativa.*” A classe chegou ao consenso que deveriam tomar cuidado ao fazerem afirmações: estas não poderiam ser muito definitivas, para os alunos não acharem que conhecimento científico é “*uma verdade imutável*”, mas também não poderiam ser “*muito frouxas, senão os alunos vão achar que conhecimento científico não vale nada*”

Um aluno disse que antes do curso nunca ouvira falar na existência de mais de um método científico. Referiu também não ter entendido muito bem “*uns métodos científicos e aquelas linhas da filosofia... Mas valeu saber que eu posso ver uma coisa diferente de outra pessoa... a diferença entre observação e inferência... e o que é uma lei, e que elas mudam... Isso acho que vou ensinar para os meus alunos.*”

Reflexos destas novas idéias pouco apareceram dentro das propostas de ensino de química elaboradas pelos alunos como projeto de final de curso, porém apareceram em quase 80% dos planos de aulas experimentais. A questão da inferência e da observação e a questão de conhecimento científico não ser verdadeiro e imutável foram as mais apontadas.

A compreensão de novas idéias e concepções é uma condição necessária mas não suficiente para que estas se reflitam no trabalho do professor. A análise das aulas, dos trabalhos e atividades realizados pelos alunos- professores e das avaliações processuais, indicam que muitos dos alunos-professores compreenderam e modificaram algumas concepções de Ciência e as incorporaram em suas preocupações didáticas. As concepções mais profundamente processadas foram as vivenciadas através de atividades práticas e de discussões de exemplos que estabeleceram conexões entre teoria e prática.

Recomenda-se realização de atividades experimentais que apresentem dados anômalos, estudos de casos históricos, atividades que permitam reflexões e reconstruções conceituais sobre Natureza da Ciência, como a da figura dentro do envelope, das “pegadas de pássaros”. É recomendável também que, ao se discutir, propor, avaliar práticas experimentais, sejam explicitados os métodos científicos implícitos, antes que se faça uma sistematização dos mesmos. Leituras de textos são também recomendadas. Aconselha-se a escolha de textos adequados aos alunos: inteligíveis porém instrucionais.

De certa maneira é preocupante a percepção da resistência de muitos alunos-professores em ler textos relacionados às Ciências Humanas. Onde está indo a formação do profissional de Educação que resiste a leituras de textos não ligados à sua área específica de ensino? Por que este obstáculo justamente neste momento em que se quer aproximar áreas, desfragmentar conhecimentos, promover um entendimento mais sistêmico do mundo? Os cursos de formação inicial de professores deveriam dar mais atenção e se preocupar mais com estas questões.

Fica a recomendação de se trabalhar aspectos da Natureza da Ciência não somente em disciplinas diretamente ligadas à prática e metodologia do ensino, mas também em outras de disciplinas básicas. Questões filosóficas, se reconhecidas e discutidas durante estudos de conteúdos químicos específicos teriam outro significado e valor.

Com estas intervenções acredita-se ter desestabilizado e mesmo modificado algumas idéias que os alunos tinham sobre a Natureza da Ciência, tais como: a existência de um único método científico, a aceitação de modelos e explicações científicas como verdades absolutas universais e imutáveis.

Referências bibliográficas

Abd-El-KHALIK, F., BELL, R. L., & LEDERMANN, N. G. "The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural". *Science Education*, 82, 417-436, 1998.

ALVES, J. A. "O planejamento de pesquisas qualitativas em Educação", *Cad. Pesq.*, SP (77): 53-61, maio 1991.

CHINN, C. A.; BREWER, W. F. "O papel dos dados anômalos na aquisição do conhecimento: Um quadro estrutural e implicações teóricas para a instrução para a ciência," *Análise da pesquisa Educacional*, 1999, Vol.63, No.1, pp1-49.

CONSELHO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CNE), Resolução n.º 2, de 26 de junho de 1997, artigos 13 e 19 do Regimento e no Parecer n.º 4/97, homologado pelo Senhor Ministro de Estado da Educação e do Desporto em 16/6/97,

DEMO, P. *Avaliação qualitativa*. Campinas: Ed Autores associados, 1999. (Col. Polêmicas do nosso tempo.)

DUSCHL, R.A. "Abandoning the scientific legacy of science education", *Science Education*, (72), pp 51-62, 1988.

GIUNTA, C. J. "The Discovery of Argon: a Case Study in Scientific Method" Department of Chemistry, Le Moyne College, Syracuse, NY 13214, Presented at the 211th ACS National Meeting, New Orleans, LA, March 24, 1996. In: *Carmen Giunta's Classic Chemistry Page, Selected Classic papers in chemistry*, <http://maple.lemoyne.edu/~giunta/index.html>. Acesso em 09/05/2000. GIUNTA, C. J. "The Discovery of Argon: a Case Study in Scientific Method". *J. of Chem Edu*, 75 (1322), 1988. HODSON, D. "Is there a Scientific Method?" *Education in Chemistry*, 112-116. Jul. 1988.

LEDERMAN, N.; ABD-EL-KHALIK, F. "Avoiding de-natured science: activities that promote understandings of the nature of science", cap 5. IN: McCOMAS, W. F. (org). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.83-126.

MATTHEUS, M. R. "Historia, Filosofia y Enseñanza de las Ciencias: la aproximación actual", *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 255-277, 1994.

_____ “Foreword and Introduction”. IN: McCOMAS, W. F. (org). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000.

McCOMAS, W. ; CLOUGH,M.; ALMAZROA,H. “The Role and Character of the Nature of Science”, IN: McCOMAS, W. F. (org). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p-53-70.

McCOMAS, W.; OLSON, J. “International Science education Standards”. IN: McCOMAS, W. F. (org). *The Nature of Science in Science Education: Rationales and Strategies*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2000. p.3-39.

McCOMAS, W. “The Principal Elements of the Nature of Science: Dispelling Miths”, “em “The Nature of Science in Science Education : Rationales and Strategies”, org MacComas, W. F., Kluwer Academic Publishers, Netherlands.2000.

MELLADO, V.; CARRACEDO, D. “Contribuciones de la Filosofía de la Ciencia a la Didáctica de las Ciencias”. *Enseñanza de las Ciencias*, v11 (3), p331-339, 1993.

POSNER, G.J.; STRIKE, K.A.; HEWSON, P.W; GERTZOG,W.A. “Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change”. *Sci. Edu.*,66 (2), pp 211-227, 1982.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, F. “Una análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria”, *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (3), 350-354, 1994.

VASQUEZ ALONSO, A.; MANASSERO MAS, M.A. “Características Del conocimiento científico: creencias de los estudiantes”, *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 377-395, 1999.