

**A NATUREZA DA CIÊNCIA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES: REFLEXÕES
A PARTIR DE UM CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**
(The nature of science in teacher education: reflections from a course of teacher
preparation in Biological Sciences)

Argus Vasconcelos de Almeida [argus@db.ufrpe.br]

Carmen Roselaine de Oliveira Farias [crofarias@gmail.com]

Departamento de Biologia da UFRPE

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos - CEP: 52171-900 - Recife/PE.

Resumo

Este trabalho é uma revisão teórica sobre a Natureza da Ciência na formação de professores da área do ensino das ciências. Parte-se de um panorama das metaciências em diálogo com demandas correntes para a educação científica e formação inicial de professores. Esta proposta decorre de nossa condição de formadores de professores no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE, particularmente com as disciplinas de *prática como componente curricular*. Estudos como esse têm dupla importância para o momento que estamos vivendo: situam-nos teórica e politicamente no campo dos estudos atuais sobre a Natureza da Ciência e suas implicações para a educação em ciências; e servem-nos de base para refletir sobre nossa prática docente e o currículo de formação de professores de ciências e biologia que temos e que desejamos construir. Sugere-se à guisa de conclusão a construção de um núcleo de pesquisa sobre Natureza da Ciência na UFRPE.

Palavras-chave: Natureza da Ciência; ensino de ciências; formação de professores.

Abstract

This paper is a theoretical review of studies on the Nature of Science in the teacher formation in Science Education area. We have had as a starting point the landscape of metascience. We have intended to create a point of dialogue with the current demands for science education and teacher formation. This proposal was placed in our daily activities in the teacher preparation in Biological Sciences at UFRPE, particularly with the disciplines of *practice as a curricular component*. We have argued that such studies are important: they help to situate ourselves theoretical and politically in the field of the current studies on the Nature of Science, and allow us to reflect on our teaching practice and curriculum of Science and Biology teacher formation that we have and what we would like to build. We suggest in conclusion, the construction of a research center on the Nature of Science in UFRPE.

Keywords: Nature of Science; science teaching; teacher education.

Introdução

A Natureza da Ciência (cuja sigla em inglês é NOS “Nature of Science” ou em português NdC, usada daqui por diante) é uma linha de pesquisa dentro da área de História e Filosofia da Ciência (HPS, da sigla em inglês de “History, Philosophy of Science”), que, por sua vez, é um ramo da didática das ciências. A NdC descreve e analisa a articulação de disciplinas que formam a educação científica sobre a ciência em si mesma (Mc Comas; Clough & Almazroa, 1998).

A NdC é considerada, por alguns autores, como um construto multifacetado, um campo hipotético e inseguro, construído de fora da ciência (e da tecnologia) mediante a reflexão disciplinar de historiadores, filósofos e sociólogos, cuja principal dificuldade é o caráter dialético da maioria de suas afirmações (Manassero; Vázquez & Acevedo, 2001).

Mc Comas, Clough e Almazroa (1998) consideram a NdC como:

[...] uma fértil e híbrida arena que recolhe aspectos de vários estudos sociais da ciência, que incluem a história, sociologia e filosofia da ciência combinada com investigações derivadas das ciências cognitivas como a psicologia, que aportam uma rica descrição do que é a ciência, como trabalha, como operam os cientistas como grupo social e como a sociedade dirige e reage em direção ao esforço científico (Mc Comas; Clough & Almazroa, 1998, p.4).

Numa concepção mais abrangente Vazquez *et al.* (2007) conceituam:

A natureza da ciência inclui a reflexão sobre os métodos para validar o conhecimento científico, os valores implicados nas atividades da ciência, as relações com a tecnologia, a natureza da comunidade científica, as relações da sociedade com o sistema tecnocientífico e as contribuições desta para a cultura e o progresso da sociedade. Este construto ou conceito faz referência a questões como: Que é ciência? Qual o seu funcionamento interno e externo? Como se constrói e desenvolve o conhecimento produzido pela ciência? Que métodos são usados para validar este conhecimento? Quais os valores implícitos nas atividades científicas? Qual é a natureza da comunidade científica? Quais foram e são as relações da ciência com a tecnologia até se constituir o atual sistema tecnocientífico? Quais são as relações da sociedade com este sistema? Quais são as contribuições deste a cultura e progresso da sociedade? (Vázquez *et al.*, 2007, p.128).

O papel e a importância da NdC na educação científica e, notadamente, para a formação de futuros professores, é ressaltada na seguinte afirmação de Mc Comas, Clough e Almazroa (1998):

A natureza da ciência é usada para descrever a interseção das questões derivadas da filosofia, história, sociologia e psicologia da ciência, sua aplicação e potencial impacto no ensino e aprendizagem da ciência. Como tal, a natureza da ciência é um domínio fundamental para guiar o professorado de ciências numa correta descrição da ciência ao estudantado (Mc Comas; Clough & Almazroa, 1998, p.5).

A partir de suportes teóricos como esses, mas também de nossa própria experiência como docentes formadores na área da educação em ciências, consideramos bastante relevante refletir sobre a importância da contribuição das ciências humanas no processo de formação inicial docente e sobre as formas estratégicas para sua inclusão nos currículos. Entende-se ser este um movimento que articula ciências naturais e ciências humanas para além da “grande dicotomia” instaurada pela própria história dos sistemas de conhecimento. Trata-se, certamente, de questionar a separação entre as ciências e a sociedade para que se possa compreendê-las em sua singularidade de processo social.

No entanto, se por um lado, as políticas curriculares brasileiras já contemplam há mais de uma década concepções de ciência e tecnologia como práticas humanas, construídas social e historicamente (vide os Parâmetros Curriculares Nacionais, PCN), por outro, ainda permanece um desafio para os cursos de graduação e para os próprios formadores dos futuros professores de ciências da educação básica, construir e sustentarem espaços e componentes curriculares que sejam capazes de contribuir efetivamente para o uso da NdC como ferramenta para a educação em ciências.

O propósito deste artigo é perscrutar alguns fundamentos teóricos que nos ajudem a interpretar o lugar desta discussão em um currículo compatível com a formação docente que desejamos construir.

As metaciências

As denominadas metaciências estudam a ciência como uma atividade humana e tem como base comum a reflexão sobre a ciência. As metaciências, como disciplinas de segunda ordem, intentam explicar e compreender o que pensam e o que fazem os cientistas quando começam uma pesquisa e que valor tem os resultados obtidos. Também se interessam pela forma de trabalhar dos cientistas, como indivíduos e como grupos e como isto afeta em seus descobrimentos. Assim, as

metaciências não aceitam a ciência como um conhecimento único, verdadeiro e real, e sim o entendem como um produto peculiar humano que requer um estudo particular (Ziman, 2003).

Segundo Echeverría (1998) a filosofia da ciência é a metaciência que tem maior influência na visão atual da NdC. Esta metaciência proporciona à NdC os aspectos epistemológicos relevantes do conhecimento científico, tais como os problemas relacionados com a demarcação entre o que é a ciência e pseudociência; a reflexão sobre a metodologia científica, de como muda a ciência, os métodos e critérios de validação do conhecimento científico (a racionalidade científica); o conceito de verdade, os interesses e determinantes da produção científica, o *status* epistemológico das teorias e leis científicas.

Nos anos 30 do século passado, o filósofo da ciência austríaco Karl Popper na suas críticas ao positivismo lógico do Círculo de Viena, defendia que o conhecimento científico é falível e corrigível e, conseqüentemente, provisório (Popper, 1985). Popper também enfatiza que todo o conhecimento científico “é impregnado de teoria, inclusive nossas observações”, portanto, não existem dados puros ou fatos neutros (Popper, 1975, p.75).

Já a história da ciência começa a ser valorizada desde o aparecimento da obra “A estrutura das revoluções científicas” de Thomas Kuhn (1992). A partir de então se observou uma virada importante na metodologia da ciência e os estudos históricos adquirem um papel relevante no conhecimento sobre a ciência (Echeverría, 1999).

A nova historiografia da ciência que propõe Kuhn trata de compreender as investigações e os debates científicos em seu próprio contexto e não por referência à ciência atual. Deste modo, a história da ciência pode definir quais foram os conceitos estruturantes presentes no momento de profunda transformação de uma ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, os valores subjacentes, assim como também quais foram as resistências a mudança (Vildósola-Tibaud, 2009).

Pesquisas em ensino de ciências e documentos internacionais de reforma da educação científica advogam a inclusão da história e filosofia da ciência (HFC) no currículo de ciências como recurso pedagógico adequado para tal abordagem, especialmente visando o aprendizado de conteúdos epistemológicos. Depreende-se da literatura especializada que episódios selecionados da história da ciência (HC) podem funcionar como modelos de NdC. Nesse sentido, a HC têm sido amplamente considerada como adequada para atingir vários propósitos na formação científica básica podendo apresentar a construção sócio-histórica do conhecimento, a dimensão humana da ciência, e, especialmente, promover o entendimento da NdC (Forato; Martins & Pietrocola, 2010).

A sociologia da ciência considera a ciência como uma instituição social, pela qual, a atividade científica implica também fatores sociais que operam à margem do âmbito normal da filosofia da ciência. Há consenso de que os assuntos epistemológicos fundamentais não podem resolver-se apelando só a princípios gerais abstratos. Ainda que a imagem da ciência se encontre fortemente impregnada de epistemologia, do ponto de vista da sociologia da ciência se considera que as ideias são elementos culturais e entidades cognitivas e que os atos individuais de observação e explicação adquirem significados científicos de processos coletivos de comunicação crítica pública. Nesta perspectiva, a sociologia da ciência fornece à NdC o resultado da análise sociológica da atividade científica, entendida como um empreendimento que ocorre dentro de esquemas maiores, onde os pensamentos e ações individuais só tem sentido no âmbito de grandes padrões sociais (Ziman, 2003).

Chalmers (1994) ao analisar os trabalhos de epistemólogos e filósofos da ciência, discute os limites da ciência e o significado das suas dimensões sociais e políticas quando faz uma crítica à pseudociência, ao método experimental e à objetividade científica, e ao considerar a ciência não um *corpus* rígido e fechado, mas uma atividade aberta que está em contínua construção.

Latour e Woolgar (1997) procuram demonstrar que as práticas científicas cotidianas, como os fatos da ciência, apesar de sua alegada objetividade e neutralidade são, na verdade, construídos socialmente. Os autores defendem a tese de que a ciência não é justificada somente por critérios racionais e cognitivos, pois esses critérios são também construídos socialmente pelos próprios atores que participam da pesquisa científica. Nessa perspectiva, questionam a visão mítica da ciência e de seus métodos, a sua a-historicidade, a sua universalidade, a natureza absoluta de suas técnicas e de seus resultados. Os autores também afirmam que não existe uma forma objetiva de avaliar se o conhecimento científico é um reflexo “verdadeiro” do mundo, e que a noção de “progresso” científico é, portanto, falaciosa.

Assim, de maneira geral, podemos dizer que, enquanto a filosofia da ciência se ocupou basicamente da epistemologia, e a história da ciência dos seus eventos estruturadores, a sociologia da ciência ousou pretender estudar a ciência à maneira de um projeto social como outro qualquer. É isso que Isabelle Stengers nos diz no seu “A invenção das ciências modernas” (2002). A autora mostra que tais estudos das ciências tomaram esse empreendimento como nem mais descolado das preocupações do mundo, nem mais universal ou racional do que qualquer outro. A autonomia e a objetividade, por assim dizer, não seriam mais objeto de vigilância em razão de um ideal a ser alcançado, uma vez que, *prima facie*, toda “ciência seria impura por natureza”, e não por estar distante do ideal (Stengers, 2002).

As disciplinas metacientíficas reconhecem que não é possível separar os atos de conhecer do conhecimento. A ciência é algo que nas mentes humanas gera e recebe, regenera ou revisa, comunica e interpreta (através da percepção, da cognição e da linguagem que desempenham um importante papel). Muitas das características da ciência se configuram através de mecanismos psicológicos que utilizam os cientistas, individual ou coletivamente, em seus estudos sobre o mundo. Nesta linha de argumentação, a psicologia cognitiva fornece à natureza da ciência uma compreensão dos processos cognitivos que os cientistas utilizam quando desenvolvem atividades científicas, e também o conhecimento sobre as características pessoais dos cientistas (por exemplo, a criatividade, como são realizadas as observações, a honestidade intelectual) (Ziman, 2003).

Frequentemente se afirma que o conhecimento científico tem que ser aceito como universalmente válido, porque as explicações e afirmações que lhe pertencem são validadas através de sua contínua confrontação com uma realidade objetiva independente. A forma de constituição da ciência como um domínio cognitivo, entretanto, indica que tal ideia não pode ser sustentada, e que as explicações e afirmações científicas são válidas apenas na comunidade dos observadores que aceitam o critério de validação das explicações científicas como o critério de validação de suas explicações. Neste aspecto, a ciência não é diferente de nenhum outro domínio cognitivo, já que todos os domínios cognitivos são, por constituição, válidos apenas na comunidade específica dos observadores que aceitam o critério de validação de ações adequadas que define tal comunidade (Maturana, 2001).

Afirma-se também que é a universalidade e objetividade do conhecimento científico que dá aos argumentos racionais científicos sua força coercitiva e às afirmações científicas seu caráter convincente. Neste aspecto, entretanto, a ciência não é diferente de quaisquer outros domínios cognitivos, porque todos os argumentos propriamente racionais são válidos apenas no domínio cognitivo ao qual pertencem (Maturana, 2001).

Contribuições da epistemologia para a compreensão da Natureza da Ciência

De acordo com Izquierdo (2000) existem duas correntes fundamentais de pensamento epistemológico: a absolutista, representada pelo empirismo, positivismo lógico e racionalismo e a construtivista que incorpora modelos epistemológicos posteriores da Nova Filosofia da Ciência:

a) Correntes absolutistas

Nos séculos XVII e XVIII a epistemologia dividiu-se em duas grandes correntes, o empirismo e o racionalismo. O empirismo iniciou-se com Bacon, e foi continuado por Hobbes, Hume e Locke, que puseram em relevo o conhecimento a partir de dados recebidos pela experiência sensível e trataram de estabelecer um método científico (indutivo e rigoroso) apoiado nos dados da experiência. Por outro lado, o enfoque racionalista, iniciado no século XVII por Descartes, destacou o papel da razão e dos conceitos criados pela mente em processo de formação e fundamento do conhecimento científico.

Um século depois surgiu Kant propondo o idealismo transcendental, com o qual tentou chegar a uma síntese de enfrentamento entre o empirismo e o racionalismo, estabelecendo que todo o conhecimento científico, se bem que com base na experiência sensível, teria que ser enquadrado em estruturas mentais para que pudesse ser realmente conhecido e adquirir a condição de necessidade e universalidade que todo conhecimento científico deveria possuir.

A abordagem empírica teve um papel importante nos primeiros anos do século XX no chamado Círculo de Viena, dentro do qual se fundamentou a corrente epistemológica do positivismo lógico. O Círculo de Viena projetou elaborar uma filosofia científica que romperia com toda explicação metafísica e filosofia dominante. Seus membros trataram de produzir uma autêntica revolução filosófica apelando ao projeto comteano de uma ciência unificada e as epistemologias empiristas de Mach e Wittgenstein.

O positivismo lógico enfatiza o estudo e desenvolvimento da lógica matemática. Para este modelo a possibilidade de verificar os conhecimentos passa a ser o critério fundamental para distinguir as ciências empíricas de outros tipos de saber. Assim, um enunciado é científico se é verificável e para isso seus termos devem possuir significado empírico. Deste modo, se excluem do campo significativo todos os enunciados da metafísica considerados por Carnap como pseudoproposições que não servem para descrever objetivamente o mundo (Estany, 1993). Segundo o positivismo lógico (ou neopositivismo), o progresso da ciência está ligado ao processo de redução de teorias, entre as quais existem duas perfeitamente aceitáveis.

Assim, uma teoria é reduzida por outra se pode ser logicamente derivada dela, o que só pode ocorrer se ambas são logicamente consistentes entre si e o vocabulário da primeira (a reduzida) possa obter-se a partir da segunda, tanto no que concerne ao componente teórico quanto ao observacional, mediante definições ou leis-pontes (Echeverría, 1999).

Para os neopositivistas e, posteriormente, para outros filósofos da ciência, o essencial do saber científico é a sua capacidade de prever exatamente os fenômenos naturais (Echeverría, 1999).

Este modelo de ciência perdura até os dias atuais e se conhece como concepção herdada (“received view”), já que abrange o conjunto de ideias básicas que haviam caracterizado o positivismo lógico e a filosofia analítica da época. Carnap, Hempel e Nagel são autores-chaves no desenvolvimento desta concepção (outros autores como Achinstein, Bridgman e Skinner também fizeram contribuições importantes (Vildósola-Tibaud, 2009).

Uma das ideias mais amplamente aceitas pelos defensores da concepção herdada é a da distinção entre o contexto da descoberta e o contexto de justificação proposta por Reichenbach (1938). Sua ideia central consistiu em prescindir dos processos científicos reais tomando como objeto da filosofia da ciência uma reconstrução lógica das teorias. De acordo com esta proposta, os filósofos não teriam que ocupar-se de como chega a produzir-se um descobrimento científico. O essencial é o resultado final da pesquisa, isto é, os fatos descobertos, as teorias elaboradas, os métodos lógicos utilizados e a justificação empírica das consequências e previsões derivadas das teorias.

Segundo Reichenbach (1938), as questões relativas ao contexto em que se verificam os descobrimentos, a origem histórica dos conceitos, leis e teorias, o modo em que seus descobridores chegaram a eles, não são objeto da epistemologia da ciência e sim da história, da sociologia e da psicologia, que são consideradas áreas externas da ciência.

Segundo esta perspectiva, os epistemólogos devem considerar como ponto de partida o conhecimento já elaborado. A distinção entre ambos os contextos da ciência foi admitida por muitos filósofos da ciência, de tal maneira que grande parte dos processos de comunicação do conhecimento científico, como o ensino, a interação entre os pesquisadores nos laboratórios, na recepção das descobertas e debates entre teorias opostas, excluiu a análise epistemológica. Esta visão teve grande influência no ensino de disciplinas científicas, no ensino de ciências e na elaboração de textos científicos centrados exclusivamente nos produtos finais do processo (Echeverría, 1998).

b) Correntes construtivistas

A corrente construtivista pode ser dividida na Nova Filosofia da Ciência e na Atual Filosofia da Ciência.

Nova Filosofia da Ciência: As críticas à concepção herdada foram iniciadas nos primeiros anos da década de cinquenta do século passado. Existe um consenso que o aparecimento da obra de Thomas Kuhn “A estrutura das revoluções científicas” em 1962 constitui-se em um marco de ruptura com a perspectiva absolutista. Assim, todo o conjunto de ideias sobre a ciência, surgido desde a obra de Kuhn, é agrupado sob a denominação de Nova Filosofia da Ciência. Em geral, as diversas escolas agrupadas têm em comum a negação da lógica formal como primeira ferramenta de análise da ciência (Vildósola-Tibaud, 2009).

Deste modo, novas aproximações epistemológicas foram desenvolvidas na perspectiva de que a ciência só pode ser compreendida se forem incluídas categorias históricas, sociológicas e psicológicas. Neste sentido, Estany (1993) assinala os aspectos mais importantes desta corrente epistemológica nas diversas vertentes que fazem referência ao desenvolvimento de teorias e modelos sobre o contexto de descoberta. Este fato deu lugar ao desenvolvimento de construções metaconceituais, dentre os quais:

- O “racionalismo crítico” de Popper (Silveira, 1996);
- Os “paradigmas” de Kuhn;
- Os “programas de pesquisa” de Lakatos;
- O “evolucionismo” de Toulmin;
- A “carga teórica” de Hanson;
- O “anarquismo epistemológico” de Feyerabend;
- Os “problemas empíricos e conceituais” de Laudan.

A crítica às principais teses da concepção herdada

Entre as teses compartilhadas pelos filósofos da Nova Filosofia da Ciência que se contrapõem à concepção herdada, encontram-se:

- Uma suposta teoria do significado: o significado de todos os termos científicos, tanto os observacionais como os teóricos, está determinado pela teoria ou paradigma, o ideal de ordem natural que subjaz aos ditos termos nos que estão imersos. Esta tese se opõe ao ponto de vista do positivismo lógico que sustenta a existência de uma relação absoluta e independente entre os termos “teóricos” e “observacionais”.

- Uma suposta teoria dos problemas: que definiria o domínio da pesquisa científica e do que pode ser considerado como uma explicação dos problemas. Esta tese se opõe ao intento de Hempel de fazer uma análise nomológico-dedutiva e estatística do conceito de explicação científica.

- Uma suposta teoria da pertinência dos fatos para a teoria, dos graus de pertinência e em geral da aceitabilidade ou inaceitabilidade relativa das diferentes conclusões científicas (leis, teorias ou predições). Esta tese se opõe à possibilidade de uma “lógica indutiva” formal no sentido carnapiano.

Em outro sentido, Abimbola (1983) do ponto de vista da didática das ciências sintetiza os principais aspectos do enfoque construído a partir das contribuições de diversos filósofos da ciência como Blackwell, Bronowsky, Brown, Feyerabend, Hanson, Popper, Kuhn, Lakatos, Toulmin, entre outros. Os principais aspectos que assinala o autor a respeito da epistemologia são:

- O conhecimento, crenças e teorias que sustentamos determinam em grande parte o que percebemos. Portanto, as observações são dependentes da teoria (Popper, 1985).

- Os cientistas operam dentro de paradigmas aceitos, suposições, ou programas de pesquisa. Os paradigmas determinam quais os problemas podem ser resolvidos, os instrumentos, as técnicas de inferência e os modelos a empregar.

- A lógica formal não é a primeira ferramenta de análise da ciência, que é substituída pelas contribuições originadas da história da ciência.

- As decisões sobre questões científicas são da própria comunidade científica.

- A pesquisa e a crítica contínua, mais que os resultados aceitos, são o núcleo da ciência.

- A ciência tem duas fases, uma normal e outra revolucionária. A fase normal opera sob um paradigma compartilhado. Os acontecimentos mais importantes na história da ciência são as “revoluções” com mudanças de paradigmas. Portanto, o progresso da ciência não é acumulativo, e frequentemente, implica numa mudança de paradigma, que é incomensurável.

- Os dados observacionais não permanecem os mesmos de uma revolução científica a outra. Isto é devido a que os paradigmas científicos sejam incomensuráveis.

Atual Filosofia da Ciência: Sob esta definição se agrupam numerosas visões epistemológicas contemporâneas. Este enfoque agrupa uma grande diversidade de escolas epistemológicas que, sem um total consenso, emergem com o anarquismo epistemológico de Feyerabend em 1974. Os filósofos desta corrente reinterpretem Kuhn dando ênfase ao relativismo social e no reconhecimento de que não existem critérios lógicos e racionais puros para avaliar o conhecimento científico, já que este é influenciado pelo contexto social e pelo interesse de quem elabora este conhecimento (Echeverría, 1999).

O enfoque epistemológico contemporâneo reúne uma diversidade de escolas que tem em comum o fato de haverem surgido em uma época caracterizada pelo grande desenvolvimento da ciência e da tecnologia. O surgimento da “big science” é considerado como a principal causa do giro que experimentou a filosofia da ciência nas duas últimas décadas do século passado. Estas

mudanças deram origem a uma diversidade de escolas contemporâneas que, em estreita colaboração com sociólogos, psicólogos cognitivos, historiadores, economistas, educadores e tecnólogos, participam da reflexão desta nova área (Echeverría, 1999).

A Natureza da Ciência e a educação científica

É possível distinguirem-se diferentes níveis de compreensão científica. Por um lado, se encontra o conhecimento dos conteúdos e dos métodos da ciência, isto é, as chamadas leis, modelos, teorias, conceitos, técnicas experimentais e procedimentos empregados pelos cientistas. Tal “conhecimento em ciência” constitui a base dos currículos de toda ciência acadêmica. Por outro lado, se encontra o conhecimento acerca de como os cientistas desenvolvem e utilizam o conhecimento científico, como decidem o que pesquisar, como são obtidos e interpretados os dados científicos e como decidem a aceitação dos resultados publicados. Tal forma de saber supõe um “conhecimento sobre a ciência” (Cutrera, 2003).

Os currículos científicos devem ser dirigidos não só ao que é conhecido em ciência, mas também devem incluir como a ciência chegou a tal conhecimento. Ensinar o que é conhecimento em ciência supõe desenvolver o conhecimento científico. Ensinar como o empreendimento obtém suas afirmações de conhecimentos é desenvolver o conhecimento sobre a ciência.

Tal distinção entre conhecimento *em* ciência e conhecimento *sobre* ciência permite, portanto, a distinção entre dois níveis de reflexão, cada um com objetivos diferentes. Um primeiro nível, aquele referido ao ensino do conhecimento científico, supõe o ensino da ciência através dos seus produtos finais (fatos, teorias, leis, que constituem a base do conhecimento científico) e, com isso, o ensino da ciência em sua forma final. Ensinar ciência, neste nível, supõe melhorar o conhecimento científico dos estudantes centrando tal processo de ensino em um relato dos êxitos científicos (Adúriz-Bravo; Izquierdo & Estany, 2002).

O segundo nível de reflexão refere-se ao modo como ocorreram as descobertas científicas, incluindo-se aqui o exame de processos que falharam, da modificação de conceitos centrais e que raciocínios foram usados com o propósito de avançar na compreensão científica (Cutrera, 2003). Mas não só isso, também inclui a reflexão sobre o lugar da ciência na vida contemporânea e seus impactos profundos nos indivíduos, na sociedade e no ambiente (relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente - CTSA).

Para Acevedo-Dias *et al.* (2007), os currículos de ciências são geralmente centrados nos conteúdos conceituais regidos pela lógica interna da ciência (isto é, das suas teorias, leis, conceitos, fórmulas, métodos e algoritmos), porém são esquecidos de dar formação sobre a ciência mesma, isto é, sobre o que é a ciência, como funciona internamente, como se desenvolve, como constrói seu conhecimento, como se relaciona com a sociedade, que valores utilizam os cientistas em seu trabalho profissional. Todos estes aspectos constituem o que se conhece como NdC.

Como consequência, a imagem da ciência veiculada pelo ensino tradicional é deformada, pois corresponde a de um conhecimento acabado, definitivo e, por consequência, dogmático, autoritário e incontestável.

Fernández *et al.* (2002) apresentam o que denominam de deformações mais comuns do ensino das ciências mais assinaladas na literatura:

A primeira deformação mais amplamente assinalada na literatura é a que podemos denominar de *empírico-indutivista e atórica da ciência*. Uma concepção que ressalta o papel da observação e da experimentação “neutras” (não contaminadas por ideias apriorísticas), esquecendo o papel das hipóteses como focos de pesquisa e das teorias disponíveis que orientam todo o

processo.

Uma segunda deformação amplamente reconhecida na literatura é a que transmite uma *visão rígida* (algorítima, exata, infalível...) da atividade científica. Apresenta-se o “método científico” como um conjunto de etapas a seguir mecanicamente. Ressalta-se o tratamento quantitativo e controle rigoroso, esquecendo-se (ou mesmo rechaçando-se) tudo que signifique invenção, criatividade ou dúvida.

Muito ligada a esta visão rígida, podemos mencionar a *visão aproblemática e ahistórica* (dogmática e fechada): transmitem-se conhecimentos já elaborados, sem mostrar quais foram os problemas que geraram sua construção, qual a sua evolução, as dificuldades, as limitações do conhecimento científico atual e as perspectivas abertas.

Uma deformação apenas mencionada na literatura é a *visão exclusivamente analítica*, que ressalta o necessário parcelamento inicial dos estudos, seu caráter encurtado, simplificador, mas esquece os esforços posteriores de unificação e de construção de corpos coerentes de conhecimentos cada vez mais amplos.

Outra visão pouco mencionada na literatura é a que transmite uma *visão acumulativa*, de crescimento linear dos conhecimentos científicos, ignorando-se as crises e remodelações profundas e as confrontações de teorias rivais.

Uma das visões mais tratadas na literatura é a que transmite uma *visão individualista e elitista* da ciência. Os conhecimentos científicos aparecem como obra de gênios isolados, ignorando-se o papel do trabalho coletivo e do intercâmbio entre equipes. Em particular se deixa crer que os resultados obtidos por um só cientista ou equipe podem bastar para verificar ou falsear (Popper, 1985) uma hipótese ou mesmo toda uma teoria. Frequentemente se insiste que o trabalho científico é um domínio reservado a minorias especialmente dotadas, transmitindo expectativas negativas para a maioria dos estudantes, com clara discriminação de natureza social e de gênero (a ciência é apresentada como uma atividade eminentemente “masculina”).

Por último, a deformação que transmite uma *visão descontextualizada*, socialmente neutra da ciência ignora ou trata muito superficialmente as complexas relações CTSA (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente). De fato, as referências mais frequentes às relações CTSA incluídas na maioria dos textos escolares de ciências se reduzem a enumeração de algumas aplicações dos conhecimentos científicos, caindo assim em uma exaltação simplista da ciência como fator absoluto de progresso da sociedade (Fernández *et al.*, 2002).

Além disso, a ciência escolar tende a transmitir uma imagem da ciência do passado, a que produziu os conceitos habitualmente incluídos no currículo, porém não da ciência e da tecnologia contemporâneas, as quais são feitas hoje nos laboratórios de diversas instituições (universidades, hospitais, fundações, exército, etc) e empresas privadas (indústrias, corporações farmacêuticas, etc).

Para superar estes graves inconvenientes na atualidade há um consenso crescente que propõe incluir explicitamente nos currículos de ciências um ensino sobre a ciência mesma, isto é, um ensino da NdC.

Duschl (1985) em seu conhecido trabalho “Science education and philosophy of science twenty-five years of mutually exclusive development” afirma que a comunidade científica ignorou o desenvolvimento da história e filosofia da ciência e as importantes implicações destas metaciências para a educação científica. Também afirma que a educação científica não estava considerando as significativas contribuições das novas visões da NdC para melhorar o ensino.

Assim, com os importantes avanços na pesquisa didática, se acrescenta a ideia que as visões contemporâneas da filosofia e história da ciência devem estar presentes nos novos currículos

e nos programas de formação do professorado (Hodson, 1991).

Uma revisão da literatura sobre educação em ciências (Mc Comas; Clough & Almazroa, 1998; Smith & Scharman, 1999; Niaz, 2001; Niaz & Rodrigues, 2002), mostra que um consenso possível sobre NdC está baseado nos seguintes princípios: 1) as teorias científicas são tentativas; 2) as teorias não se convertem em leis ainda com evidência empírica adicional; 3) não há um método científico universal que indique os passos a seguir; 4) as observações são carregadas de teorias; 5) o conhecimento científico implica na observação, argumentos racionais, criatividade e ceticismo; 6) o progresso científico é caracterizado pela competição entre teorias rivais; 7) os cientistas podem interpretar os mesmos dados experimentais de forma diferente; 8) o desenvolvimento das teorias científicas, às vezes, está baseado em fundamentos inconsistentes; 9) as ideias científicas são afetadas pelo meio social e histórico. A esses princípios também se pode acrescentar: as ideias científicas também afetam a vida social, a cultura e a natureza.

Problemáticas na formação dos professores de ciências

Como marco recente importante na área de formação de professores de ciências, temos a tese do professor e epistemólogo argentino Agustín Adúriz-Bravo (2001) que estuda e preconiza a adoção da epistemologia no currículo da formação dos futuros professores de ciências.

Promover entre os estudantes uma adequada compreensão da NdC é um objetivo primordial da educação científica atual e um dos principais atributos da alfabetização científica. A realização deste objetivo, entretanto, está condicionada a uma série de variáveis (Vildósola-Tibaud, 2009).

As contribuições das pesquisas na área de ensino das Ciências têm sido fundamentais para conhecer que a maioria do professorado sustenta ideias inadequadas sobre a NdC. Estas são próximas a posições predominantes no início do século passado e que estão fundamentadas em posturas empíricas indutivistas ingênuas provavelmente herdadas da própria cultura escolar (Vildósola-Tibaud, 2009).

Por outro lado, essas pesquisas mostraram o professorado como principal mediador do currículo de ciências, o qual tem um papel importante no processo de melhora do ensino. Isto determinou que muitos estudos estivessem centrados na influência de suas ideias sobre ciência, suas atitudes, seus interesses, as características da instrução que desenvolvem na aula e na compreensão deste tipo de conteúdo. Assim teve origem a linha de investigação que centra a sua atenção nas concepções do professorado sobre NdC (Vildósola-Tibaud, 2009).

De acordo com Fernández *et al.* (2002) a atenção nas concepções docentes foi impulsionada pela constatação das diferenças entre as contribuições das pesquisas em didática das ciências e o que os docentes realmente praticam em sala de aula. Os resultados destes estudos mostraram a necessidade de questionar e modificar as “teorias implícitas” dos professores acerca de como aprendem os estudantes e que natureza do conhecimento científico as propostas de inovação do ensino das ciências podem levar para a prática. Começa a produzir-se um consenso crescente em torno da necessidade de modificar a epistemologia “espontânea” do professorado, sabendo-se que a mesma pode se constituir num obstáculo capaz de bloquear as iniciativas de renovação do ensino de ciências.

Segundo os mesmos autores, as concepções docentes seriam a expressão de uma visão comum, que professores de ciências aceitam implicitamente devido à falta de uma reflexão crítica e uma educação científica que se limita a uma simples transmissão de conhecimentos já elaborados. Isso ocultaria características essenciais da atividade científica, vindo a contribuir para reforçar algumas deformações, como a suposta “exatidão” da ciência. Desta maneira, a imagem da ciência

que os docentes possuem se diferencia muito pouco da que pode expressar o cidadão comum e está muito distante das concepções atuais sobre a NdC.

Recentemente, trabalhando com estudantes de licenciatura em Física, Reis, Guerra e Braga (2010) concluíram que um dos possíveis caminhos para trazer à sala de aula reflexões em torno da NdC é trabalhar os temas científicos através de uma abordagem histórico-filosófica.

Nesse ponto, constataram os autores, esbarra-se com a precária formação dos professores em História e Filosofia da Ciência. A isso se soma a escassez de materiais pedagógicos para serem usados pelos professores em sala de aula que contenham estratégias para se trabalhar HFC com vistas a problematizar a NdC.

Neste processo, os autores preconizam abordagens externalistas que possibilitariam aos futuros professores uma formação diferenciada e mais sólida sobre os conteúdos. O estudo da ciência através de um viés externalista permitiria aos licenciados compreender que o conhecimento científico faz parte da cultura da humanidade, numa relação simbiótica de constante diálogo com outras formas de conhecimento. Dessa forma, ganhariam familiaridade com uma abordagem interdisciplinar capazes de capacitá-los a compreender o conhecimento científico.

A Natureza da Ciência na *prática como componente curricular*: oportunidade e desafio

Na nossa vivência como docentes envolvidos na formação de professores de Ciências e Biologia, temos participado dos esforços da Área de Ensino das Ciências Biológicas, recentemente criada no âmbito do Departamento de Biologia da UFRPE, para a implementação e consolidação das disciplinas de *prática como componente curricular* do Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

A inserção da *prática como componente curricular* no Curso

A *prática como componente curricular* (PCC) foi inserida no Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas da UFRPE/ Campus de Dois Irmãos, no Recife, em 2007, com vistas a se adequar às políticas curriculares nacionais sobre formação inicial de professores que ganharam vigência com as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para os cursos de graduação: o Parecer CNE/CP 9, de 8 de maio de 2001 e a Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002, que instituíram as DCN para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena; e o Parecer 28, de 2 de outubro de 2001 e Resolução CNE/CP 2, de 19 de fevereiro de 2002, que instituem a duração e a carga horária desses cursos. Segundo a legislação, a PCC deve ter carga horária de 400 horas e deve ser desenvolvida desde o início do curso de licenciatura.

No Campus de Dois Irmãos da UFRPE, o Curso de Licenciatura em Ciências Biológicas foi um dos últimos cursos de licenciatura a fazer a adequação do currículo a fim de contemplar a PCC. Anteriormente, havia uma interpretação reducionista da *prática como componente curricular*, que a associava às atividades de campo ou de laboratório próprias da tradição das disciplinas técnico-científicas.

Desse modo, vários professores de diversas áreas departamentais que atendem ao curso assumiram tais disciplinas, sem a necessária compreensão de que se tratava de componentes curriculares que têm por objetivo precípuo a formação de professores de ciências e biologia. Tal visão predominou até mesmo no primeiro concurso para professor substituto para a Área, quando os candidatos com formações diversas apresentavam este entendimento presente no próprio edital do

concurso.

Apesar das muitas dificuldades enfrentadas no processo de implementação do novo currículo, pode-se dizer que sobrevieram avanços que merecem destaque, tal como a construção de um fórum informal das licenciaturas da UFRPE que reúne os coordenadores e professores das licenciaturas e, também, a criação em 2009 da Área de Ensino das Ciências Biológicas no Departamento de Biologia, por iniciativa da diretoria do departamento.

A esta Área, composta por professores de dupla formação acadêmica, foi atribuída a responsabilidade pelas disciplinas de *prática* que se estendem do 2º ao 8º período¹. Longe de se ter consolidado, as atuais disciplinas passam por novas definições, que visam a um sentido formativo da docência que supere o modelo fragmentado que ainda possuem. Vale mencionar que as referidas disciplinas estão estruturadas segundo o modelo disciplinar acadêmico do curso, sendo que a maioria delas corresponde às subdivisões das Ciências Biológicas, tais como: Anatomia e Fisiologia Humana, Microbiologia, Fisiologia Vegetal, Zoologia, Genética e Ecologia².

Desde que foi criada no Departamento de Biologia, a Área de Ensino das Ciências Biológicas procura se constituir como um espaço de discussão e reflexão conjunta sobre a concepção e realização das disciplinas de *prática*. Nesse percurso, vimos buscando construir disciplinas que atendam às exigências atuais da formação de professores de ciências e biologia e às demandas que a própria área educacional reivindica há décadas, de modo que a dimensão *prática* venha a ocupar um lugar central na construção da identidade docente dos nossos licenciandos.

Oportunidade e desafio

Para indicarmos as oportunidades e desafios com os quais nos defrontamos neste momento de revisão curricular, é importante destacar o sentido que atribuímos à *prática*, que decorre da interpretação que fazemos das políticas curriculares nacionais.

Na análise que propomos, consideramos que as decisões curriculares que assumimos no âmbito das instituições de ensino superior e dos cursos, em particular, não refletem uma “aplicação direta e hierárquica” das políticas curriculares nacionais, que no presente caso são as DCN, mas denotam um processo contínuo de reinterpretação e recriação do currículo conforme as configurações subjetivas e objetivas do contexto local.

Situamos nossa análise no espaço aberto pela compreensão da política curricular como decorrência da inter relação entre diferentes contextos, entre os quais está o contexto local, chamado de “contexto da prática” (Ball, 1997)³. Este é o espaço onde, de fato, as políticas curriculares são reinterpretadas e recriadas, mediante lutas pelos sentidos, acordos e tomadas de decisão.

Assim, para expressar nossa interpretação a cerca da PPC, considera-se necessário, antes, ter em conta as lutas e os debates do campo de formação de professores que precederam às atuais DCN, pois são elas que conferem legitimidade à inserção da PCC nas políticas curriculares nacionais para os cursos de licenciatura. Neste sentido, nos orientamos pelo Parecer CNE/CP 9/2001 que concebe a *prática* como uma dimensão formativa básica, que se desenvolve tanto nos momentos em que se analisa e se reflete *sobre* a atividade profissional, quanto nos momentos em que se exercita efetivamente a atividade docente.

¹ Há atualmente duas matrizes curriculares vigentes e uma delas integraliza 9 períodos.

² As disciplinas são assim denominadas: Prática de Ciências, Prática de Morfologia e Fisiologia, Prática de Saúde e Epidemiologia, Prática de Biologia Vegetal, Prática de Biologia Animal, Prática de Ecologia e Prática de Biologia.

³ Esta análise está embasada em autores como Bowe, Ball e Gold (1992) e Ball (1997), que propõem um esquema de análise da política que privilegia a noção de “contextos” e os fluxos de relações que se estabelecem entre eles.

Ademais, reconhece-se o caráter investigativo da *prática*, visto que o trabalho docente não constitui simples reprodução, mas é criação ou recriação do conhecimento. As ações formativas de professores (que envolvem a elaboração e a organização do processo de ensino e aprendizagem) implicam atividades investigativas que precisam ser amplamente fortalecidas e valorizadas no interior dos cursos e das instituições de ensino superior.

É preciso ressaltar que as DCN buscam orientar a produção de currículos que não reduzam a *prática* ao momento do estágio, mas que a articule durante todo o curso à reflexão coletiva e sistemática sobre o processo educativo. Nesta perspectiva, os cursos de formação de professores devem prover os licenciandos de oportunidades curriculares para colocarem em uso seus conhecimentos de diversa natureza e oriundos de diferentes experiências, em diferentes tempos e espaços curriculares (Brasil, 2001a).

Foi justamente neste espaço e tempo curricular aberto pela PCC que vimos a oportunidade de fazer entrar na formação dos professores de ciências e biologia o enfoque da NdC e das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Embora, como dito anteriormente, as disciplinas de PCC vigentes ainda se orientem por uma abordagem fragmentada dos conteúdos, já obsoleta para as demandas contemporâneas da educação científica, busca-se com o enfoque CTSA construir uma base comum articuladora da *prática* pedagógica como componente curricular.

Essa abordagem também está prevista nas DCN para os cursos de Bacharelado e Licenciatura em Ciências Biológicas, Parecer CNE/CES 1.301, de 06 de novembro de 2001 e Resolução CNE/CES 7, de 11 de março de 2002. Segundo o Parecer, entre as competências e habilidades esperadas estão: entender o processo histórico de produção do conhecimento das ciências biológicas referente a conceitos/princípios/teorias; e estabelecer relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Para atender a isso, orienta que a estrutura dos cursos contemple conteúdos de fundamentos filosóficos e sociais, os quais devem servir à “reflexão e discussão dos aspectos éticos e legais relacionados ao exercício profissional”, bem como “conhecimentos básicos de História, Filosofia e Metodologia da Ciência, Sociologia e Antropologia, para dar suporte à sua atuação profissional na sociedade, com a consciência de seu papel na formação de cidadãos” (Brasil, 2001b, p.6).

Em particular, a modalidade licenciatura deverá contemplar, além dos conteúdos próprios das Ciências Biológicas e do ensino de ciências na educação básica, uma visão geral da educação e dos processos formativos dos educandos, assim como a instrumentação para o ensino de ciências no nível fundamental e para o ensino da biologia, no nível médio. Ao mesmo tempo, a elaboração da monografia deve ser estimulada como trabalho de conclusão de curso, nas duas modalidades.

Desse modo, ao revés dos obstáculos colocados pelo tempo e espaço curricular fragmentado, credita-se às PCC certas oportunidades fundamentais para a formação docente, as quais têm gerado efeitos consonantes com as políticas nacionais curriculares para a formação de professores da educação básica: a abordagem da NdC e das interações CTSA; o aprimoramento em práticas investigativas; a participação dos licenciandos em eventos científicos da área educacional e de ensino das ciências; a perspectiva interdisciplinar sobre o ensino de ciências e biologia; e a reflexão sistemática sobre a *prática* do professor que atua nesta área.

Considerações finais

Ao lado das oportunidades de aprendizados com este currículo, e reconhecendo a necessidade de sua reformulação, apontamos alguns desafios que consideramos cruciais no presente: o fortalecimento e a consolidação de um espaço/tempo específico para o desenvolvimento da *prática como componente curricular* articulado aos demais componentes curriculares

(disciplinas e estágios); e o aprofundamento da inserção da NdC como parte constitutiva da formação do professor de ciências e biologia, dada sua centralidade na compreensão do papel da ciência e tecnologia no mundo e na sociedade em que vivemos.

Diante desses desafios, os termos do Parecer CNE/CP 9/2001 corroboram nosso principal argumento: a dimensão *prática* deve ser permanentemente trabalhada em todas as disciplinas, visto que o preparo do professor ocorre também pela simetria invertida, ou seja, pela experiência que têm como aluno, que é similar àquela em que vai atuar.

No entanto, importante frisar, é preciso que sejam garantidos tempo e espaço curriculares específicos para a PCC, chamado pelo Conselho Pleno do Conselho Nacional de Educação de “coordenação da dimensão prática”, cujos componentes sejam capazes de superar a atual fragmentação e, ao mesmo tempo, promover condições concretas e subjetivas para a construção de visões atualizadas e críticas sobre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente contemporâneos. No contexto em que estamos inseridos, esse processo passa pela consolidação da atual Área de Ensino das Ciências Biológicas e da reformulação das disciplinas de PCC, a fim de que se tornem efetivamente espaços integrados e interdisciplinares de valorização da formação profissional docente.

A escola tem hoje diante de si imensos desafios, como a inclusão social, a diversidade cultural, os direitos à sexualidade, a gestão sustentável do ambiente, a preparação para o mundo do trabalho e as questões étnicas. A educação científica e a formação de professores de ciências e biologia compartilham desta responsabilidade, pela qual somos convocados a refletir e a avançar propostas.

Diante disso consideramos relevante para a universidade a criação de um núcleo de estudo e pesquisa sobre a NdC abrangendo as licenciaturas em Ciências Biológicas, Física e Química, como espaço de reflexão e diálogo interdisciplinar sobre questões fundamentais à *prática* de formadores e futuros professores de ciências.

Referências

- Abimbola, I. (1983). The relevance of “New” philosophy of science for the science curriculum. *School Science and Mathematics*, 83(3).
- Acevedo-Diaz, J. A., Vázquez-Alonso, A., Manassero-Mas, M. A., & Acevedo-Romero, P. A. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: fundamentos de una investigación empírica. *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien.*, 4(1), 42-66.
- Adúriz-Bravo, A. (2001) *Integración de la epistemología em la formación del profesorado de ciencias*. Tesis doctoral, Universitat Autònoma de Barcelona.
- Adúriz-Bravo, A., Izquierdo, M., & Estany, A. (2002) Una propuesta para estructurar la enseñanza de la filosofía de la ciencia para el profesorado de ciencias en formación. Barcelona: *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 465-476.
- Ball, S. J. (1997) *Education reform: a critical and post-structural approach*. Buckingham/Philadelphia: Open University Press.
- Bowe, R., Ball, S. J., & Gold, A. (1992) *Reforming education and changing schools*. London: Routledge.
- Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2002a). Resolução CNE/CP 1, de 18 de fevereiro de 2002. *Institui Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de*

- Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena.* Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/res1_2.pdf> Acesso em: 27 abr. 2007.
- Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2002b). Resolução CNE/CES 7, de 11 de março de 2002. *Estabelece as Diretrizes Curriculares para os cursos de Ciências Biológicas.* Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES07-2002.pdf>> Acesso em: 29 mai. 2011.
- Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2001a). Parecer CNE/CP 009, de 8 de maio de 2001. *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena.* Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES1301.pdf>> Acesso em: 29 mai. 2011.
- Brasil. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. (2001b). Parecer CNE/CEA 1.301, de 6 de novembro de 2001. *Diretrizes Curriculares Nacionais para os Cursos de Ciências Biológicas, Bacharelado e Licenciatura.* Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/009.pdf>> Acesso em: 27 abr. 2007.
- Chalmers, A. F. (2004). *A fabricação da ciência.* São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista.
- Cutrerá, G. E. (2003). La actividad científica y la génesis del conocimiento científico en los textos escolares de ciencias naturales. Un análisis de clasificación. *Revista Iberoamericana de Educación.* On line, Acesso em 10 de dez. De 2010.
- Duschl, R. (1985). Science education and philosophy of science twenty-five years of mutually exclusive development. *School Science and Mathematics*, 85(7), 541-553.
- Echeverría, J. (Ed.). (1998). *Filosofía de la ciencia.* 2 ed. Madrid, España: AKAL.
- Echeverría, J. (Ed.). (1999). *Introducción a la metodología de la ciencia. La filosofía de la ciencia en el siglo XX.* Madrid: Cátedra.
- Estany, A. (1993). *Introducción a la filosofía de la ciencia.* Barcelona, España: CRÍTICA.
- Fernández, I., Daniel, G., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Forato, T. C. M., Martins, R. A., & Pietrocola. M. (2010). *A história e a natureza da ciência no ensino de ciências: obstáculos a superar ou contornar.* In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – SP, Águas de Lindóia: 2010, Atas... Águas de Lindóia, SP. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/xii/sys/resumos/T0240-1.pdf>> Acesso em: 21 mai 2011.
- Izquierdo, M. (2000). Fundamentos epistemológicos. In F. J. Perales, & Cañal, P (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales.* Alcoy, España: Marfil, 35-64
- Hodson, D. (1991) Philosophy of science and science education. In: M. Mathews (Ed.), *History, philosophy and science teaching: selected readings.* Toronto: OISE Press, 19-31.
- Latour, B.: Woolgar, S. (1997). *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos.* Rio de Janeiro: Relume Dumará.
- Kuhn, T. (1992). *La estructura de las revoluciones científicas.* Madrid, España: Fondo de Cultura Económica.
- Manassero, M. A., Vázquez, A., & Acevedo, J. (2001) *Avaluació dels temes de ciència, tecnologia i*

societat. Illes Balears, Palma de Mallorca: Conselleria d'Educació y cultura (Ed.).

Maturana R. H. (2001). *Cognição, ciência e vida cotidiana*. Belo Horizonte: Ed. UFMG.

Mc Comas, W., Clough, M., Almazroa, H. (1998). The role and character of the nature of science. In: W. F. Mc Comas (Ed.). *The nature of science in science education*, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 3-39.

Niaz, M. (2001). Understanding nature of science as progressive transitions in heuristic principles. *Science Education*, n.85, 684-690.

Niaz, M., & Rodríguez, M. A. (2002). Historia y filosofía de las ciencias: necesidad de su incorporación en los textos universitarios de ciências. *Saber*, Universidad de Oriente, Venezuela, 14 (1), 68-77.

Popper, K R. (1985) *Lógica da pesquisa científica*. São Paulo: EDUSP.

Popper, K. R. (1975) *Conhecimento objetivo*. São Paulo: EDUSP.

Reinchenbach, H. (1938). *Experience and prediction*. En: University of Chicago Press.

Reis, J. C., Guerra, A., & BRAGA, M. (2010). *Da necessidade de valorizar a história e a filosofia da ciência na formação de professores*. In: XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – SP, Águas de Lindoia, 2010. Atas... Águas de Lindóia, SP. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xii/sys/resumos/T0118-1.pdf>> Acesso em 30 mai 2011.

Silveira, F. L. (1996). A filosofia da ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. Florianópolis: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 13 (3), 197-218.

Smith, M. U., & Scharmann, L. C. (1999) Defining versus describing the nature of science: A pragmatic analysis for classroom teachers and science educators. *Science Education*, n. 83, 493-509.

Vázquez, A., Manassero, M. A., Acevedo, J., Acevedo, P. (2007). Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: La comunidad tecnocientífica. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 331-363.

Vildósola-Timbaud, X. (2009). *Las actitudes de profesores y estudiantes, y la Influencia de factores de aula en la transmisión de la naturaleza de la ciencia en la enseñanza secundaria*. Tesis doctoral, Universidad de Barcelona.

Ziman, J. (2003). *¿Qué es la ciencia?* Cambridge University Press, Madrid.

Recebido em: 15.06.11

Aceito em: 06.02.12