

Avaliando a inserção da temática Natureza da Ciência na disciplina de História e Filosofia da Ciência para bacharelados em Física na UFRN¹

Assessing the inclusion of the theme Nature of Science in the History and Philosophy of Science syllabus in Physics undergraduate course at UFRN

Juliana M. Hidalgo Ferreira, André Ferrer P. Martins, Jane C. da Silva
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Resumo

Este trabalho tem como objetivo apresentar resultados empíricos de uma investigação a respeito de possíveis mudanças nas visões de Natureza da Ciência de alunos do bacharelado em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em decorrência da implementação de uma proposta para ensinar conteúdos dessa temática na disciplina de História e Filosofia da Ciência, no primeiro semestre letivo do ano de 2010. Apesar de algumas dificuldades, os resultados aos quais se chegou retratam que essa é uma iniciativa válida e que deve ser enfatizada nos cursos de bacharelado para que o “enraizamento” de determinadas visões “equivocadas” seja evitado. Destacamos, sobretudo, que os alunos passaram a dar importância às questões de NdC, e demonstraram consciência do papel que as discussões promovidas na disciplina tiveram no esclarecimento de determinados pontos sobre os quais tinham dificuldade ou se manifestavam de maneira inadequada no início da disciplina.

Palavras-chave: Natureza da Ciência, História da Ciência, Filosofia da Ciência, Bacharelado em Física.

Abstract

This paper aims to present the empirical results of an investigation on possible changes in the visions of Nature of Science held by Physics undergraduate students at the Federal University of Rio Grande do Norte, due to the implementation of a proposal to teach contents related to NdC in the History and Philosophy of Science syllabus, in 2010. Despite these difficulties, in general, the results portray that this is a valuable initiative which must be emphasized in the bachelor's degree course to avoid the "rooting" of certain views on NdC. We emphasize, above all, that students started giving attention to these issues, and demonstrated awareness of the role that the discussions promoted in the syllabus had in clarifying some points on which they were uncertain or points on which they held inadequate visions in the beginning.

Key-words: Nature of Science, History of Science, Philosophy of Science, Physics undergraduate course.

Considerações iniciais

¹ Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio a essa pesquisa.

Este trabalho tem como objetivo apresentar os resultados empíricos de uma investigação a respeito de possíveis mudanças nas visões de Natureza da Ciência de alunos do bacharelado em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, em decorrência da implementação de uma proposta para ensinar conteúdos dessa temática na disciplina de História e Filosofia da Ciência, no primeiro semestre letivo do ano de 2010.²

Iniciamos o presente trabalho com uma breve retomada de considerações presentes na literatura acerca da temática Natureza da Ciência, as quais fundamentaram a iniciativa de levar tais conteúdos à disciplina de História e Filosofia da Ciência, adotando, em particular, uma abordagem explícita e contextualizada dos mesmos. Justificamos, ainda, que essa iniciativa foi também motivada pelos resultados que havíamos obtidos recentemente em investigações diagnósticas sobre as concepções de Natureza da Ciência de alunos de turmas anteriores da graduação em Física na UFRN. Em seguida, discutimos os aspectos metodológicos da presente investigação. Apresentamos aspectos que consideramos relevantes acerca do planejamento da disciplina de História e Filosofia da Ciência ministrada para o bacharelado em Física. Destacamos a realização de um pré-teste, caracterizado pela aplicação de um questionário aberto sobre a Natureza da Ciência no início do semestre letivo, e de uma entrevista semi-estruturada com os alunos, ao final do semestre, na qual foram retomados os aspectos abordados no questionário inicial. Os resultados obtidos nessa pesquisa são, enfim, comentados de maneira a se comparar as visões de NdC dos participantes nesses dois momentos do curso.

A literatura acerca da temática Natureza da Ciência

Geralmente a expressão “Natureza da Ciência” é usada por pesquisadores para se referir a questões tais como: o que a ciência é, como funciona, como os cientistas atuam como grupo social, como a sociedade influencia e reage aos empreendimentos científicos, etc. Sugere-se que os conhecimentos sobre NdC seriam relevantes para a tomada de decisões conscientes pela sociedade. Outros argumentos são citados na literatura a favor da pertinência desse tema para o ensino: manipulação e entendimento da tecnologia; compreensão da ciência como elemento cultural; compreensão das normas da comunidade científica; sucesso no aprendizado de conteúdos da ciência; satisfação dos estudantes ao aprender sobre NdC. Defende-se que sua presença humaniza o ensino de ciências, e que seria fundamental compreender o significado, produção, correlações, possibilidades e limitações do conhecimento (CLOUGH; OLSON, 2008; PRAIA; GIL-PÉREZ; VILCHES, 2007; LEDERMAN, 2007; MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998).

Embora não se pense numa relação de equivalência entre o que o professor sabe e o que ele efetivamente ensina, defende-se, já há algum tempo, a presença de cursos sobre essa temática na formação desses profissionais (MATTHEWS, 1994). Relatos de fins da década de 1990 indicavam que a formação dos docentes era falha nesse sentido. Os professores não sabiam sobre o funcionamento da ciência, consideravam que os cientistas tinham características peculiares e empregavam rigidamente o método científico para alcançar seus objetivos, não tinham consciência da construção social e cultural do pensamento científico, etc. (MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998; HARRES, 1999). Parte das primeiras propostas para ensino de NdC ignorava o fato de que os professores não estavam preparados para a tarefa. Após fracassos, a atenção foi redirecionada (LEDERMAN, 2007, p. 836-846).

² É importante destacar que a professora responsável por ministrar essa disciplina é uma das autoras dessa pesquisa. Essa pesquisa foi realizada também em turmas de HFC da licenciatura em Física no segundo semestre do mesmo ano. Para a licenciatura, a carga horária da disciplina (90h) é mais extensa do que para o bacharelado (60h). Os resultados dessa pesquisa estão em fase de análise e serão apresentados em momento oportuno.

Pode-se dizer, no entanto, que apesar dos esforços para incluir a NdC nos diversos níveis de ensino, poucas mudanças têm ocorrido na prática. A presença explícita dessa temática é bastante limitada quer seja na formação dos licenciandos, quer seja dos bacharelados das áreas científicas, *os quais constituem os futuros professores dos níveis superiores*. O panorama pouco mudou nos últimos anos tanto no exterior como no Brasil e, persistindo esse quadro, o ciclo de ausência da temática NdC no ensino tende a se manter. Resultados de pesquisas não têm se refletido em ações, e em termos de pesquisa, ainda persistem muitas lacunas (CLOUGH; OLSON, 2008, p. 143). Estudiosos têm se dedicado a elaborar propostas para ensinar NdC, e é necessário que essas sejam aplicadas e avaliadas, de modo que novas estratégias possam ser elaboradas (ver MCCOMAS, 2008, p. 250). A partir de resultados já obtidos (LEDERMAN, 2007), tem se indicado que *não basta apenas que princípios de NdC sejam listados* àqueles que devem aprender sobre essa temática. É preciso ir muito além, e tal peculiaridade adviria da complexidade dos conceitos envolvidos. Há certa convergência em torno de que *a abordagem desses conteúdos deve ser preferencialmente contextualizada, explícita e reflexiva* (MCCOMAS, 2008, p. 261).

Em relação à necessidade de uma *abordagem contextualizada*, aponta-se que tratar de aspectos da NdC sem recorrer a exemplos para contextualizá-los seria ineficiente. Sugere-se a *História da Ciência um dos caminhos possíveis* para essa contextualização: “No ensino de NdC em qualquer nível, exemplos da história da ciência são úteis para gerar discussões sobre NdC e compreender sua natureza contextual” (CLOUGH; OLSON, 2008, p. 144).

Como se sabe, a defesa da utilização da História da Ciência no ensino não é recente (ver, por exemplo, MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 2001). No que diz respeito à convergência Natureza da Ciência-História da Ciência, desde a década de 1940 vem se efetivamente utilizando exemplos históricos para discutir como a ciência funciona. A literatura recente da área de NdC tem reforçado essa estratégia. Por isso, estudiosos vêm se empenhando em estudar profundamente a História da Ciência para colaborar com o ensino de NdC. Quanto à tendência atual de abordagens explícitas serem mais recomendadas, tem se notado que bons resultados costumam não ser obtidos quando se espera que o aluno ou o futuro professor, diante de um episódio histórico, por conta própria, consiga abstrair aspectos implícitos relativos à NdC. Indica-se que quando o que ocorre é apenas a apresentação de exemplos históricos dos quais *implicitamente* se pode abstrair aspectos da NdC, as dificuldades de entendimento costumam ser grandes. Recomenda-se, por isso, que a abordagem desses elementos via episódios históricos deve ser preferencialmente explícita (MCCOMAS, 2008, p. 251-261).

A NdC na graduação em Física na UFRN

No segundo semestre de 2009, realizamos uma avaliação diagnóstica a respeito das visões de NdC de graduandos em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (ver FERREIRA, MARTINS *et al.*, 2010). Nossa intenção, ao investigar as concepções sustentadas pelos 16 alunos que participaram da pesquisa, era nortear o planejamento de futuras ações que visassem à introdução dessa temática no ensino superior de Física nessa instituição.

Na ocasião, utilizamos um instrumento contendo 11 questões abertas: 1. Que objetivos ou finalidades tem a ciência, no seu ponto de vista? 2. As leis ou princípios científicos, uma vez estabelecidos, são verdadeiros. Discuta essa afirmação. 3. As investigações científicas começam pela observação do fenômeno a ser estudado. Comente essa afirmação. 4. Os cientistas, em seu trabalho, seguem um método estabelecido. Discuta essa afirmação. 5. Você acha que posições morais, religiosas, políticas etc. influenciam o processo de investigação

científica? 6. Há investigações científicas que dispensam a realização de experimentos? Explique sua resposta. 7. Que diferenças existem entre o conhecimento científico e outras formas de conhecimento? 8. “Observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões, generalização” são as etapas do método científico através do qual a ciência produz o conhecimento. Discuta essa afirmação. 9. Há uma diferença entre lei e teoria? Dê um exemplo para ilustrar a sua resposta. 10. Cientistas realizaram um experimento cujos resultados estavam em desacordo com a Teoria da Relatividade de Einstein. Esses cientistas propuseram descartar a Teoria da Relatividade. Discuta essa atitude. 11. O que não é ciência, para você? Por quê?³

A análise dos dados evidenciou que parte significativa das respostas dos estudantes se distanciava do que é considerado adequado tendo em vista as discussões atuais em epistemologia da ciência. Alguns pontos que caracterizam uma visão distorcida da ciência puderam ser evidenciados: uma visão puramente empirista da ciência, a visão de que a ciência é ou deveria ser neutra, a crença de que o conhecimento pode vir a ser definitivo. Como mencionamos, ainda, naquela ocasião: “Em vários casos, pudemos notar, ainda, a convivência dessas concepções consideradas não-satisfatórias acerca da natureza do conhecimento científico com concepções mais próximas às defendidas pela ‘nova filosofia da ciência’. Possivelmente, tal convivência parece ser possível tendo em vista que os indivíduos não têm, em geral, possibilidade de refletir sobre essas questões, e costumam não se dar conta de possíveis incoerências em suas visões” (FERREIRA, MARTINS *et al.*, 2010, p. 12).⁴

Tomamos como base esses resultados e o contexto sobre ensino-aprendizagem a respeito de NdC amplamente discutido na literatura da área, propusemos um planejamento para a disciplina de História e Filosofia da Ciência *centrado na abordagem explícita e contextualizada da temática NdC*. Essa decisão vinha ao encontro, portanto, da necessidade de abordar os conteúdos de NdC na graduação em Física, tendo em vista preencher uma lacuna na formação dos futuros bacharéis. A partir do primeiro semestre de 2010, implementamos essa proposta, a qual parte do pressuposto de que as discussões sobre Natureza da Ciência são fundamentais quer seja para a formação do futuro professor de física quanto para o próprio físico bacharel, o qual muito provavelmente atuará no ensino superior.

A presente pesquisa, portanto, tem como objetivo avaliar os possíveis efeitos da abordagem explícita e contextualizada de aspectos de Natureza da Ciência direcionada a graduandos em Física na UFRN, no segundo semestre de 2010.

Metodologia

Pré-teste: questionário aberto

A disciplina de História e Filosofia da Ciência é obrigatória no último período do curso de bacharelado de Física e apresenta carga horária de 60 horas. No primeiro semestre de 2010 foi aberta uma turma diurna de HFC para o bacharelado, na qual se matricularam três

³ Essas questões foram organizadas a partir de tópicos específicos de NdC presentes na literatura da área (MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998, p. 513): o conhecimento científico tem caráter provisório; não há uma única forma de fazer ciência; ciência é uma tentativa de explicar fenômenos naturais; leis e teorias exercem diferentes papéis na ciência, por isso, os estudantes devem perceber que teorias não se tornam leis mesmo com evidências adicionais; observações são dependentes da teoria, não existe observação neutra; as ideias científicas são afetadas pelo contexto social e histórico.

⁴ Nossa proposta não tem como objetivo garantir que os graduandos substituam suas “concepções erradas” por outras “certas”. Consideramos, no entanto, que possibilitar um espaço de discussão sobre conteúdos de NdC e o conhecimento das visões atuais seja importante na formação desses profissionais.

alunos desse curso. O baixo número de alunos matriculados se deve à acentuada evasão notada no curso de Física.

Realizamos com essa turma uma avaliação diagnóstica inicial. Logo no primeiro dia letivo, *antes do primeiro contato* com os conteúdos da disciplina, realizamos uma avaliação diagnóstica das concepções desses graduandos a respeito da temática Natureza da Ciência. Utilizamos o mesmo *instrumento de pesquisa, contendo questões abertas sobre NdC*, que já havia sido aplicado anteriormente aos graduandos em Física no ano anterior (ver seção anterior). Os alunos foram previamente informados de que o questionário não serviria como avaliação nessa disciplina. A participação na pesquisa era voluntária, mas todos concordaram em participar.

De modo geral, os alunos se mostraram surpresos diante do primeiro contato com aquelas questões. O instrumento de pesquisa os sensibilizou para as questões que seriam abordadas ao longo do semestre. Os alunos queriam respostas imediatas para perguntas às quais não sabiam responder. Seus comentários, após a aplicação do questionário, revelavam indignação diante da constatação de que estavam concluindo o curso de Física, conheciam várias leis e teorias importantes, mas não sabiam responder à questão que perguntava sobre a diferença entre lei e teoria. Essa questão, juntamente com a que se referia à demarcação entre ciência e não ciência parecia ser a que mais gerou dúvidas imediatas. Já a certeza de que os cientistas “aplicavam o método científico” e “comprovavam experimentalmente as leis” deu lugar, já com os primeiros comentários da professora após a aplicação do teste, a novas inquietações no grupo.

A disciplina de HFC

Na aula seguinte à aplicação do questionário, as aulas regulares da disciplina foram iniciadas. O semestre foi organizado numa sequência iniciada com um bloco de conteúdos de Filosofia da Ciência, seguida por um bloco de conteúdos de História da Ciência e um específico sobre Natureza da Ciência. Vale destacar, no entanto, que essa temática perpassava os dois blocos anteriores.

As aulas de conteúdo filosófico apresentavam ideias de filósofos como Karl Popper, Thomas Kuhn, Imre Lakatos, Paul Feyerabend e Gaston Bachelard. Essas aulas problematizavam a concepção de método científico e a indução. E, fundamentalmente, à luz das abordagens propostas por esses filósofos, discutiam de modo explícito questões como a

Atividade 1 da Aula 9 - Para discussão

1) Alan Chalmers, no livro "O que é ciência afinal?", registra o que considera uma visão de ciência amplamente difundida: "Conhecimento científico é conhecimento provado. As teorias científicas são derivadas de maneira rigorosa da obtenção dos dados da experiência adquiridos por observação e experimento. A ciência é baseada no que podemos ver, ouvir, tocar etc. Opiniões ou preferências pessoais e suposições especulativas não têm lugar na ciência. A ciência é objetiva. O conhecimento científico é conhecimento confiável porque é conhecimento provado objetivamente" (CHALMERS, 1993, p. 22).

a) Você concorda com essa visão de ciência? Explícite pontos de concordância e de discordância.

b) Que relações podemos estabelecer entre a visão apresentada por Chalmers, nesse trecho, e a ideia de método científico trabalhada nesta aula?

**ATIVIDADE 3
RETOMANDO QUESTÕES DA FC**

- Que método(s) a ciência utiliza em seu desenvolvimento?
- Em que circunstâncias podemos afirmar que uma teoria científica foi "provada"?
- O conhecimento científico pode ser considerado "verdadeiro"?
- As teorias científicas "evoluem"? É possível falar em "progresso da ciência"?
- Que papel devemos atribuir aos experimentos na construção do conhecimento científico? E à razão?
- Há "experiências cruciais"?
- A ciência reflete o real de forma objetiva?
- Qual o papel da comunidade científica e do contexto histórico na construção desse conhecimento?
- É possível estabelecer critérios claros para dizer o que é - e o que não é - ciência?

Nos episódios históricos relacionados ao tema "vácuo"

Atomistas e Aristóteles divergiam quanto à existência do vácuo. Se colocavam numa balança dois volumes iguais de ferro e algodão, a quantidade de ferro era mais pesada do que a quantidade de algodão. Atomistas explicariam esse fenômeno pela existência de vácuos internos nos corpos. Aristóteles explicaria o mesmo fenômeno pela diferença de composição dos corpos (elementos e seus movimentos naturais)

Um único fenômeno e duas explicações bastante distintas, formuladas em vista da compreensão que se tinha sobre a matéria

Alguns pontos importantes

- As evidências fornecidas pela natureza não são simples
- A partir dos experimentos e observações não se extrai indutivamente uma teoria/concepção
- Os resultados são interpretados pelos cientistas, que não realizam observações e experimentos sem uma opinião ou conhecimento prévio sobre o assunto investigado
- Podem chegar a diferentes interpretações
- Certa convergência dessas interpretações depende, mas não é garantida, pelo treinamento compartilhado

(exemplos: atomistas X aristotélicos)

- O desacordo sempre é possível

Figura 1 – Slides usados nas discussões na disciplina de HFC

demarcação entre ciência e não ciência, o papel do experimento na ciência, a influência na ciência de fatores extra-científicos, os objetivos da ciência, etc. (ver atividades/ Figura 1).

As aulas de conteúdo histórico versavam sobre o que é a História da Ciência como área de pesquisa, suas relações com o ensino e tópicos da História da Mecânica e da História das ideias de Vácuo e Pressão. Nessas aulas específicas de conteúdo histórico procurou-se explicitamente chamar a atenção para aspectos de NdC como a mutabilidade do conhecimento, o fato de que as observações são carregadas de teoria, a constante possibilidade de desacordo entre os cientistas, a questão da ciência como atividade de cooperação, dentre outros.

Finalizando o curso, uma sequência de aulas específicas sobre Natureza da Ciência comentava sobre a inserção dessa temática no ensino.⁵ Essas aulas retomavam o instrumento de pesquisa respondido pelos alunos no primeiro encontro da disciplina, discutindo aspectos da Natureza da Ciência explicitamente através dos episódios históricos estudados no curso (ver, por exemplo, a Figura 1).

⁵ Consideramos que os bacharelados como futuros professores do nível superior precisam estar sensibilizados para essas questões.

Pós-teste: entrevistas

Ao final da disciplina, realizamos entrevistas individuais semi-estruturadas com os três alunos matriculados nessa turma, que foram convidados e aceitaram participar dessa etapa da pesquisa. As entrevistas retomaram os pontos abordados no instrumento de pesquisa aplicado no início da disciplina. É importante destacar que não solicitamos aos alunos que se identificassem nominalmente ao responderem ao pré-teste escrito, e estes, de fato, não o fizeram. No entanto, devido ao número restrito de alunos matriculados na disciplina foi quase que imediato identificar a quem pertencia determinado grupo de respostas ao pré-teste. Essa identificação, não intencional, em princípio, acabou se mostrou profícua para a pesquisa. Os pesquisadores realizaram as entrevistas com os questionários em mãos. À medida que as entrevistas transcorriam, quando conveniente, os entrevistadores pediram que os alunos retomassem suas respostas escritas a fim de confrontarem suas primeiras visões sobre os conteúdos de NdC às suas concepções sobre aqueles tópicos ao final da disciplina.

Resultados

Pré-teste: questionário aberto

As respostas ao questionário foram analisadas tanto isoladamente, quanto por bloco, de acordo com as suas temáticas. Três delas foram tratadas isoladamente por se referirem a assuntos específicos (questões 1, 5 e 9). Assuntos relevantes, como o papel do experimento na ciência, perpassavam diversas questões. É importante destacar que, embora os blocos de análise estivessem estabelecidos *a priori*, em função dos referenciais norteadores (consensuais) acerca da NdC, as categorias de análise foram construídas a partir das ideias centrais das respostas dos estudantes (BARDIN, 2004). Os questionários foram numerados para fins de identificação (aluno 1, 2 e 3).

Os resultados apresentados nessa tabela mostram determinadas concepções atualmente consideradas adequadas sobre a NdC, como a aceitação do caráter provisório do conhecimento científico. Os três alunos responderam de acordo com essa perspectiva às questões 2 e 10. Por outro lado, mostram também a presença entre os alunos de concepções consideradas inadequadas a respeito dessa temática, como a visão de que a ciência tem caráter benevolente e utilitário e se diferencia de outras formas de conhecimento devido ao fato de que os cientistas aplicam “o método científico”. As respostas revelam também a dificuldade de alunos (formandos!) para diferenciar leis e teorias científicas, por exemplo.

BLOCO	Questão	CATEGORIA	Alunos	Total de alunos	% de alunos por categoria
Finalidades da ciência	Q1	Compreender fenômenos/ natureza	1 2 3	3	100
		Caráter benevolente, utilitário (tecnologia)	2 3	2	66,7
Caráter provisório do conhecimento	Q2	Leis estabelecidas não são verdadeiras	1 2 3	3	100
	Q10	Pode-se descartar (cautela, se há nova teoria)	3 1 2	3	100
Diferenças entre lei e teoria	Q9	Hierarquia – Lei superior (mais geral, verdade absoluta)	1	1	33,3
		Hierarquia – Teoria superior (mais elaborada)	2	1	33,3
		Não respondeu	3	1	33,3
Metodologia científica	Q3	Nem sempre começam pela observação	3	1	33,3

		Começam pela observação	1 2	2	66,7
	Q4	Seguem método estabelecido	2 3	2	66,7
		Não necessariamente seguem	1	1	33,3
	Q6	Não dispensam experimentos	1 2 3	3	100
	Q 8	Concorda com a sequência do método	1 2 3	3	100
Ciência X outras formas de conhecimento	Q7	Usa método científico	2 3	2	66,7
		Afirmações baseada na lógica	2	1	33,3
		Experimentação/precisão	1	1	33,3
	Q11	Usa método científico	3	1	33,3
		Usa argumentos lógicos	2	1	33,3
		Explica/descreve a realidade	3 1	2	66,7
		Experimentação	1	1	33,3
Fatores extra-científicos	Q 5	Sim, no passado	3	1	33,3
		Sim, mas não deveriam	2	1	33,3
		Influenciam	1	1	33,3

Como mencionamos, na presente pesquisa, em função do número restrito de alunos, a identificação do autor de determinado grupo de respostas ao pré-teste foi quase imediata. Pré e pós-testes puderam ser comparados, possibilitando não apenas uma *análise da turma* em si, mas também uma *análise individual* do que ocorreu com as visões de NdC. Sendo assim, deixamos comentários mais detalhados a respeito da tabela para o próximo tópicos dessa seção de resultados, que já compara as visões de NdC dos alunos no início e final do semestre.

Pós-teste – entrevistas

As entrevistas semi-estruturadas, realizadas na conclusão da disciplina de HFC, procuraram retomar os aspectos de Natureza da Ciência abordados no instrumento de pesquisa aplicado inicialmente. A seguir, realizamos comentários sobre alguns elementos contemplados pelas entrevistas.

Finalidades da ciência

No questionário aplicado no início da disciplina, os três alunos do bacharelado em Física haviam manifestado a concepção de que a finalidade da ciência era compreender os fenômenos naturais, e, dois desses alunos (2 e 3), haviam também apresentado respostas que denotavam uma visão benevolente ou utilitária da ciência.

Na entrevista, quando questionados acerca desse tema, os alunos 2 e 3 afirmaram prontamente que o objetivo da ciência era investigar e entender os fenômenos naturais. O aluno 3 espontaneamente retomou a sua resposta ao questionário inicial e afirmou que havia mudado de opinião em relação a considerar que a ciência era benevolente e tinha caráter utilitário. Atribuiu essa mudança, considerada por ele como positiva, a “*como a professora falou*”. O aluno 2 nada mencionou acerca de sua visão inicial de que a ciência era utilitária. Já o aluno 1, matriculado nessa turma, demonstrou dificuldade para responder a essa questão. No questionário inicial, o aluno não deixou transparecer uma visão de ciência benevolente ou utilitária. Nota-se, no entanto, que esse aluno aparentemente não compreendeu o sentido de questionamento desse suposto caráter ao longo curso, e passou a dizer que “*hoje pensa que a ciência não tem uma finalidade*”. Essa afirmação do estudante 1 causou perplexidade aos entrevistadores que procuraram, então, na ocasião da entrevista, entender melhor o que ele

queria dizer com tal afirmação. Questionado, então, a respeito de se “*a ciência faz uma busca cega*”, o aluno respondeu que “*seria uma busca sem nenhum objetivo, só aprender coisas novas*”, e completou dizendo que “*a ciência só serve para a gente construir conhecimento científico, as pessoas que fazem os benefícios são engenheiros e outras*”. Diante do questionamento das visões de caráter benevolente/utilitário, no curso, esse aluno, então, passou a expressar uma visão (também pouco adequada) de que o cientista é alheio a preocupações com as questões que o cercam na sociedade: “*O interesse dele é só estudar não está preocupado com nada não*”. A confirmação de que parece ser realmente isso que o aluno 1 queria dizer veio em seguida, quando um dos pesquisadores perguntou a respeito da influência de fatores extra-científicos na ciência. Pôde-se perceber que o aluno os via apenas como uma questão de afinidade pessoal do pesquisador para estudar determinado assunto.

Metodologia Científica

Em resposta ao questionário escrito, os três alunos haviam, no início da disciplina, concordado com a sequência do método científico na Questão 8. Os alunos 2 e 3 haviam, de modo coerente com essa resposta afirmado, na Questão 4, que os cientistas seguem um método estabelecido, enquanto que o aluno 1 não. O aluno 3, no entanto, foi incoerente com a sua própria resposta sobre a sequência ao método (que começa com a observação) ao afirmar, na Questão 3, que as investigações nem sempre começam pela observação. Pôde-se perceber, assim, a convivência de algumas concepções adequadas e outras pouco adequadas a respeito da metodologia científica. Para os alunos 2 e 3, inclusive, a aplicação do método científico diferenciava a ciência de outras formas de conhecimento (Questões 7 e 11).

As visões desses alunos parecem ter sido influenciadas pelas discussões realizadas na disciplina de HFC. Na entrevista, diante do questionamento “*Existe uma maneira da ciência fazer isso [investigar e descrever os fenômenos]?*”, o aluno 2 afirmou que não há um padrão único, mas sim elementos relevantes na metodologia científica, que não seguem uma ordem rígida. Esse aluno (2) ressaltou a mudança em sua visão acerca desse tema. Isso ocorreu não espontaneamente, mas sim quando citamos o que ele registrou no início da disciplina. Em resposta ao questionário escrito, ele havia concordado com as etapas do método científico, o qual, naquela ocasião, dizia que o “*trabalho científico segue*”, chegando, então, até mesmo a explicar cada uma dessas etapas. Sobre a observação, por exemplo, ele havia escrito: “[...] *é preciso ser fiel aos fenômenos [...] antes de qualquer coisa é preciso observar*”. Na entrevista, o aluno se referiu à sua visão anterior como o “*que se tem no imaginário popular*”. Quanto ao papel do experimento, ressaltado por ele (aluno 2) no questionário escrito (“*como no método científico a experimentação é uma etapa fundamental*”), na entrevista, o mesmo considerou que a experimentação é de grande importância na ciência, mas reconheceu que nem todo trabalho científico teria a experiência como uma de suas etapas. A experiência teria o papel de reforçar uma teoria, mas não de validá-la, porque, segundo o aluno, validar seria dizer que uma teoria é uma “*verdade absoluta*”. No mesmo sentido, para o aluno 1, a experiência não serviria para “*comprovar, mas [para] se ver se aquele modelo é uma boa aproximação para o que a gente consegue enxergar*”.

O aluno 3, questionado a respeito de como via a questão do método científico, apresentou uma resposta semelhante à do aluno 2. Afirmou que o trabalho científico requer uma estrutura bem organizada, que as etapas citadas são relevantes, mas que “*este método padronizado não é adequado*”, não é utilizado na prática, e que seria inadequado pensar que “*quem está observando não tem conhecimento prévio*”. Já o aluno 1, na entrevista, reafirmou o que já havia mencionado em resposta ao questionário escrito: o conhecimento científico não se faz através de um método padrão.

Neutralidade da Ciência

Quanto à questão da influência de fatores extra-científicos na ciência, podemos dizer que os resultados obtidos através das discussões na disciplina de HFC ainda estão distantes dos esperados. As opiniões no pré-teste se dividiram. Um dos alunos afirmou que essa influência existe (aluno 1), outro (2) disse que ela existe, mas é possível evitá-la, e outro afirmou que ela existia no passado (3).

Na entrevista, quando perguntado acerca de “como a ciência trabalha”, o aluno 3 demonstrou uma visão que se acerca de um ideal de “neutralidade da ciência”: seria melhor encarar os fenômenos sem ideias pré-concebidas para não influenciar o resultado do experimento. Segundo esse aluno, no entanto, na prática esse ideal não se manifesta porque o cientista tem intuição, existem influências culturais, políticas, religiosas. Citando “*o que aprendeu*”, o aluno afirmou explicitamente que as observações são carregadas de teorias. Nota-se, portanto, que esse aluno se lembrava em parte do que foi discutido nas aulas de HFC, mas manifestou a visão equivocada de que existe um ideal de neutralidade a ser atingido. Esse aluno se esquivou a responder acerca de “*quem estabeleceu esse ideal de neutralidade?*”, quando questionado por um dos entrevistadores. No entanto, manifestou explicitamente que a *neutralidade levava a resultados corretos*, citando um exemplo histórico em sua argumentação. Para ele, ao partir de uma “carga teórica equivocada” (“movimento como transformação”), Aristóteles chegou a uma interpretação equivocada para o movimento de um objeto lançado. Se tivesse analisado o fenômeno de forma neutra, *sem essa carga teórica*, teria chegado à conclusão correta. Percebe-se, portanto, que para explicar o movimento do objeto lançado através do conceito de inércia, o aluno 3 concebe que é preciso “apenas observar” *sem uma carga teórica*.

Esse tipo de visão de que há uma *prescrição de neutralidade que infelizmente não é seguida* foi manifestada por esse entrevistado (aluno 3) em diversos momentos ao longo de sua entrevista. Por outro lado, quando questionado explicitamente em determinados momentos a respeito de *se a ciência deveria ser realmente neutra*, o aluno se mostrou confuso: primeiro disse que não, em seguida disse que não sabia, depois disse novamente que não, e terminou dizendo que esses fatores não devem ser deixados de lado, não são deixados de lado e são inevitáveis. E, ainda afirmou que ser “completamente neutro” não garante uma “observação melhor ou pior”.

Pode-se dizer, assim, que, na entrevista, o aluno 3 demonstrou ter passado a aceitar que esses fatores influenciam a ciência em qualquer época. *Espontaneamente* deixou claro que essa situação era vista por ele de modo negativo. Mas, ainda na entrevista, *quando questionado* a respeito desse ponto, voltou atrás e afirmou que a influência era normal e razoável.

O aluno 2 foi questionado em sua entrevista a respeito de ter apontado no pré-teste que a ciência é influenciada por fatores externos, mas que “*idealmente tais fatores não deveriam influenciar em tal processo*”. É interessante notar que, apesar de ter dito em sua entrevista que as teorias são interpretações humanas, o aluno, quando questionado, reforçou a sua afirmação do início da disciplina e afirmou que “*se a ciência devesse buscar uma explicação mais adequada da natureza esses fatores não deveriam influenciar*”. Já o aluno 1, na entrevista, continuou afirmando que essa influência existe, tal como já havia expressado no questionário escrito. E, esclareceu que ao se referir a essa influência “da sociedade”, a entendia como uma questão exclusivamente de afinidade do pesquisador para determinada pesquisa.

Diferença entre lei e teoria

No pré-teste nenhum dos alunos havia conseguido satisfatoriamente estabelecer essa distinção. Um deles não respondeu a essa questão (3), outro considerou que as leis eram

superiores às teorias (1) e outro considerou justamente o contrário (2). Na entrevista, notou-se que essa questão continuou representando certa dificuldade para os alunos. O aluno 2 afirmou que não se lembrava do que havia respondido no início da disciplina. “*Não fazia a mínima ideia da diferença entre lei e teoria*” e havia respondido sem convicção. Atribuiu explicitamente às aulas de HFC a sua compreensão de que não há hierarquia entre leis e teorias, e de que leis são tentativas de representar regularidades da natureza e teorias são tentativas de explicar fenômenos.

Segundo o aluno 3, o que “*a gente viu*” foi que lei é uma “*tentativa de explicar regularidades*” e teoria é uma “*tentativa de explicar fenômenos naturais*”. Quando questionado a respeito de como pensava antes da disciplina, esse aluno afirmou pensava que sabia qual era a diferença, mas depois viu que não sabia. Afirmou ter mudado de ideia quanto a pensar que uma lei física era imutável (“*inquestionável porque foi provada*”), deixando claro que essa era a sua visão inicial, a qual agora relacionava ao “*senso comum*”. Já o aluno 1 em princípio se mostrou bastante confuso na entrevista diante desse questionamento. Respondeu que “*lei tá construída em cima de uma formulação matemática e a teoria não. A teoria é um estudo sobre um determinado assunto, então é algo mais abrangente. [...] Não sei se é realmente*”. E, quando questionado a respeito do que a formulação matemática representava, afirmou que “*ela representa [...] uma regularidade*”. Apesar dessa resposta satisfatória quanto ao conceito de lei, o aluno não conseguiu explicar o que significava uma teoria. Em sua fala, notam-se fragmentos do que havia sido discutido na disciplina de HFC em meio a uma incompreensão acentuada acerca da diferenciação entre lei e teoria.

Provisoriedade do conhecimento

Quando se analisam os resultados da aplicação do questionário no início da disciplina a essa turma, nota-se um posicionamento unânime em favor da provisoriedade do conhecimento. Na fala dos alunos na entrevista, por sua vez, pode-se perceber novamente a afirmação explícita de que o conhecimento é provisório. O aluno 2, inclusive, procurou justificar a sua afirmação recorrendo a argumentos: novas evidências experimentais podem surgir, as teorias são formuladas por seres humanos e dependem de interpretações e convicções pessoais. Para esse aluno, as teorias são “*adequadas aos propósitos que a ciência tem atualmente*”.

Em princípio, no entanto, fica implícito nas entrevistas dos alunos o entendimento de que apesar de não chegar a uma verdade absoluta, a ciência se aproxima cada vez mais da verdade. Para o aluno 2: “[*citando o exemplo da estrutura da matéria*] *Hoje em dia a gente tem evidências um pouco mais aprofundadas do que se obtinha anteriormente devido ao caráter experimental*”. Já para o aluno 3: “*essas aproximações vão se tornando cada vez melhores a partir de novos dados, novas observações*”. O aluno 1 também reforçou essa ideia ao dizer que: “*em termos de conhecimento o que a gente tem de aproximação sobre a natureza eu acho que é melhor do que o que se tinha antes, das aproximações que eles tinham sobre a natureza, dos modelos que eram feitos [...] porque eles [os modelos novos] batem com mais experiências*”. Na entrevista com o aluno 3 procuramos aprofundar um pouco mais essa questão. O aluno usou a mudança de visão geocêntrica para a heliocêntrica como o exemplo histórico da “*troca de uma teoria por outra melhor, a que tem muitas hipóteses ad hoc é deixada de lado*”. Mas, quando questionado pelo professor sobre “*se se aproxima mais da verdade*”, o aluno respondeu negativamente, parecendo retroceder daquilo que inicialmente havia deixado implícito em sua declaração, passando a afirmar que o que ocorre é que a ciência atualmente explica *mais coisas* do que no passado.

Demarcação entre ciência e não-ciência

Quanto à complexa questão da demarcação, nota-se que, no questionário aberto, os alunos utilizaram critérios como utilização do método científico, experimentação, etc. Os alunos não demonstraram, naquela ocasião, dúvidas em suas respostas. Já na entrevista, demonstraram explicitamente que a certeza “equivocada” deu lugar à insegurança quanto a uma resposta definitiva para essa questão. O aluno 3 expôs que: “*Em princípio, de longe, parece ser visível a diferença, mas é complicado estabelecer fronteira.*” Questionado a respeito do que se veria “de longe”, o aluno afirmou que “a ciência pretende ter rigor “maior rigor na explicação dos fenômenos”, mas a fronteira seria difícil de definir. O aluno 2 também expôs que não há uma maneira rígida de fazer a diferenciação, e que existem conhecimentos que estão na fronteira, como a psicologia. O aluno citou que existem critérios relevantes, os quais, em sua visão, parecem dizer respeito tanto a requisitos importantes na prática científica, citando a experimentação, como a requisitos relacionados à relação entre a ciência e a sociedade, citando a aceitação do conhecimento produzido pela ciência por grande número de pessoas.

Considerações finais

Quando questionados sobre a contribuição da disciplina de HFC para a visão de ciência que eles têm hoje, o aluno 3 afirmou que a disciplina contribuiu para: desfazer a sua “visão ingênua de ciência benevolente”, ressaltar a questão da “cooperação na ciência” e desfazer a impressão de “que as coisas vem do nada”. O aluno 2 afirmou que a disciplina o ajudou a entender o que é teoria e o que é lei (ele afirmou que anteriormente à disciplina não sabia a diferença), deixar de lado a ideia de que a ciência segue o método científico, ressaltar a visão de subjetividade da ciência e “quebrar” a ideia de que gênios constroem o conhecimento científico.

Como parecem mostrar os resultados empíricos, as discussões promovidas em aula contribuíram para certas mudanças positivas nas visões de NdC desses alunos.⁶ Houve mudanças no que diz respeito à compreensão de que os cientistas não seguem “o método científico” universal, passo a passo em seu trabalho cotidiano, e de que este não pode ser usado como critério de demarcação entre ciência e não-ciência. Houve também mudanças significativas no que diz respeito à diferenciação entre leis e teorias e na compreensão dos objetivos da ciência. Por outro lado, notou-se que a questão da provisoriidade do conhecimento (já aceita pelos alunos no início) permanece ainda atrelada à visão de que a ciência se aproxima cada vez mais da verdade. Existe o entendimento de que a ciência é influenciada por fatores extra-científicos, mas permanece, de certo modo, a visão de um ideal de neutralidade a ser atingido. Apesar dessas dificuldades, de modo geral, os resultados retratam que essa é uma iniciativa válida e que deve ser enfatizada nos cursos de bacharelado para que o “enraizamento” de determinadas visões seja evitado. Destacamos, sobretudo, que os alunos passaram a dar importância a essas questões, e demonstram consciência do papel que as discussões tiveram no esclarecimento de pontos sobre os quais tinham dificuldades ou sobre os quais demonstravam uma certeza inicial “inadequada”, que precisou ser abalada.

Referências

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2004.

CLOUGH, M. P.; OLSON, J. K. Teaching and assessing the nature of science; an introduction. **Science & Education**, n. 17, p. 143-145. 2008.

⁶ Resultados semelhantes em pesquisas com futuros de professores de física são relatados por MASSONI & MOREIRA, 2007 e EL-HANI *et al.*, 2009.

- EL-HANI, C. N.; FREIRE JUNIOR, O.; TEIXEIRA, E. S. A influência de uma abordagem contextual sobre as concepções acerca da natureza da ciência de estudantes de física. **Ciência & Educação**. v. 15, n. 3, p. 529-556. 2009.
- FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, A. F. P.; DANTAS, T. R. R.; SANTOS, J. L. dos; MOREIRA, E. P. **Formandos em Física e a Natureza da Ciência**. XII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. p. 1-12. Águas de Lindóia, 2010.
- HARRES, J. B. S. Uma revisão de pesquisas nas concepções de professores sobre a natureza da ciência e suas implicações para o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 4, n. 3, p. 197-211. 1999.
- LEDERMAN, N. G. Nature of science: past, present and future. In Abell, S.K.; Lederman, N. G. (Eds.). **Handbook of research on science education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 831-879, 2006.
- LEDERMAN, N. G. Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research. **Journal of research in Science Teaching**. v. 4, n. 29, p. 331-359. 1992.
- MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. O cotidiano da sala de aula de uma disciplina de Histórica e Epistemologia da Física para futuros professores de física. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 12, n. 1. 2007.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física**. v. 12, n. 3, p. 164-214. 1995.
- MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the Nature of Science. **Science & Education**. v. 17, p. 249-263. 2008.
- MCCOMAS, W. F., ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. The Nature of Science in Science Education: An introduction. **Science & Education**. v. 7, p. 511-532. 1998.
- PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. (org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001. p. 151-170.
- PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D. VILCHES, A. O papel da Natureza da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n.2, p. 141-156. 2007.