

## O COTIDIANO DA SALA DE AULA DE UMA DISCIPLINA DE HISTÓRIA E EPISTEMOLOGIA DA FÍSICA PARA FUTUROS PROFESSORES DE FÍSICA

**Neusa Teresinha Massoni**

**Marco Antonio Moreira** [moreira@if.ufrgs.br]

Instituto de Física – UFRGS  
Caixa Postal 15051 – Campus  
91501-970 Porto Alegre, RS

### Resumo

Neste trabalho procuramos descrever o processo de construção de uma compreensão descritiva contextualizada da cultura de sala de aula de uma disciplina de História e Epistemologia da Física do currículo de formação de professores de Física de uma universidade pública federal. Para isso, a observação participativa do cotidiano da sala de aula estendeu-se por um período de um ano. A narrativa desse processo é extensa, cheia de detalhes que sugerem certas mudanças em certas concepções de ciência dos alunos e, ao mesmo tempo, o enraizamento de outras.

**Palavras-chave:** história e epistemologia da Física; formação de professores de Física; concepções de ciência; etnografia de sala de aula.

### Abstract

This paper attempts to describe the construction process of a contextualized descriptive comprehension of the classroom culture of a subject on History and Epistemology of Physics pertaining to the curriculum of a teacher preparation course in a federal public university. In order to do that, participative observation of daily classroom activities was carried out during a one year period of time. The narrative of this process is extensive full of details that suggest some changes in students' conceptions of science and, at the same time, how deeply rooted are some other ones.

**Keywords:** history and epistemology of physics; physics teacher preparation; conceptions of science; classroom ethnography.

### Introdução

Este trabalho resulta de um estudo qualitativo tipo etnográfico realizado em sala de aula, durante um semestre letivo, na disciplina História e Epistemologia da Física, do currículo de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Trata-se de uma disciplina obrigatória de 4 créditos, carga horária total de 64 horas, com duas aulas semanais de duas horas cada uma. A observação participativa, entretanto, estendeu-se por mais um semestre em outra disciplina, com o mesmo grupo de estudantes, completando assim um ano letivo.

A disciplina em estudo tem por objetivo proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificação do conhecimento científico através do estudo da História e da Epistemologia da Física e buscar as implicações destas idéias para o ensino da Física. A abordagem da disciplina incluiu apresentação e discussão de forma explícita de visões epistemológicas contemporâneas, trabalhos de grupo e individuais, debates, discussões e seminários da epistemologia do século XX e de doze períodos históricos de maior avanço da Física.

A pesquisa, por sua vez, procurou – através de observação participante, enculturação e imersão no cenário natural dos eventos, durante um intervalo de tempo relativamente longo – chegar a uma compreensão descritiva contextualizada do cotidiano da sala de aula dessa disciplina, a qual queremos compartilhar com outros pesquisadores da área de ensino de ciências através da narrativa, necessariamente extensa, que segue.

Esta narrativa é feita pela primeira autora que acompanhou, na qualidade de observadora participante, inteiramente o desenvolvimento da disciplina. O segundo autor, professor da disciplina, foi responsável pela condução da mesma e, por isso mesmo, atuou menos como observador participante e mais como interlocutor da primeira autora. Contudo, as reflexões feitas ao longo da narrativa refletem o consenso dos dois autores.

Esclarecemos que a narrativa é parte de um estudo mais abrangente que se constituiu em dissertação de mestrado da primeira autora e que também incluiu análise interpretativa do conteúdo de monografias produzidas pelos estudantes, análise de entrevistas individuais realizadas no final da disciplina e uma análise quantitativa complementar. Por isso, o trabalho centra-se muito mais na interpretação da pesquisadora dos significados das ações e eventos da perspectiva dos estudantes em sala de aula e menos nos aspectos relacionados ao professor (como por exemplo: expectativas, intuições, preocupações, surpresas, etc.).

## **Narrativa**

É possível afirmar, primeiramente, que a observação participativa proporcionou-nos vários meses de rico aprendizado, mesclados por conflitos e tensões como em todas as relações humanas, mas recompensados pelas alegrias das pequenas descobertas, pelas amizades e pelas incontáveis experiências adquiridas. Um tipo de aprendizado que só é permitido através da convivência.

Como já mencionado na introdução desta narrativa, os alunos são de nível universitário, em fase final do Curso de Licenciatura em Física. Portanto, já estudaram todas as disciplinas de Física básica, bem como introdução à Mecânica Quântica e Relativística. Além disso, tiveram oportunidade de conviver, durante vários anos, na vida acadêmica do Instituto de Física, quer tendo acesso aos laboratórios, quer através de bolsas de Iniciação Científica ou simplesmente assistindo aulas, palestras e seminários, nas mais diversas áreas de pesquisa em Física. Portanto, supomos que as idéias que eles expressaram durante a observação participativa, nos trabalhos escritos e nas entrevistas refletem a maneira como eles vêem a natureza da ciência e o processo de construção do conhecimento científico.

Então, partindo desse pressuposto, iniciamos o processo de análise dos dados propondo-nos, como desafios, identificar quais as concepções epistemológicas, quais as visões sobre a natureza da ciência o grupo de estudantes apresentava ao atingir aquela etapa do curso de Física, e tentar compreender as mudanças que a disciplina História e Epistemologia da Física conseguiu gerar, através da compreensão dos significados das ações e eventos de sala de aula da perspectiva dos estudantes.

Procuramos fazer isso dividindo a análise em quatro etapas:

1 – análise qualitativa dos dados de campo (anotações de campo) obtidos na observação participativa e dos trabalhos elaborados pelos estudantes em sala de aula (apresentações orais e trabalhos escritos);

2 – análise qualitativa das monografias elaboradas pelos estudantes sobre as visões epistemológicas contemporâneas estudadas, que se constituiu em tarefa individual como requisito parcial de avaliação dos estudantes na disciplina;

3 – análise quantitativa do pré e pós-teste, representado por um questionário contendo vinte e cinco perguntas sobre concepções epistemológicas.

4 – transcrição e análise das entrevistas semi-estruturadas, complementada pela análise das anotações da observação participativa na disciplina de Pesquisa em Ensino de Física. Esta disciplina foi oferecida no semestre seguinte ao da disciplina de História e Epistemologia da Física, tendo como público alvo o mesmo grupo de estudantes, com pequenas variações que descreveremos ao longo do relato.

Este artigo representa a primeira etapa da nossa análise. Trata-se de uma análise puramente qualitativa. Procuramos descrever o cotidiano da sala de aula tentando interpretar falas e ações através do reexame crítico dos dados de campo coletados durante a observação participativa. O ambiente, as falas, a linguagem, as ações e os trabalhos elaborados foram nossa matéria prima de onde procuramos extrair significados e compreensão.

Assim, ao examinarmos e reexaminarmos as mais de duzentas páginas de notas de campo produzidas durante a observação participante na disciplina História e Epistemologia da Física e passados dez meses desde o início do curso, pudemos perceber o quanto alguns conceitos e concepções da natureza da ciência eram inadequadas em relação às visões epistemológicas contemporâneas e, ao mesmo tempo, profundamente enraizados nas mentes de boa parte daquele grupo de estudantes.

Esclarecemos, inicialmente, que todas as transcrições de manifestações verbais dos alunos em sala de aula foram identificadas por uma sigla, por exemplo, AL2(AU1) que significa “aluno 2, aula 1”. Isto foi feito com o objetivo de associar cada fala à fase do curso e também para identificar quem está falando. A disciplina contou com 32 aulas (com duas horas cada) que foram numeradas cronologicamente. Os alunos também foram identificados. Embora a identidade tenha sido protegida, a Tabela I, abaixo, tem o objetivo de fornecer algumas características pessoais de cada estudante, procurando dar uma pequena idéia de quem está falando.

Tabela 1–Identificação dos estudantes inscritos na disciplina História e Epistemologia da Física (2004/1)

<b>SIGLA</b>	<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>SEXO</b>	<b>ALGUNS DADOS PESSOAIS</b>
<b>AL1</b>	ALUNO 1	Masculino	27 anos, é professor de escola pública.
<b>AL2</b>	ALUNO 2	Masculino	25 anos, é professor, possui bolsa de iniciação científica.
<b>AL3</b>	ALUNO 3	Masculino	24 anos, não leciona.
<b>AL4</b>	ALUNO 4	Masculino	23 anos, trabalha em empresa pública e leciona em projeto de divulgação da astronomia.
<b>AL5</b>	ALUNO 5	Masculino	Abandonou a disciplina.
<b>AL6</b>	ALUNO 6	Feminino	27 anos, não leciona.
<b>AL7</b>	ALUNO 7	Feminino	22 anos, não leciona; possui bolsa de iniciação científica.
<b>AL8</b>	ALUNO 8	Masculino	23 anos, é professor.
<b>AL9</b>	ALUNO 9	Masculino	30 anos, é professor e trabalha em empresa pública.
<b>AL10</b>	ALUNO 10	Masculino	24 anos, não leciona.
<b>AL11</b>	ALUNO 11	Feminino	21 anos, não leciona.
<b>AL12</b>	ALUNO 12	Masculino	22 anos, não leciona; possui bolsa de iniciação científica.
<b>AL13</b>	ALUNO 13	Masculino	54 anos, é engenheiro e não leciona.

<b>AL14</b>	ALUNO 14	Masculino	29 anos, é professor; possui bolsa de iniciação científica.
<b>AL15</b>	ALUNO 15	Masculino	22 anos, não leciona.
<b>AL16</b>	ALUNO 16	Masculino	37 anos, é militar e não leciona.
<b>AL17</b>	ALUNO 17	Masculino	35 anos, não leciona.
<b>AL18</b>	ALUNO 18	Masculino	23 anos, é professor em escola pública.
<b>AL19</b>	ALUNO 19	Masculino	24 anos, não leciona.
<b>AL20</b>	ALUNO 20	Feminino	24 anos, não leciona, possui bolsa de iniciação científica.
<b>AL21</b>	ALUNO 21	Masculino	27 anos, leciona em escola técnica.
<b>AL22</b>	ALUNO 22	Masculino	25 anos, não leciona.
<b>AL23</b>	ALUNO 23	Masculino	24 anos, é professor em escola pública.

Nas primeiras aulas da disciplina os estudantes comportaram-se essencialmente como ouvintes, com raras interrupções às explicações do professor. A atenção e o silêncio absoluto pareciam demonstrar interesse e certo entusiasmo pelo assunto. O professor, através de aulas expositivas com auxílio de lâminas, começou o curso falando do indutivismo e das críticas a ele feitas pela epistemologia contemporânea. Apresentou, a seguir, o falsacionismo de Karl Popper como uma nova maneira de ver a ciência, entendendo-a como uma atividade tentativa, conjectural e falível, que utiliza a observação não como justificativa, mas como meio de falsear as teorias que são provisórias. Então, o critério de demarcação entre ciência e não-ciência se faz pelo aspecto crítico, sempre tentando refutar as teorias através de testes cruciais. A isso Popper chamou de *racionalismo crítico*.

Nesse contexto, surgiram as primeiras perguntas:

AL9(AU1): *“Empirismo é o mesmo que indutivismo?”*.

AL6(AU1): *“Newton (referindo-se ao Físico Isaac Newton) era indutivista?”*.

AL22(AU1): *“As leis (da Física) não são confirmadas?”*.

AL13(AU1): *“Então, a teoria de Popper é um complemento do indutivismo já que está baseada na observação?”*.

Muito mais do que apenas dúvidas, suspeitamos que essas perguntas expressaram a confusão que tomou conta dos estudantes diante das idéias que eram apresentadas e, ao mesmo tempo, uma enorme surpresa que colocava em dúvida suas profundas crenças no empirismo (observação e experimentação como fonte de conhecimento) e no indutivismo (generalização de teorias universais a partir de asserções singulares). O ALUNO 9 pareceu aceitar as idéias de Popper buscando apenas diferenciar o empirismo do indutivismo, enquanto os demais pareciam confirmar as suspeitas levantadas acima.

Em função dessa mesma surpresa surgiu a seguinte pergunta:

AL2(AU1): *“Porque esta cadeira é dada somente agora, e não no início do curso?”*.

AL9(AU1): *“Precisa de amadurecimento”*.

Esta questão desencadeou uma pequena polêmica no final da primeira aula. A fala o ALUNO 9 dizia respeito à maturidade, isto é, ele entendia que estudantes da Física em início de curso não estariam preparados para compreender a ciência como uma atividade tentativa, conjectural e provisória sem entrar em choque com as disciplinas de Física Geral, posição esta

defendida por alguns outros alunos. De outro lado, a pergunta do ALUNO 2, parecia demonstrar não apenas que ele concordava com as visões da natureza da ciência apresentadas, mas as achava tão importantes que deixava aflorar certo desapontamento com o fato de somente agora entrar em contato com elas. Observamos que esses debates voltaram a acontecer em outros momentos ao longo do curso, à medida que novas visões epistemológicas foram sendo apresentadas. Em geral, não havia consenso, as opiniões variavam entre colocar a disciplina no início, no meio ou no final da graduação, porém sempre estavam de acordo de que se tratava de uma disciplina importante para a formação dos futuros professores.

Para o falsacionista ingênuo, retomou o professor, é suficiente que alguns dados empíricos contrariem a teoria para poder derrubá-la. Entretanto, chamou atenção para duas críticas que se aplicam tanto ao indutivismo quanto ao falsacionismo: 1) podemos ter muitas leis compatíveis com o mesmo conjunto de dados observacionais; e, 2) toda experimentação também é falível. O professor fez a seguinte analogia: *“é muito comum os alunos de Física irem ao laboratório e buscarem construir uma reta a partir de um dado conjunto de pontos. Isso é muito prático e fácil de tratar, mas não é a única possibilidade”* e *“o que está errado é o professor transmitir essa idéia a seus alunos”*.

AL13(AU1): *“Talvez a teoria pré-existente na cabeça do experimentador (no caso o aluno) justifique a busca pela reta”*.

A afirmação do ALUNO 13 parecia indicar uma correta apreensão das idéias de Popper no que diz respeito à teoria preceder a observação, mas deixou dúvidas quanto à crença (provável) em leis e teorias fixas e imutáveis, ou seja, seu entendimento em relação à natureza provisória do conhecimento científico. As expressões dos demais alunos pareciam indicar concordância com as colocações do professor.

Na aula seguinte o professor provocou a turma com a seguinte pergunta: *“As leis da Física estavam escondidas esperando que alguém as descobrisse?”* A discussão que se estabeleceu na sala de aula, de onde surgiram respostas como: *“foram criadas”*; *“vêm das hipóteses, tentativas do homem de entender a natureza”*; *“o homem vai inventando métodos de perceber”*; *“inventa as leis”*, mostrou que começavam a aparecer idéias mais adequadas às visões epistemológicas contemporâneas da natureza da ciência, pelo menos por parte daqueles estudantes que se manifestavam verbalmente, um pequeno número apenas.

Ao mesmo tempo apareceram questões mais fundamentais sobre a natureza da ciência, como por exemplo: *“Meteorologia e Matemática são ciências?”*; *“O que é ciência?”*; *“Qual das ciências tem mais status?”*; *“O ensino de Física não pode ser considerado ciência?”*. O professor procurou esclarecer que não se trata de uma questão trivial poder afirmar que uma área de conhecimento é, ou não, ciência, pois existem vários ‘critérios de demarcação’ entre ciência e não-ciência. *“Por Popper a Matemática não é uma ciência porque não utiliza a experimentação, mas por outros critérios talvez seja”*. As intervenções de alguns alunos acabaram direcionando o foco da discussão para a situação atual das universidades públicas do país, a qualidade do ensino e da pesquisa que elas produzem e o paradoxo enfrentado pelos professores universitários entre fazer pesquisa e dar aulas.

Esses assuntos pareciam interessar muito aos estudantes, talvez porque tivessem relação com o futuro profissional de muitos daquele grupo ou, talvez, porque eles percebessem esse paradoxo em seus próprios professores dentro da universidade. Não sabíamos esclarecer isso ainda.

Todavia, essa discussão, que tomou boa parte daquela aula, deixou-nos com a nítida sensação de que os estudantes estavam preocupados muito mais em aprender uma forma de ensinar as novas idéias sobre a natureza da ciência a seus alunos (ou futuros alunos) e não exatamente em questionar suas próprias visões.

Ao retomar o assunto de aula o professor fez uma revisão das principais idéias de Popper, momento em que apareceu a seguinte pergunta:

AL13(AU2): *“É correto afirmar que a Teoria Quântica é mais falseável?”*.

Essa pergunta, entendemos, evidenciou dois aspectos: 1) a crença profunda do ALUNO 13 no empirismo, ou seja, aquilo que não conseguimos ver e experienciar tem maior chance de ser falseado, ou, em outras palavras, conhecimento seguro deriva da experimentação direta, o que é uma concepção absolutamente empirista. Embora o ALUNO 13 demonstrasse enorme interesse e abertura às novas idéias, com freqüência deixava aflorar crenças profundamente enraizadas. 2) um entendimento ainda equivocado do falsacionismo de Popper, pois na verdade uma teoria mais falseável não é aquela que tem maior chance de estar errada, mas a que oferece mais e mais oportunidades de ser testada e em Mecânica Quântica, sabemos, o debate sobre a observação quântica é algo que permanece em aberto.

No final daquela aula o professor introduziu a epistemologia de Imre Lakatos chamando atenção para as diferenças com relação às idéias de Popper: a ciência avança de forma mais eficaz se as teorias estão estruturadas em “programas de pesquisa” e estes possuem: “núcleo duro” (inatacável), “cinturão protetor” (teorias auxiliares que protegem o núcleo e podem ser refutadas), “heurística positiva” e “heurística negativa” (que orientam sobre as rotas de pesquisa que devem e aquelas que não podem ser seguidas). As teorias são conjecturas, mas deve haver um Programa de Pesquisa que orienta o fazer científico.

O professor utilizou dois exemplos históricos importantes ao responder algumas dúvidas relativas a epistemologia de Lakatos: 1) a Teoria de Ptolomeu (geocentrismo), que foi substituída pela de Copérnico (heliocentrismo) quando a primeira deixou de apresentar resultados (entrou em fase recessiva) cedendo espaço para o surgimento de um novo Programa de Pesquisa, sendo que na fase inicial os dois paradigmas competiam; 2) a Teoria Clássica, cujas Três Leis de Newton e a Lei da Conservação da Quantidade de Movimento constituem o núcleo duro, que *“não jogamos fora, mas olhamos para seus limites de validade”*. Ou seja, falseamos teorias do cinturão protetor, mas nunca o núcleo duro, quando acreditamos em um programa de pesquisa.

O professor chamou atenção também para o fato de que é preciso ir acrescentando novos significados às palavras à medida que o conhecimento evolui. Centrou-se na palavra “falso” que tem um significado pejorativo no cotidiano, mas assume um significado novo no falsacionismo aonde uma teoria mais falseável é melhor. O significado depende do contexto, e no dizer do professor, *“o significado está nas pessoas e não nas palavras”*. Isso também ocorre com os conceitos físicos que vão se modificando e se tornando mais abrangentes com o tempo.

Encerrou a aula perguntando se havia dúvidas ou dificuldades. Não houve respostas. O silêncio pareceu significar, não a ausência de dúvidas, mas a necessidade de mais tempo para assimilar as novas idéias.

Pudemos confirmar isso durante uma conversa informal que antecedeu a aula seguinte, por conta de um atraso devido à mudança de prédio. Pelas falas, as epistemologias de Popper e de Lakatos pareceram ainda muito confusas nas mentes dos estudantes e alguns estavam com a impressão de que Lakatos havia se apropriado das idéias de Popper.

Isso nos levou à seguinte reflexão: na informalidade os alunos são mais espontâneos; a sala de aula parece ser, realmente, um espaço de tensões, como teorizou o filósofo Michel Foucault (1926-1981), aonde a microfísica do poder se faz presente inibindo, muitas vezes, os estudantes de manifestarem suas idéias e até mesmo suas dúvidas.

Não fosse nossa conversa fora da sala de aula não saberíamos dessas dificuldades, sutilezas que não foram percebidas em sala de aula, nem por nós e nem pelo professor, como constatamos em conversa posterior.

O foco das falas dos estudantes havia girado, de forma implícita, em torno da observação. Afinal, aonde colocar a observação, antes ou depois da teoria? Abrir mão de uma crença tão segura, de que toda a Física havia sido construída sobre sólidas bases exatamente porque estava assentada na observação dos fatos e, de repente, colocar a teoria antes da observação implicaria ter de admitir as teorias como sendo construções da mente humana. Mas isso seria algo tão inusitado que pareceria colocar abaixo, momentaneamente, toda a Física. Ao mesmo tempo, os argumentos, fortes e precisos, de Popper e Lakatos faziam sentido. E agora? *“Tudo gira em torno da observação”* disse o ALUNO 13, o problema era aonde colocá-la.

No início da terceira aula o professor falou da criação, para àquela disciplina, de um ambiente de ensino à distância (TelEduc), aonde seriam colocados materiais de apoio (textos, lâminas, materiais usados pelo professor, trabalhos produzidos pelos alunos, etc.) e pediu para que todos se inscrevessem a fim de obterem senha de acesso.

Nesse dia foi também apresentado e amplamente exemplificado um novo instrumento heurístico – o mapa conceitual – que passaria a ser utilizado nos trabalhos de grupo. Mapas conceituais não são fluxogramas, nem organogramas, são diagramas que expressam relações entre conceitos e devem, de alguma forma, refletir as hierarquias entre os conceitos de algum assunto, ou de uma matéria de ensino. Podem ser construídos em qualquer área do conhecimento (Física, Química, Biologia, etc.) e por estudantes de qualquer idade (desde as primeiras séries até a pós-graduação).

Ao apresentar dois exemplos de mapas conceituais elaborados por um mesmo aluno, antes e depois de ter estudado o ‘modelo padrão da Física’, estabeleceu-se o seguinte diálogo:

AL9(AU3): *“Entre o mapa anterior (forças) e o atual (interações) o que está errado?”*.

Professor: *“Não está errado, apenas mostra que a visão atual daquele aluno é mais adequada ao ‘modelo padrão’”*.

AL13(AU3): *“Apesar de existir ênfase a pessoa constrói um mapa usando sua própria subjetividade”*.

Professor: *“O professor vai optar por um mapa mais completo ou mais particularizado, dependendo do enfoque que ele está dando à aula. O mapa sempre expressa uma intencionalidade, nunca está completo. Um mapa conceitual tem que ser explicado porque quando teu aluno explica é que percebes se ele está captando a matéria”*.

Esse diálogo colocou em evidência as características mais essenciais dos mapas conceituais: são visões específicas e devem ser explicados, pois expressam o entendimento individual do assunto naquele momento.

Naquela aula os alunos pareceram estar “mais à vontade”, fizeram pequenas intervenções durante a apresentação do grande número de exemplos de diferentes mapas conceituais e riram dos comentários dos colegas e do professor.

A participação dos alunos através de perguntas, respostas, opiniões e comentários, sempre recebidos de forma agradável pelo professor, parecia ser realmente “*variável positiva de sala de aula*” como afirmam Lederman e Druger (1985) no sentido de facilitar a aprendizagem e melhorar o ambiente de sala de aula.

Ao encerrar as explicações o professor perguntou se havia dúvidas e, novamente, não houve respostas.

Foi solicitado, então, que os alunos se reunissem em grupos de 4 componentes e elaborassem o mapa conceitual da filosofia de Popper, de posse de um texto de apoio sobre o assunto e cujo conteúdo deveria ter sido lido pelos alunos fora da sala de aula. Alguns alunos simplesmente giraram suas cadeiras e, rapidamente, compuseram os três primeiros grupos juntando-se com os colegas mais próximos. Outros, no entanto, hesitaram e só depois de algum tempo juntaram-se a grupos já formados fazendo crer que não lhes era habitual e talvez nem mesmo agradável executar tarefas de grupo.

Formaram-se seis (6) grupos. Tivemos a oportunidade de interagir com todos. Observamos que a dinâmica de cada um era muito diferente. O grupo do ALUNO 9 pareceu ter dificuldades para identificar os conceitos principais da filosofia de Popper, demonstrando não ter ainda dominado completamente as novas idéias. O Grupo do ALUNO 13 pareceu estar preocupado em expressar os conceitos formalmente buscando-os meticulosamente no texto de apoio, havia também uma visível preocupação em demonstrar erudição, por parte de alguns, mas o mapa foi rapidamente esboçado. O grupo do ALUNO 19 pareceu bastante indeciso e confessaram não ter lido o texto de apoio. O grupo do ALUNO 6 teve a participação de um aluno ouvinte, estudante de pós-doutorado, e estava mergulhado em discussões mais profundas. Os outros dois grupos permaneceram em discussões diversas, ora as idéias de Popper, ora perdiam o foco de discussão e não chegaram a começar o mapa. No final da aula o professor solicitou que terminassem a construção dos mapas em casa para que fossem apresentados na aula seguinte.

De maneira geral, os estudantes ao final daquela aula pareciam estar tomados de choque, pois com exceção de um dos grupos, todos os demais não conseguiram entrosamento e objetividade na execução da tarefa solicitada. Talvez não esperassem que lhes fosse solicitada uma tarefa prática. Muito provavelmente esperassem que o professor seguisse apresentando a filosofia de Kuhn que compunha o bloco de três epistemólogos no material de apoio que lhes havia sido entregue.

Abrimos a quarta aula, pois o professor participava de uma reunião no Instituto de Física. Somente três alunos se fizeram presentes. Depois de considerável atraso e de explicações como “*o pessoal deve estar terminando os mapas*” e de algumas controvérsias sobre ligar/manter desligado o ar condicionado da sala de aula, alunos e professor chegaram e os grupos se formaram, em geral, nos mesmos lugares ocupados na aula anterior.

Esses pequenos episódios pareceram deixar evidente que se haviam estabelecido micro-relações de poder (hierarquia x obediência) na sala de aula. Mas essa hierarquia existia entre professor e alunos, exclusivamente, sendo que outros personagens eram considerados, “*a priori*”, elementos estranhos, como no nosso caso.

Nos minutos iniciais da aula tivemos novamente oportunidade de conversar com todos os grupos, pedimos para ver os mapas e fizemos algumas sugestões de melhorias ainda que, na maioria dos casos, não tenham sido aceitas, pudemos ouvir opiniões como a que segue:

AL4(AU4): “Não concordo com o falsacionismo de Popper, pois ao se tentar falsear uma teoria com um experimento crucial pode ser que o teste esteja errado e não a teoria”.

Concordamos e observamos que alguns estudantes pareciam demonstrar uma concepção adequada à visão epistemológica contemporânea da natureza da ciência e uma postura crítica em relação às idéias de Popper.

Em geral, o clima nesse dia foi de ansiedade. Como já mencionamos, provavelmente atividades de grupo e a necessidade de apresentação oral dos mapas conceituais, sob o argumento do professor de que “você serão professores e precisam aprender a apresentar trabalhos e seminários”, diferiam em muito das aulas tradicionais recebidas durante quase toda a graduação em Física (a maioria dos estudantes cursava seu último ano de universidade).

Meia hora depois do início da aula o professor pediu para que começassem as apresentações.

O primeiro grupo: ALUNO 4, ALUNO 18, ALUNO 20 e ALUNO 23, apresentou o mapa conceitual mostrado na Figura 1, abaixo.

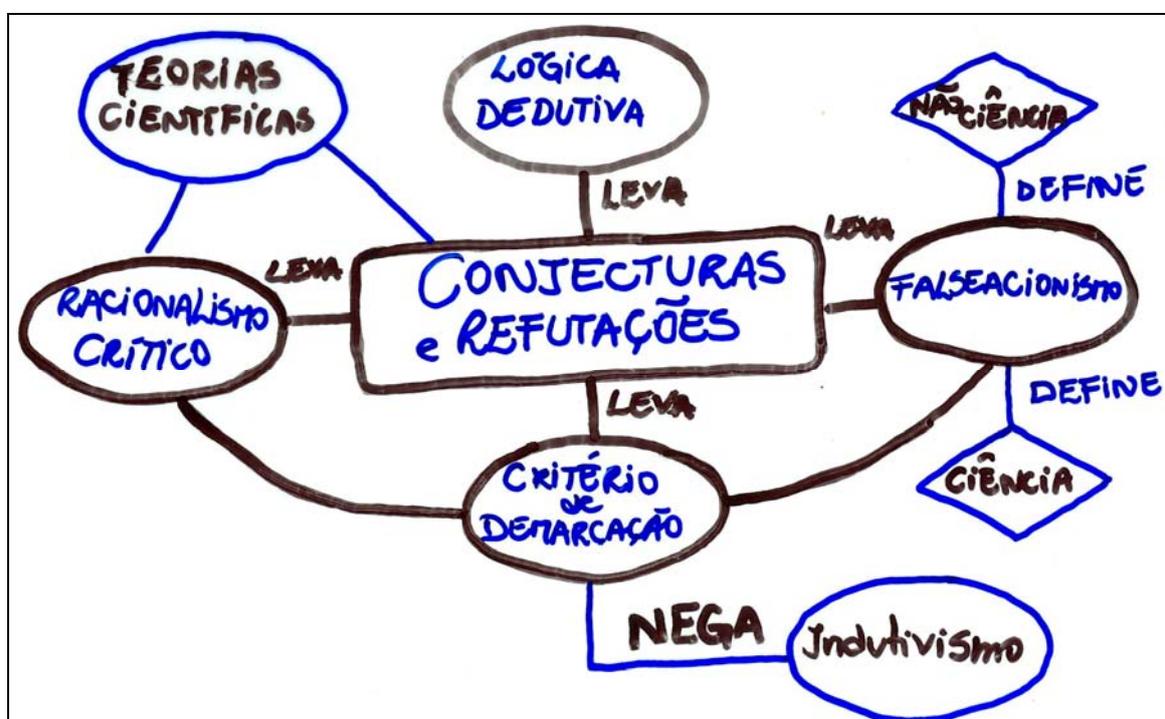


Figura 1 – Mapa Conceitual da Filosofia de Popper, elaborado por: ALUNO 4, ALUNO 18, ALUNO 20 e ALUNO 23.

A explicação, dada pelo ALUNO 18, foi breve e reproduzimos abaixo parte dela.

AL18(AU4): *“... conjecturas e refutações” estão no centro do mapa, pois foram entendidas como conceitos fundamentais. Elas levam ao “Racionalismo Crítico”. Para Popper, todas as teorias são conjecturas e ele usa o falsacionismo como “critério de demarcação” entre ciência e não-ciência. Essa teoria nega o “indutivismo...”*.

Terminada a apresentação o professor pediu para que os colegas fizessem comentários e críticas.

AL2(AU4): *“Acho que “conjecturas e refutações” é o mesmo que “racionalismo crítico” ”*.

AL13(AU4): *“Faltou a ”teoria do balde” e a “teoria do holofote” “*.

AL4(AU4): *“A idéia não foi transmitir toda a teoria do Popper, mas a idéia principal é dizer o nosso modo de pensar a teoria e não carregar demais o mapa. Na aula passada nossa idéia sobre o mapa era completamente diferente mostrando que o mapa conceitual expressa o entendimento do momento, pode ser que daqui a dois anos nosso mapa venha a ser totalmente diferente”*.

Pode-se perceber pelo exame do mapa conceitual e da explicação que as idéias não estavam maduras. Os principais conceitos da epistemologia de Popper haviam sido captados, mas não foram relacionados adequadamente, não houve conectivos significativos entre eles e nem mesmo a explicação contribuiu para suprir essas lacunas.

O grupo seguinte: ALUNO 2, ALUNO 11, ALUNO 13 e ALUNO 14 destacou entre os conceitos principais a *“teoria do balde”* e a *“teoria do holofote”*. Sobre tais conceitos o professor afirmou: *“acho que a epistemologia de Popper poderia viver bem sem eles”*.

Reproduzimos abaixo, parte do diálogo que se seguiu, pois entendemos que foi relevante para esclarecer alguns aspectos associados à natureza das explicações científicas:

AL17(AU4): *“O acúmulo de informação não leva ao conhecimento? Kepler não fez isso?”*.

Professor: *“Não há problema nisso, fazer muitas observações, coletar muitas informações e daí transformá-las em conhecimento. Conhecimento somente pode ser obtido criticamente. Informação e conhecimento não são a mesma coisa. Usando dados podemos fazer conjecturas. Dados são falíveis e, além disso, é possível ter-se mais de uma teoria para o mesmo conjunto de dados”*.

AL2(AU4): *“Essa idéia inverte a ordem do indutivismo, muitas vezes a teoria vem da cabeça”*.

Entendemos pertinentes aqui algumas reflexões. A percepção da natureza da ciência quando não ocorre de forma explícita é muito sutil e a utilização de elementos históricos precisa ser bem pensada, pois se em alguns casos enriquece e auxilia na compreensão das novas visões, em outros pode parecer confirmar a lógica indutivista. E como afirma Ausubel (1978), o conhecimento prévio do aluno é persistente e muito provavelmente no diálogo acima o ALUNO 17 procurava elementos para confirmar suas crenças positivistas, o que representaria uma situação mais confortável do que ter de fazer a mudança conceitual. Assim, a esperança de que o aluno possa aprender a natureza da ciência implicitamente parece, em princípio, impossível. É na *“instrução explícita”*, concordamos com Lederman et. al. (1998), que os estudantes têm a melhor chance de melhorar seu entendimento em favor de uma compreensão mais contemporânea da natureza da ciência.

Notamos que, sem a intervenção do professor, as vezes os estudantes se envolvem demasiadamente em conceitos secundários. “Teoria do balde” e “teoria do holofote” foram conceitos retirados do texto de apoio utilizado nesse tópico, de Fernando Lang da Silveira (1996). O que está por trás da “teoria do holofote” é a idéia de que a teoria antecede a observação (iluminando e fazendo recortes da realidade, como um holofote). Quanto à “teoria do balde” deve ser entendida como acumulação (rechaçada por Popper). Ambas são absolutamente pertinentes à epistemologia de Popper, mas o foco principal está em que o processo de construção do conhecimento científico é uma seqüência de “conjecturas” (construção de hipóteses) e “refutações” (tentativas de falsear as hipóteses através de testes empíricos). Mais uma vez, a “instrução explícita” parece ser imprescindível.

O terceiro grupo: ALUNO 6, ALUNO 15, ALUNO 16 e ALUNO 17 apresentou o mapa conceitual apresentado na figura 2.

Este mapa provocou reações na turma que o achou grande e carregado demais.

Antes da apresentação o professor esclareceu que um mapa conceitual é sempre contextual e por ter o ALUNO 6 já feito uma disciplina de Filosofia da Ciência deu a ele um contexto mais amplo.

O próprio ALUNO 6 fez a apresentação e começou dizendo que

AL6(AU4): *“O ‘conhecimento’ é o conceito chave. Ele é construído pelo homem, refutável, corrigível e é um produto do meio. O refutável é a fronteira entre ciência e não ciência. O conhecimento científico é expresso através de teorias. Aí o mapa foi dividido em duas partes:” teoria da balde “num quadrado pontilhado (conhecimento é acumulado como numa vasilha e que as percepções são livres de pressupostos); e” teoria do holofote “ em outro quadrado pontilhado (as expectativas orientam a observação e observação é seletiva, planejada). As observações podem corrigir os conhecimentos prévios e gerar novos problemas e assim uma nova aprendizagem. Pode-se dizer que o mapa está grande, mas se tentou colocar os conceitos principais e ligar a eles os secundários, vocês acham que está grande, mas nós não achamos...”*

A explicação foi elucidativa e mostrou que o ALUNO 6 estava convicto de seus argumentos; muito provavelmente seu contato, em disciplina anterior, com a filosofia da ciência fornecera-lhe elementos suficientemente fortes para consolidar sua concepção visivelmente aberta da natureza da ciência.

Do exame do mapa pode-se ver que, embora algumas palavras empregadas como conceitos (exemplo: corrigível, refutável, etc.) não sejam propriamente conceitos, isso demonstrou apenas a falta de habilidade na construção de mapas conceituais, que devem expressar a estrutura conceitual e as relações entre os conceitos, mas não interferiu na manifestação de uma concepção adequada às concepções epistemológicas contemporâneas da natureza da ciência. O conhecimento científico é expresso como uma construção do homem, passível de correção, corrigível, que pode ter contribuições metafísicas. As teorias científicas são, por consequência, hipóteses explicativas que orientam a observação. Parece deixar claro também que percepções neutras, desprovidas de teoria e acumulação de conhecimento são idéias equivocadas sobre o fazer científico.

Os demais mapas foram apresentados na aula seguinte. Nesse dia fomos procurados pelo ALUNO 21 antes do início da aula. Ele faria a apresentação do mapa do seu grupo (ALUNO 9, ALUNO 10 e ALUNO 21) e nos fez a seguinte afirmação:

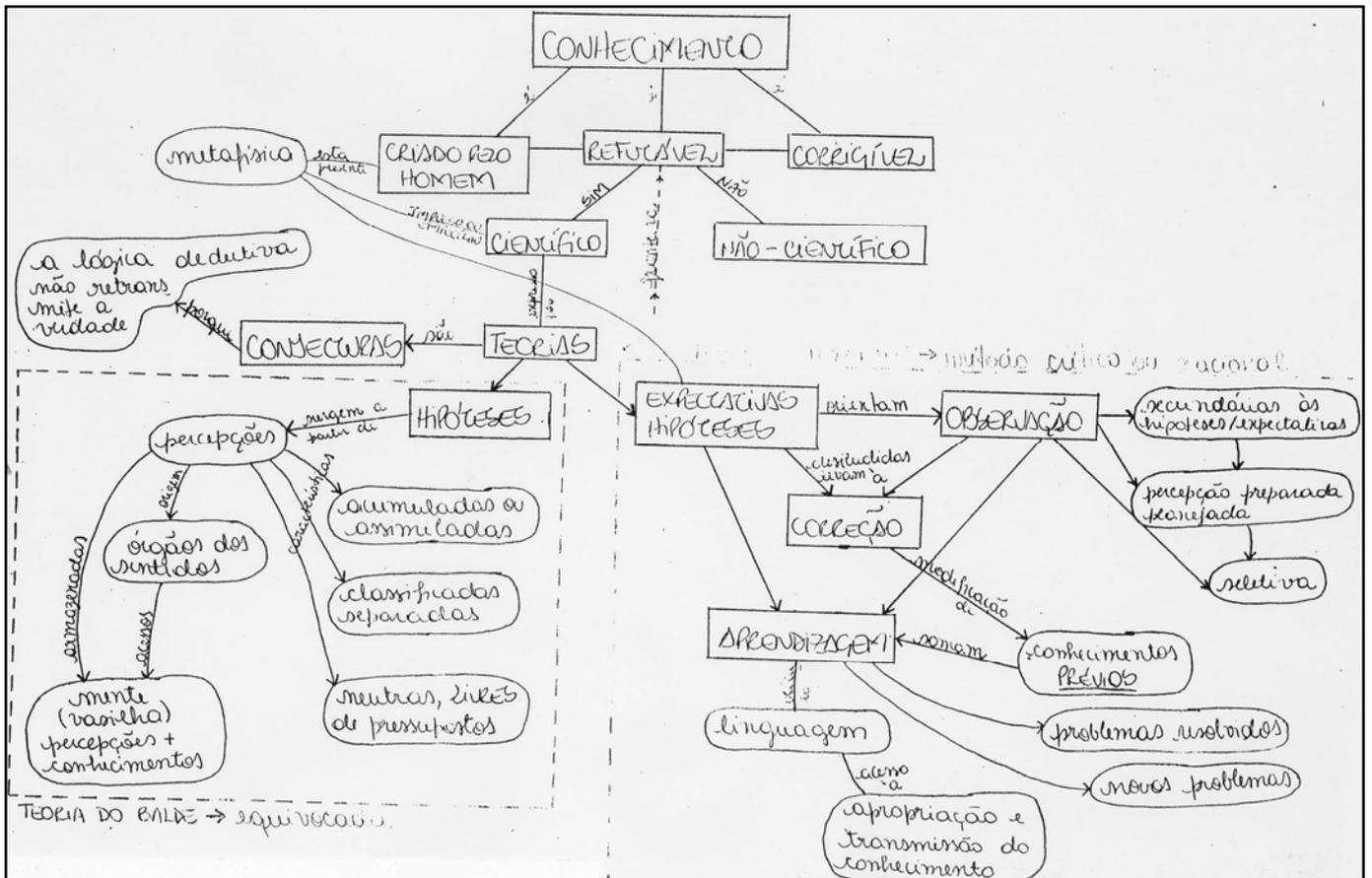


Figura 2 – Mapa Conceitual da Filosofia de Popper elaborado por: ALUNO 6, ALUNO 15, ALUNO 16 e ALUNO 17.

AL21(AU5): “... acho que já esqueci tudo, estou nervoso e inseguro”.

Isso confirmava nossa suspeita de que aqueles estudantes, em final de graduação, estavam habituados a aulas expositivas tradicionais e que qualquer outra dinâmica os deixava inseguros.

A fala do ALUNO 21 foi, no entanto, bastante objetiva e seguiu-se a ela o seguinte diálogo:

AL22(AU5): “Porque duas pessoas observando a mesma coisa chegam a conclusões diferentes, então a indução não existe!”.

Professor: “Existe e é um processo valioso, mas como critério de demarcação é que não é válido. O problema é tentar encontrar leis universais a partir de enunciados particulares; sempre há teorias alternativas que podem ser igualmente válidas para o mesmo conjunto de enunciados singulares, mas não qualquer teoria. O erro é usá-la (a indução) para demarcar ciência da não ciência”. (pausa). “Queria deixar claro que você não pode achar que a indução não serve para nada. A abdução, essa sim, é um chute mais ousado”.

AL22(AU5): “Qual a diferença entre lógica indutiva e lógica dedutiva?”.

Professor: “Lógica dedutiva tem um ponto de partida, por exemplo, os postulados na Matemática, e a partir daí deduz-se algo – mas os postulados não são questionados. Na lógica

*indutiva fazem-se muitas observações e daí induz-se que se um enunciado é válido para os casos singulares então vale sempre. Por indução se consegue chegar a boas afirmações”.*

O diálogo pareceu-nos auto-explicativo com relação à validade e os limites da indução. Segundo Feyerabend (1975), não poderíamos acreditar nem mesmo que o sol nascerá amanhã se não usássemos a indução na vida cotidiana e também na ciência. Não devemos, entretanto, ser suficientemente ingênuos para acreditar que muitas observações, em muitas situações diferentes legitimam os “saltos” das asserções singulares para enunciados universais como se esse fosse “o método” legítimo para construir teorias científicas, verdadeiras e imutáveis e, como se nossa mente estivesse totalmente desprovida de teoria. De qualquer forma, o tom algo provocativo do ALUNO 22 soou mais como a defesa de uma crença inequívoca na validade e legitimidade da indução como método científico, do que como questionamento em si do processo de indução.

O grupo seguinte formado por: ALUNO1, ALUNO 3, ALUNO 7 e ALUNO 12 teve um andamento normal e encerrou as apresentações.

O professor utilizou boa parte daquela aula para fazer uma leitura comentada de um texto extraído da Enciclopédia Britânica com as definições de vários “ismos”: realismo, idealismo, indutivismo, positivismo, etc.

Reproduzimos a abaixo parte de uma explicação do professor:

Professor: “... o debate realismo x idealismo é muito antigo e está na base da visão de mundo. Esse debate permeia a questão da aprendizagem, pois na escola, por exemplo, a realidade existe enquanto os atores estão lá (realidade construída). Todas as ciências sociais são permeadas pela realidade subjetiva. Elas rejeitam a metodologia de Popper. Vocês irão ensinar Física e acreditam que existe uma realidade objetiva, mas ao mesmo tempo não podem deixar de pensar que nas áreas humanas a realidade é diferente. Vocês vão ser educadores e terão que voltar a essas questões muitas vezes”.

Esse tema gerou um prolongado debate sobre a existência, ou não, da realidade independente da nossa percepção. Não dá para esquecer que estamos observando um grupo de estudantes de Física para quem a existência da realidade objetiva está fora de discussão. Por esse motivo não causaram estranheza perguntas e afirmações como as que se seguem:

AL4(AU5): “De que maneira esta cadeira existe se nada existe fora da mente?” (A pergunta foi feita tomando nas mãos uma cadeira da sala de aula).

AL22(AU5): “A afirmação de que a verdade absoluta não existe, de onde vem isso? Não é uma ilusão? Até concordo, verdade absoluta não existe, mas de aonde alguém tirou isso?”.

AL14(AU5): “Porque não pode a mente chegar nela?”.

AL22(AU5): “Como posso dizer que ela existe (referindo-se à cadeira) sem a nossa percepção?”.

O professor encerrou a seqüência de intervenções dizendo que a realidade objetiva existe, mas que o homem não pode captá-la diretamente. A mente humana representa o mundo. Foi possível perceber, por suas atitudes, que os ALUNOS 22 e ALUNO 14 estavam convictos de que

a verdade absoluta existe exatamente porque está conectada à realidade objetiva, uma crença tipicamente positivista.

O restante da aula foi dedicado à introdução da Epistemologia de Thomas Kuhn. O professor utilizou amplamente a História da Física para exemplificar e esclarecer conceitos como “ciência normal”, “revolução científica”, “paradigma” e “incomensurabilidade”.

Nesse contexto, quando o professor explicava a “revolução científica” utilizando o exemplo da Mecânica Relativística, como novo paradigma, nova maneira de ver o mundo, aonde tempo e espaço deixam de ser absolutos, em contraponto com a Mecânica Clássica (aonde essas grandezas são tomadas como absolutas) surgiu a seguinte pergunta:

AL14(AU5): “A Mecânica Clássica não seria um caso particular da Mecânica Relativística?”.

Essa pergunta revela, entendemos, o quanto o ensino na graduação em Física privilegia o formulismo relegando, muitas vezes, a compreensão dos conceitos subjacentes. A assunção bastante simplista, de que  $v \ll c$  (ou seja, que as velocidades cotidianas são muito menores do que a velocidade da luz) que faz com que o “Fator de Lorentz”, que aparece em todas as expressões relativísticas, se torne igual a um, equivale, matematicamente, a dizer exatamente o que está implícito na pergunta do ALUNO 14, ou seja, que para pequenas velocidades os resultados da mecânica relativística coincidem com os da mecânica clássica. Mas, de forma alguma dá conta das implicações conceituais que as idéias de Einstein trouxeram e o grande impulso que elas geraram para a Física no início do século XX. No contexto da Relatividade estamos vendo o mundo com novos supostos teóricos, novas leis, novas técnicas, enfim, novo “paradigma”, segundo Kuhn. Nas palavras do professor “*você teria que aceitar que espaço e tempo são ao mesmo tempo absolutos (visão clássica) e não-absolutos (visão relativística)*”. Isso mostra como, pelo menos parte dos graduandos saem da Universidade sem entender corretamente Relatividade.

O professor retomou a Teoria de Kuhn explicando sua enorme influência no ensino, pois nela o “*papel do professor é gerar insatisfação, propor nova explicação que seja inteligível, plausível e frutífera, como sugere Kuhn, para que o aluno mude de paradigma...*” e encerrou a aula dizendo que “*em filosofia é muito importante aprender a ver uma mesma questão de diferentes ângulos e ir construindo suas próprias crenças*” na tentativa de justificar a importância de se estudar as diferentes visões epistemológicas.

Na aula seguinte, a sexta do semestre, o professor entregou um plano de tarefas e pediu que se formassem duplas para a escolha do assunto para elaboração de monografia e apresentação de seminário sobre um período da História da Física. O professor apresentou doze tópicos e sugeriu que as duplas negociassem os assuntos de maior interesse e explicou que as monografias “*deverão conter a Física da época escolhida*”.

Houve algumas disputas. Várias duplas escolheram a “Física de Galileu” e não houve acordo. O professor precisou intervir. Solicitou que refletissem sobre outros tópicos disponíveis e também interessantes. Observamos que pelo menos duas duplas escolheram outros períodos da História da Física, talvez um pouco desapontadas.

A liberdade de escolha oferecida pelo professor pareceu não ter sido amplamente aproveitada. Mas se tratou de um problema pontual, pois na verdade, o clima naquela turma era, em geral, de muita cordialidade. Brincadeiras eram permitidas e críticas recebidas, aparentemente, sem ressentimentos. As relações de amizade e coleguismo eram evidentes, resultado de vários anos de convivência. Fizemos questão de “checar” isso com o próprio grupo, em conversa fora da sala de aula, e constatamos que a maioria dos vinte e três estudantes inscritos na disciplina

História e Epistemologia da Física daquele semestre tinha ingressado junto na Universidade e pretendiam formar-se juntos, no final do semestre seguinte. Havia, como em todas as relações sociais, alguns líderes naturais e arriscaríamos dizer até, formadores de opinião. Por exemplo, o ALUNO 2 e ALUNO 13 possuíam enorme capacidade de persuasão e freqüentemente conseguiam impor suas opiniões. Porém, isso parecia compensado pela enorme prestatividade desses mesmos líderes. A esse respeito, parecia haver um acordo tácito e até mesmo inconsciente em nome de uma convivência pacífica e equilibrada.

Decorrido algum tempo, quando a normalidade se restabeleceu o professor passou a ler a lista com o nome das duplas e o tópico escolhido para a elaboração da tarefa, bem como a ordem das apresentações. O tópico “A Física de Tudo” ficou reservado para um aluno ausente naquela aula.

Um grupo retardatário (ALUNO 5, ALUNO 8, ALUNO 19, ALUNO 22) apresentou o mapa da Epistemologia de Popper pois não tinham chegado a um consenso na aula anterior.

O professor fez uma rápida revisão das idéias de Lakatos e de Kuhn, destacando as diferenças destas em relação a Popper e pediu para que os grupos se reunissem novamente para a construção do mapa conceitual da Epistemologia de Lakatos, não antes de perguntar se havia dúvidas. A resposta foi o silêncio.

Quatro dos grupos que se formaram naquele dia eram os mesmos das aulas anteriores. Os outros dois decidiram fazer trocas de componentes. O ALUNO 9 justificou as trocas dizendo que o objetivo era acolher o colega que esteve ausente na aula anterior e que “*foi prejudicado na escolha do tema da monografia*”.

Devido ao adiantado da hora só tivemos oportunidade de interagir com alguns grupos e observamos que rapidamente os mapas conceituais foram esboçados. Pareciam mais confiantes na construção de mapas conceituais ou, sentiam-se mais confortáveis com relação às idéias de Lakatos.

Em nossas conversas habituais com os pequenos grupos apareceram perguntas como:

AL21(AU6): “*Qual o critério de demarcação para Lakatos?*”.

AL20(AU 6): “*Programas de Investigação podem ser refutados?*”.

AL5(AU6): “*O que é heurística positiva e heurística negativa?*”.

Essas perguntas seguidas dos comentários do próprio grupo às nossas respostas demonstraram a tendência que eles tinham de tentar encontrar, na filosofia de Lakatos, conceitos equivalentes aos da filosofia de Popper. Ficamos com a impressão de que de nada valeram nossas explicações porque não houve avanços na construção dos mapas, principalmente no grupo do ALUNO 5.

O grupo do ALUNO 2 detinha-se na questão das hipóteses *ad hoc* definindo-as como “*hipótese não testável e que procura explicar alguma anomalia sem acrescentar nada de novo à teoria*”. A explicação precisa do ALUNO 2 deixou-nos na dúvida sobre nosso próprio entendimento das hipóteses *ad hoc*. Debatesmos esse assunto com o professor, após a aula e, tivemos oportunidade de reconhecer nosso equívoco na aula seguinte. Havíamos confundido com hipóteses auxiliares.

Esse episódio nos levou à compreensão de que embora grande parte daquele grupo de estudantes tivesse inicialmente visões equivocadas sobre a natureza da ciência, alguns estudantes manifestavam concepções adequadas e críticas consistentes relativamente às visões epistemológicas contemporâneas. O ALUNO 2 era um desses exemplos que foi se revelando com o tempo.

Na aula seguinte, não foi necessário estimular as apresentações. Os grupos apresentaram espontaneamente seus mapas conceituais sobre a filosofia de Lakatos.

Ao longo dessas apresentações destacamos as seguintes intervenções:

AL2(AU7): *“Cinturão protetor deveria ficar (referindo-se ao mapa do primeiro grupo) perto de heurística negativa”.*

AL4(AU7): *“Dependendo da heurística adotada, pode levar a um programa progressivo ou regressivo”.*

AL6(AU7): *“Tanto a heurística positiva quanto a negativa estão ligadas ao núcleo, pois o “protege”. Qual a função do cinturão protetor? Não é proteger o núcleo?”.*

AL2(AU7): *“A heurística negativa proíbe que o núcleo seja falseado”.*

AL22(AU7): *“Entendi que a heurística positiva permite modificações do cinturão protetor de teorias e a heurística negativa proíbe algumas mudanças”.*

AL2(AU7): *“Quem protege quem?”.*

Essas falas exemplificam as dúvidas mais frequentes que apareceram durante as apresentações dos mapas conceituais da filosofia de Lakatos. Em geral, estavam associadas à “heurística positiva” e “heurística negativa”, conceitos que permaneciam, nos parecia, confusos. O professor incentivou a discussão, num primeiro momento, e depois procurou esclarecer as dúvidas.

Ao final das apresentações ficamos com a impressão de que tais conceitos não tinham sido corretamente assimilados por boa parte da turma, a despeito dos prolongados debates.

De qualquer forma, as repetidas apresentações e explicações dos mapas conceituais (eram seis grupos) favoreciam novas discussões abrindo possibilidades para o esclarecimento das dúvidas. O resultado final era sempre uma pequena melhora na compreensão das idéias.

As duas versões, visualizadas abaixo, do mapa conceitual elaborado pelo mesmo grupo, antes e após as discussões de sala de aula ocorridas ao longo das apresentações, tem o objetivo de mostrar esses ganhos. A primeira versão foi utilizada pelo grupo na apresentação em sala de aula. A segunda versão foi entregue ao professor após o término de todas as apresentações, como forma recursiva de melhorar a avaliação do trabalho.

Pode-se perceber, a partir do exame dos dois mapas, que houve uma melhora significativa na articulação das idéias. Na segunda versão “programa de pesquisa” aparece em destaque, como conceito principal, e os demais conceitos dão uma idéia das características gerais que um programa deve ter, segundo Lakatos, e de como esses conceitos se relacionam.

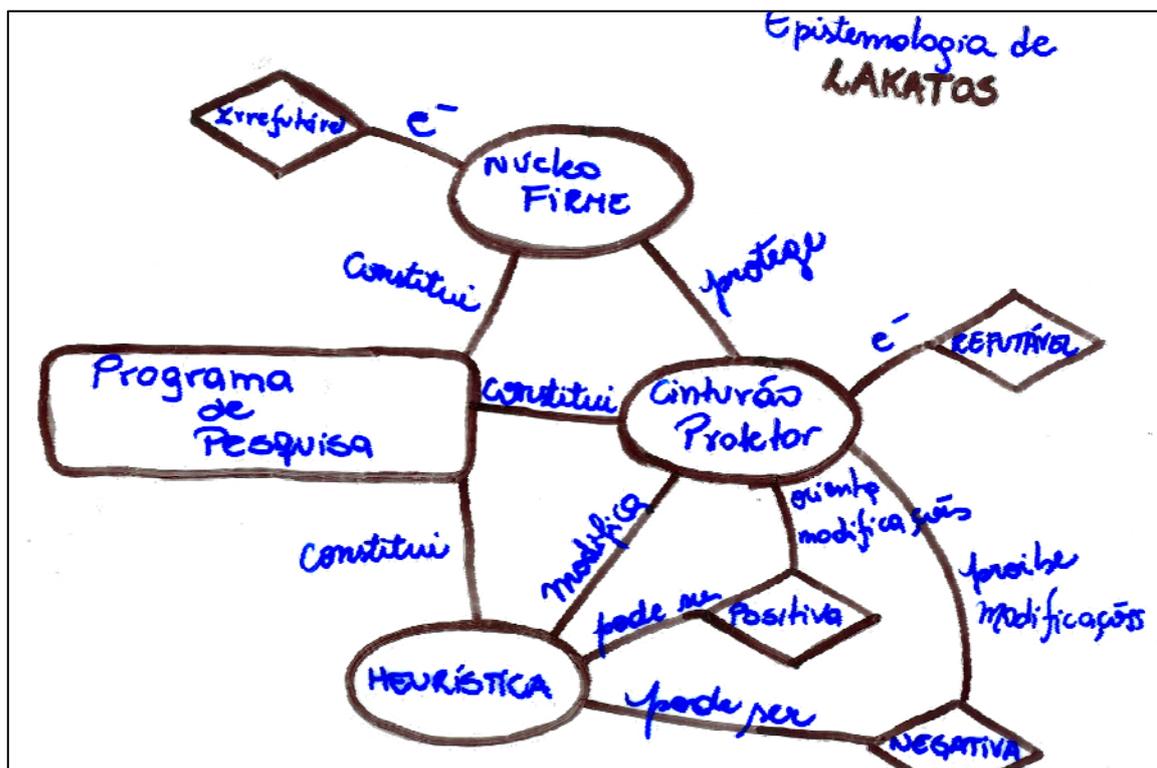


Figura 3 – 1ª versão do Mapa Conceitual da filosofia de Lakatos, apresentado por: ALUNO 8, ALUNO 20, ALUNO 22, ALUNO 23 – antes das discussões de sala de aula.

A discussão de sala de aula é um instrumento valioso, mas um tanto limitado porque por mais esforços que o professor desenvolvesse incentivando-as, sempre que oportuno, ele não conseguia fazer com que todos participassem. Uma parte da turma permanecia sistematicamente silenciosa e nada se podia afirmar nem sobre suas concepções, nem a respeito das mudanças que iam ocorrendo. Em geral prestavam atenção mas não se posicionavam nos debates.

Ao final daquela sétima aula o professor repassou as idéias de Popper, Lakatos e Kuhn. A respeito da filosofia de Kuhn destacou que “[...] quando um paradigma entra numa fase regressiva, surgem as revoluções científicas. O progresso da ciência tem, para Kuhn, um caráter revolucionário”.

AL9(AU7): “Esse caráter revolucionário está associado a quê?”.

Professor: “À nova visão de mundo que é incomensurável com relação à anterior [...] a existência de um paradigma é que distingue ciência da não ciência. Aqui está o seu critério de demarcação, e não a falsificação. [...]. Ciência normal e revoluções científicas são necessárias para o progresso da ciência. O que se faz num curso de Física é ciência normal. A passagem da pré-ciência para uma fase de ciência madura ocorre quando os pesquisadores daquela área de conhecimento aderem a um mesmo paradigma. O surgimento de anomalias graves afeta o paradigma e novas idéias começam a aparecer até que se estabeleça um novo paradigma”.

Nesse contexto surgiram outras questões:

AL14(AU7): “ Não entendi. Ciência madura não quer dizer que ela pára por aí?”.

AL2(AU7): “Mas existem vários paradigmas, então a Física não é uma ciência madura?”.

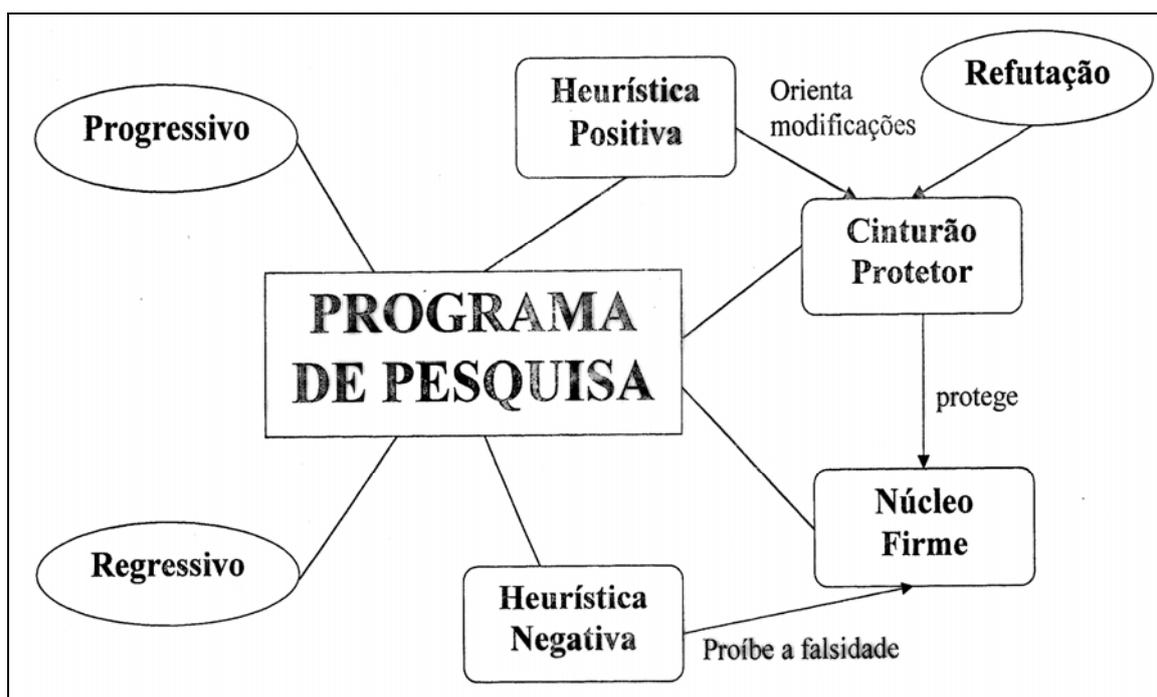


Figura 4 – 2ª versão do Mapa Conceitual da filosofia de Lakatos reelaborado por: ALUNO 8, ALUNO 20, ALUNO 22, ALUNO 23 - após as discussões de sala de aula.

A dúvida do ALUNO 2 pareceu reforçar sua visão aberta e adequada às visões epistemológicas contemporâneas da natureza da ciência uma vez que ele admite implicitamente que na Física coexistem diferentes paradigmas. Sua dúvida vai além, no sentido de criticar o próprio Kuhn que entende ciência madura quando todos os cientistas aderem a um único paradigma.

A questão do ALUNO 14 pareceu revelar que ele tinha a impressão de que o conhecimento científico produzido pela Física é cumulativo, inflexível e pode atingir a verdade absoluta (ao se tornar ciência madura), demonstrando uma concepção contrária à natureza tentativa e provisória das teorias científicas. Talvez essa visão fosse reforçada pela forma de apresentação da Física nos livros didáticos, tanto do ensino médio quanto de alguns dos mais conhecidos livros de Física Geral utilizados no curso de Física. Haveria também uma contribuição das visões passadas pelos professores de Física, nos diferentes níveis, ao longo dos anos da vida escolar?

Acreditamos que sim. Esse é o motivo porque entendemos que os professores de Física em formação precisam tomar consciência das suas próprias visões sobre a natureza da ciência e adotar posições críticas na direção de visões mais contemporâneas.

Ryder et al. (1999), Matthews (1995), Ogunniyi (1982), Prado (1989), Lederman et al. (1998, 2002), Mestre (2001), Sandoval, Cudmani e Madozzo (1995) são exemplos de pesquisas que têm se empenhado intensivamente, nos últimos 20 anos, visando à inclusão da História e Epistemologia da Ciência nos cursos de formação de professores de ciência, mostrando que esta tem sido uma tendência na literatura.

A aula seguinte foi dedicada à construção dos mapas conceituais da filosofia de Kuhn. Novamente os grupos reuniram-se para elaboração da tarefa. Esses momentos eram especiais

porque nos pequenos grupos ocorriam as mais acaloradas discussões e todos tinham de participar expondo e discutindo suas idéias para a execução da tarefa. Como já referimos anteriormente, nas discussões de grande grupo poucos alunos, e em geral os mesmos, participavam ativamente dos debates ou simplesmente buscavam esclarecer suas dúvidas.

Os demais silenciavam, provavelmente devido a suas características pessoais ou porque, como já comentamos, a sala de aula assume um caráter de “espaço de tensões”, aonde “conhecimento é poder”, no dizer de Michel Foucault (Foucault, 2000), e acaba silenciando os mais inibidos.

Assim, as atividades de grupo, que às vezes se estendiam por horas, eram oportunidades ricas de interação aonde afloravam dúvidas, sugestões, reflexões e as relações sociais ganhavam vida, tornavam-se espontâneas e absolutamente naturais, não apenas entre os alunos, mas também entre alunos e professor.

Percebemos que nossas intervenções nos grupos foram ganhando familiaridade e através delas fomos conhecendo mais de perto cada estudante; fomos descobrindo formas de expressão e de pensamento. Através delas descobrimos que nem sempre as visões epistemológicas dos diferentes filósofos da ciência eram bem aceitas. Thomas Kuhn define incomensurabilidade como formas diferentes de ver o mundo e, portanto, os méritos de diferentes paradigmas não podem ser comparados. Nesse dia verificamos no grupo do ALUNO 15 que havia críticas a essas idéias:

AL15(AU8): “... *entendo que é possível comparar paradigmas, pois a conversão do cientista para o novo paradigma implica que ele esteja julgando o novo melhor do que o atual*”.

AL3(AU8): “... *a mecânica clássica continua sendo estudada e a mecânica relativística constitui um novo paradigma [...] então os dois paradigmas coexistem*”.

Essas posições demonstravam uma atitude bastante reflexiva já que essas também são críticas bem conhecidas de outros filósofos da ciência em relação a Kuhn.

Na aula seguinte houve as apresentações dos mapas conceituais de Kuhn. Não antes da habitual cobrança da primeira meia hora para “*fazer os ajustes finais dos mapas*” e do não surpreendente repúdio à presença da professora que representava oficialmente o Departamento de Física, devido à ausência do professor, por motivo de viagem.

Essa postura dos estudantes confirmava nossa suspeita já referida, de que se estabelecem relações de hierarquia na sala de aula entre professor e estudantes, unicamente, e a presença de outros personagens gera, em princípio, desconforto. Era possível perceber, no entanto, que a nossa presença ali começava a ser aceita. Aos poucos fomos conquistando a confiança dos estudantes e “um lugar ao sol”.

O ALUNO 10 pediu para começar a apresentação do mapa sob os protestos da turma que alegava que “*a transparência está ilegível*” e “*a letra está feia*”.

O mapa estava manuscrito enquanto a maioria dos grupos tinha usado o CmapTools<sup>1</sup>, uma ferramenta que dispõe de inúmeros recursos para construção de mapas conceituais e permite que eles ganhem estrutura e aparência visual mais elegantes.

---

<sup>1</sup> CmapTools : programa livre que pode ser acessado na internet através do endereço: [cmap.coginst.uwf.edu/](http://cmap.coginst.uwf.edu/)

Pode-se dizer, portanto, que o nível de exigência dos estudantes com relação à forma dos mapas tinha crescido, sendo que conceitos repetidos e conectivos longos entre os principais conceitos foram sistematicamente criticados pelos próprios colegas.

Não ocorreram debates marcantes durante as apresentações e os mapas da epistemologia de Kuhn estavam, em geral, bastante concisos e contendo os principais conceitos adequadamente relacionados entre si, indicando que houve um certo consenso com relação às idéias de Kuhn e que começavam a desaparecer os sobressaltos iniciais com respeito às novas idéias da natureza da ciência.

Mostramos a seguir um dos mapas apresentados naquela aula e transcrevemos abaixo parte da fala do ALUNO 9 para explicá-lo:

AL9(AU9): “[...] acontece a ciência normal embasada num paradigma. Quando o paradigma entra em crise vem a Revolução Científica. A fase da revolução se caracteriza pela insatisfação com o antigo paradigma e pela persuasão para conversão ao novo paradigma. O novo paradigma representa progresso para a ciência porque resolve as anomalias apresentadas pelo antecessor. Ao se estabelecer um novo paradigma, vem nova fase de ciência normal como em um processo cíclico, mas com crescimento da ciência. Os paradigmas são incomensuráveis no sentido de que são maneiras diferentes de ver o mundo”.

Do exame do mapa pode-se ver que apareceu claramente a idéia da não existência da “verdade absoluta”. Além disso, variáveis de caráter social e humano como “insatisfação” e “persuasão” são admitidas no processo de construção da ciência, demonstrando adesão a crenças contrárias ao “método positivista” rigoroso e inflexível.

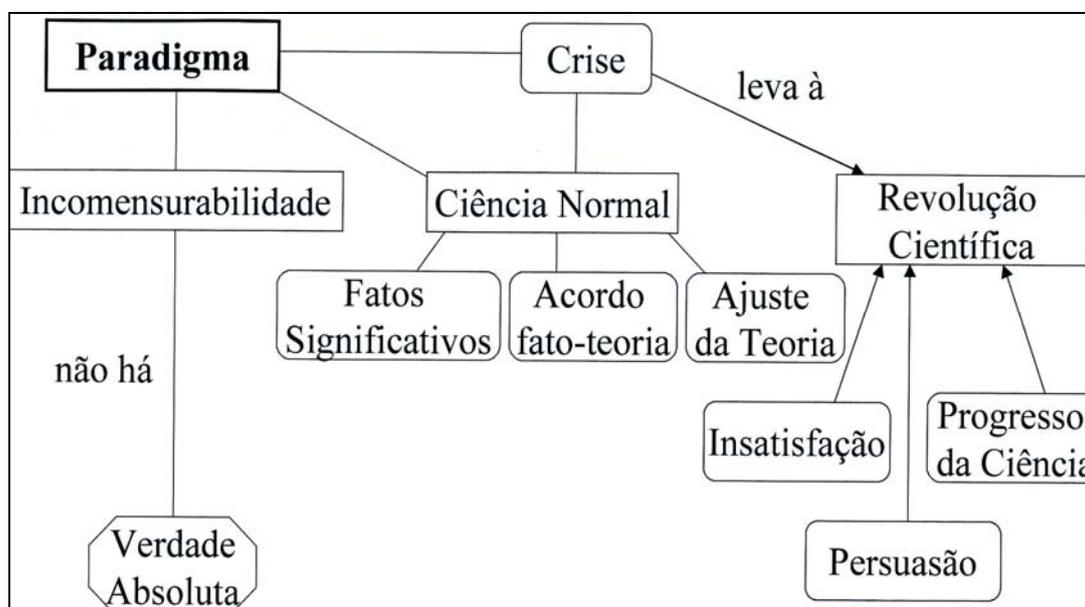


Figura 5 - Mapa conceitual da filosofia de Kuhn apresentado pelo grupo ALUNO 1, ALUNO 7, ALUNO 9, ALUNO 12.

Utilizamos o final daquela aula para explicar e discutir a tarefa da aula seguinte que consistiria da construção de um quadro comparativo das principais idéias epistemológicas até então estudadas. As apresentações seriam feitas em mesa redonda aonde um representante faria a defesa das idéias do grupo e cujo objetivo seria obter um único quadro de consenso.

AL2(AU9): *“Mas que não vai haver consenso, isso não vai! Isso vai ser uma briga de foice”*.

Pesquisadora: *“[...] é preciso aprender a negociar. Vocês serão professores e a sala de aula será uma constante negociação”*.

AL2(AU9): *“Mas na sala de aula não é assim. Lá o professor manda e os alunos obedecem”*.

Os colegas riram da brincadeira. Ficamos nos perguntando quantos dali sairiam da Universidade realmente preparados para os desafios da sala de aula e para as necessárias transformações, e quantos se limitariam a dar as aulas tradicionais, praticadas pela maioria de seus próprios professores, como o ALUNO 2 insinuara?

A aula seguinte, a décima do semestre, foi por nós coordenada. Foi marcada por muitas ausências. Os alunos tinham conhecimento de que o professor continuava em viagem, o que, definitivamente, gerava aumento das ausências.

Os estudantes tinham sido avisados, no início do semestre, que presença e participação seriam itens importantes na sua avaliação. Assim, valeria a pena assistir aulas quando o professor titular e responsável pela avaliação final estivesse ausente?

Tal comportamento pareceu confirmar o resultado obtido por Villani et al. (1997), de que obter boas notas é um dos objetivos que leva os estudantes à sala de aula. Concluem ainda que é *“tarefa básica do professor, acoplar seu objetivo, de que seus alunos aprendam, com a meta deles de obter sucesso e diploma”*, tarefa esta que se constitui em permanente desafio para todo professor.

Naquela aula solicitamos que se formassem apenas três grupos. A meta era objetivar os debates e fazer com que a reflexão, construção e apresentação dos quadros comparativos das filosofias estudadas se tornassem menos dispersivas e mais críticas.

Várias dúvidas foram surgindo durante nossas interações com os grupos, demonstrando que captar a essência das teorias de Popper, Lakatos e Kuhn destacando semelhanças e diferenças entre elas, consistia em uma tarefa bastante complexa. Pressupunha ter aprendido significativamente as diferentes visões para poder compará-las criticamente. E isto, definitivamente, ainda não tinha acontecido naquele momento.

Vestígios de crenças bastante enraizadas nas mentes de alguns estudantes continuavam a se fazer presentes. Transcrevemos abaixo parte de um intenso debate que se travou no grupo formado por: ALUNO 1, ALUNO 7, ALUNO 12, ALUNO 15 e ALUNO 17:

AL12(AU10): *“[...] é preciso transmitir a idéia de que a Física é objetiva, precisa e inquestionável, caso contrário o aluno do nível médio vai ficar com a idéia de que não é importante estudá-la já que é um conhecimento apenas transitório”*.

Contra-argumentamos: *“[...] um bom argumento em prol da Física é lembrar que, a despeito da transitoriedade das teorias e dos modelos, ela constitui a melhor explicação disponível para o mundo natural e que o avanço tecnológico que ela tem propiciado é inegável. Não é lícito ensinar a Física como uma ciência acabada porque à luz das futuras descobertas pode acontecer que o que sabemos hoje não seja totalmente válido amanhã”*.

A despeito da nossa argumentação havia naquele grupo uma forte tendência em favor do posicionamento do ALUNO 12 deixando evidente o quanto era profunda a crença em leis e teorias fixas e imutáveis que a Física produziu.

O segundo grupo (ALUNO 4, ALUNO 8, ALUNO 10, ALUNO 18, ALUNO 20, ALUNO 22 e ALUNO 23) estava mergulhado em discussões sobre o processo de ensino e aprendizagem:

AL20(AU10): *“É preciso fazer o aluno aprender a refletir”*.

AL18(AU10): *“Não tem outra forma senão começar treinando. O aluno de nível médio precisa ser treinado a resolver problemas-padrão de Física, pois ele vai ser cobrado no vestibular [...] ainda que o aluno não entenda no começo, ele vai aprendendo como se resolve e pega o jeito”*.

O ALUNO 18 parecia convicto das suas idéias e pouco disposto a abandoná-las. Usou seu próprio exemplo para dizer que *“tenho consciência de que só na Universidade me tornei um aluno dedicado”*. Defendeu sua convicção de que somente com a maturidade *“os jovens adquirem gosto e passam a valorizar a busca pelo conhecimento”*. Mas admitiu que o *“meio social gera mudanças”* e disse acreditar que o meio acadêmico incentiva o aluno a estudar enquanto *“o nível médio é um meio que tolera o aluno relapso”*.

É preciso levar em conta que O ALUNO 18 já era professor e já entrara em contato com as dificuldades de sala de aula, o que parecia estar na base do seu aparente pessimismo, aliado à baixa qualidade do ensino médio do nosso país, fato publicamente reconhecido, e que acaba tolhendo boas idéias dos professores e frustrando ideais.

Com relação a essas manifestações o professor retomou o assunto na aula seguinte e disse que: *“mudanças significativas não acontecem por si só e o professor assume na sala de aula um papel importante na busca da transformação”*. Os alunos ouviam em silêncio.

Seguiu-se a apresentação e discussão dos quadros comparativos através de uma dinâmica diferenciada, já explicada anteriormente, sendo que a qualquer momento um suplente poderia ser indicado para complementar ou melhorar o enfoque da argumentação do representante do grupo. A distribuição espacial foi tal que os representantes ocuparam a mesa no centro da sala de forma que todos os alunos ficassem voltados para o centro de discussões.

No começo dos trabalhos cada grupo acabou mandando para a mesa dois componentes (o representante e o suplente). O desenho inicial não foi respeitado provavelmente porque havia a expectativa de muita polêmica. Na prática, toda a turma acabou participando dos debates. Acreditamos que foi o momento de maior interação de grande grupo até então.

Era possível perceber que à medida que o tempo passava os estudantes iam se acostumando àquela forma mais interativa de aula. Em geral, nas apresentações o professor incentivava que as cadeiras fossem dispostas em forma de círculo o que facilitava o diálogo. Definitivamente eram aulas que fugiam ao padrão tradicional do curso de Física e ainda que as disciplinas da Educação tivessem tido esse mesmo espírito *“estas eram diferentes”*, diziam eles, primeiro porque eram aulas dadas por um físico, e segundo porque não havia as famosas *“listas de problemas”*.

Um debate que apareceu nesse dia estava diretamente relacionado com a forma de trabalho dos cientistas e de como eles próprios (os cientistas) são vistos. O ALUNO 13 comentou um seminário recente que haviam assistido, em que um eminente cientista afirmara que *“fazer*

*ciência é pensar grande e toda vez que tomo conhecimento que há alguém trabalhando na mesma idéia, abandono-a e parto para outra”.*

Essa assertiva pareceu ter causado frustração nos estudantes, pois passou a idéia de competição e da busca por sucesso pessoal por parte dos cientistas, características eminentemente humanas, como teoriza Humberto Maturana. Maturana (2001) entende a ciência como um domínio cognitivo gerado na atividade humana, relacionada ao que fazemos e vivemos na vida cotidiana, como observadores explicando o que observamos através de uma rede de conversações que envolve afirmações e explicações validadas por uma comunidade científica, sob a paixão de explicar. Portanto, longe de ser uma atividade que segue rigorosamente um “método científico”.

A manifesta frustração dos estudantes demonstrou, assim, uma crença que coincide com representações sociais a respeito do fazer científico, ou seja, de que o cientista seria um ser especial acima de qualquer suspeita, o que é uma visão bastante equivocada.

O professor procurou romper essa visão dizendo:

Professor: *“É isso mesmo que acontece no dia-a-dia do cientista. Além de existir o problema competição, que envolve verbas para a pesquisa, existe a vontade de ser o primeiro a ter a idéia. O cientista não está interessado em questões filosóficas, quer publicar, trabalhar com coisas novas e de ponta”.*

Retornando ao quadro comparativo, observamos que ao longo das discussões que objetivavam construir um quadro consensuado apareceram algumas manifestações que revelavam grandes avanços na direção de visões mais adequadas da natureza da ciência.

AL7(AU11): *“Com relação às principais diferenças entre as epistemologias de Popper, Lakatos e Kuhn e o empirismo/indutivismo, acho que para esses três epistemólogos a verdade é provisória, não é absoluta e imutável como no empirismo”.*

AL6(AU11): *“O professor deve apresentar a Física como uma modelagem da natureza”.*

AL2(AU11): *“Acho que isso não basta, é preciso convencer que o modelo utilizado pela Física é o melhor para mostrar ao aluno que é importante aprender Física. Caso contrário, acontece que o aluno pode não aprender nada de Física, mas vai estudar o que tu estás querendo e isso vai acontecer se tu disseres a ele que é necessário para passar no vestibular”.*

AL11(AU11): *“Na escola o aluno aprende a decorar fórmulas, a resolver problemas, mas não aprende Física”.*

Professor: *“O professor não pode pactuar com esse tipo de ensino [...] a escola precisa formar cidadãos críticos e reflexivos”.*

Esse diálogo é auto-explicativo no que concerne à relevância dos assuntos em questão e à enorme importância que essas discussões explícitas assumem na formação de professores mais reflexivos.

As aulas seguintes foram dedicadas à filosofia de Gaston Bachelard *“o filósofo do não e da desilusão [...] o conhecimento é uma ilusão, pois o progresso depende de uma desilusão com o conhecimento anterior”*, no dizer do professor.

O professor explicou cuidadosamente as idéias abrangentes e complexas de Bachelard: as “noções obstáculo” (ex: idéia de corpúsculo como uma minúscula bolinha, já superada na Física), os “obstáculos epistemológicos” (substancialismo, animismo, o excesso de imagens e analogias simples, etc.) e os “obstáculos pedagógicos” (tudo o que é fácil ensinar é inexato). Deteve-se na questão do “perfil epistemológico” (estágios pelos quais pode passar a compreensão de um dado conceito para um indivíduo) e do “espectro epistemológico” (tendências da ciência em dado período, que vai do empirismo para o idealismo). Atentou para a importância do “espírito científico” buscar sempre fazer avançar nossa compreensão dos conceitos físicos, de forma a se tornarem em nossa mente cada vez mais sofisticados e mais abstratos.

Foi possível perceber que as idéias bastante elaboradas e complexas de Bachelard novamente causavam desconforto, conflitando com algumas crenças.

Destacamos algumas falas que exemplificam isso:

AL17(AU12): *“Mas no caso da eletrônica as “bolinhas” funcionam. (referindo-se á idéia do elétron - corpúsculo - pensado como uma bolinha).*

AL14(AU12): *“Qual a definição de massa? Quer dizer que em cada estágio do “perfil epistemológico” a definição é diferente?”*

AL13(AU12): *“Passar de um estágio para outro, avançar no perfil epistemológico ocorre sem necessidade de provar? É uma questão de crença?”.*

O elétron pensado como uma bolinha, em primeiro lugar, é uma representação imagística utilizada pelos livros de ciência (já superada pela Física Moderna) e, em segundo lugar, expressa uma associação inequívoca com a substância que nada tem a ver com a dualidade onda-partícula teorizada pela Mecânica Quântica mais ortodoxa, ou com a idéia de “ente quântico” das interpretações alternativas da Mecânica Quântica. A utilização desse tipo de analogia deve ser abolida porque não contribui para uma compreensão mais aberta da Física Moderna.

O conceito de massa, Bachelard discute bem isso, se entendido como “conceituação do grande” ou como “quantidade de matéria” (materialismo), é fácil de ser compreendido, mas está associado à forma mais primitiva desse conceito e acaba funcionando como obstáculo pedagógico, pois limita o espírito científico, uma vez que massa para a Física Moderna é muito mais do que isto. Ao longo do último século e com o espetacular avanço da Física o conceito de massa se tornou abstrato, uma função da velocidade, na Relatividade, aonde nem mesmo a massa de repouso define as características de um objeto, pois, não existe repouso absoluto. Para Dirac, o conceito de massa se tornou dialético, admitiu a massa negativa (sem raiz na realidade comum). Estas questões, como teoriza Bachelard, só podem ser interpretadas num racionalismo aberto, em um verdadeiro ultra-racionalismo.

Portanto, as falas dos alunos 17, 14 e 13 parecem expressar crenças bastante ingênuas sobre alguns conceitos fundamentais da Física, o que deixa evidente uma certa resistência daqueles alunos em abrir mão de suas crenças positivistas.

As questões e os debates que se seguiram levaram o professor a destinar o restante da aula para a discussão dessas idéias *“ pois elas têm muitas implicações para o ensino ”*, nas palavras do professor.

Na décima terceira aula do semestre, que na primeira metade foi por nós coordenada, pedimos para que iniciassem a construção dos mapas conceituais da filosofia de Bachelard.

Os alunos mostraram-se reticentes, diziam ter achado o texto de apoio muito complexo, pouco elucidativo e com expressões de difícil interpretação. Salienta-se que a cada novo epistemólogo que era apresentado era solicitada a leitura de um texto de apoio. Neste caso foi disponibilizado o Texto de Apoio nº 5, intitulado *“Las Epistemologias de Bachelard, Laudan y Feyerabend”*, 2000, de Marta A. Pesa e Ileana M. Greca, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil. O texto estava em espanhol e este foi o motivo da maior reclamação dos estudantes.

Entretanto, ao longo das nossas conversas com os grupos naquela aula, foi possível perceber que dentre os filósofos da ciência até então estudados Bachelard tinha sido, sem dúvida, o de maior complexidade conceitual e causa, muito mais do que a falta de compreensão do texto de apoio, do clima de ansiedade que voltou a permear a sala de aula.

Não havia consenso dentro dos grupos nem mesmo naqueles costumeiramente mais ativos, deixando aflorar o quanto estavam inseguros.

A “filosofia do não” de Bachelard traz na sua essência a idéia da constante desilusão com o conhecimento anterior, questionando-o com o objetivo de alargar horizontes e fazer a ciência crescer, e traz subjacente a idéia do erro e da permanente retificação do erro, e isso, colocava em risco crenças bem estabelecidas a respeito da imutabilidade das leis e teorias da Física. Além disso, as idéias de Bachelard, com grande influência no ensino, como a idéia de que é preciso vencer “obstáculos epistemológicos e pedagógicos” chamando atenção, por exemplo, a que o conhecimento comum/sensível e o excesso de imagens acabam limitando a capacidade do aluno de representar, bem como a idéia do freqüente uso de “noções-obstáculo”, como, por exemplo, a idéia de corpúsculo associado a “objeto minúsculo”, colocaram os estudantes naquela aula diante de sérios dilemas. Diríamos que foram momentos de profundas reflexões coletivas sobre o “fazer” do profissional de ensino aonde apareceram comentários e críticas a seus próprios professores e inevitáveis comparações que, para muitos daquele grupo, não sabíamos dizer ainda quantos, serviria para uma efetiva tomada de consciência.

A afirmação a seguir expressa bem a preocupação, quase uma desilusão, do ALUNO 3 com relação a essas questões:

AL3(AU13): *“Para entender o que os alunos interpretam ou aprendem só entrando na mente deles!”*.

As apresentações dos mapas ficaram para a aula seguinte que, da mesma forma, começou reticente e silenciosa. O professor precisou incentivar os grupos a fazerem suas apresentações, não houve voluntários.

Ao final da primeira apresentação o próprio grupo comentou seu trabalho:

AL18(AU14): *“É isso, mas nós tivemos dificuldades, não está claro [...] talvez esteja faltando mais leitura”*.

AL23(AU14): *“Nós identificamos os conceitos, mas a dificuldade foi relacioná-los [...]”*.

Essa auto-crítica deu início a uma discussão que envolveu todos os grupos a respeito de quais seriam os conceitos considerados principais na filosofia de Bachelard, o que resultou no questionamento do próprio conceito de “conceito”.

O professor interveio para esclarecer que as pessoas vão adquirindo e ampliando os seus conceitos cotidianos e científicos. Citou exemplos de conceitos científicos que vão mudando seus significados dentro das próprias comunidades científicas à medida que o conhecimento vai avançando.

A preocupação, entretanto, parecia centrar-se em aspectos práticos, senão vejamos:

AL14(AU14): *“Como o professor pode fazer pra identificar que ‘ele não entende que o aluno não entende’?”*.

AL13(AU14): *“[...] nunca se pode esquecer que uma turma é diferente da outra e que não basta a repetição das explicações”*.

AL4(AU14): *“A minha experiência de sala de aula mostra que os alunos acham que Física e Matemática poderiam ser a mesma disciplina”*.

AL9(AU14): *“Há uma idéia por aí de que a Física é formulista”*.

AL19(AU14): *“Mas também não dá para banalizar e só ensinar conceitos”*.

Professor: *“Será que não temos um jeito de mudar essa realidade? É verdade que nós físicos fomos treinados a lidar e a desenvolver fórmulas, mas precisamos entender os conceitos que estão por trás das fórmulas. Como professores isto é fundamental. Caso contrário as nossas aulas se transformam em um festival de fórmulas [...]. Precisamos permanentemente nos questionar sobre nossas aulas”*.

Essas manifestações demonstraram uma certa preocupação e uma crescente conscientização das dificuldades que os professores enfrentam para ensinar Física e das necessidades de transformação desse cenário.

Observamos que, à medida que os vários mapas conceituais da filosofia de Bachelard foram sendo apresentados e discutidos, a compreensão foi melhorando de forma que, às vezes, o próprio grupo passava a perceber as deficiências do seu mapa e a necessidade de ser refeito.

O seguinte diálogo, de um dos grupos, mostra bem isso:

AL11(AU14): *“Na minha opinião ‘filosofia do não’ é um conceito principal e falta no nosso mapa. Ela deveria aparecer como conceito-chave. Falta também o conceito de ‘conhecimento comum’”*.

AL13(AU14): *“Acho que ‘conhecimento comum’ aparece dentro de ‘conhecimento geral’. Bom, isso é genial, o grupo não concorda com o que ele mesmo propôs e eu fico aqui na frente tentando defender...”*.

Mostramos a seguir o mapa conceitual em questão em sua versão modificada após a apresentação.

Verifica-se na Figura 6 que há articulação entre os principais conceitos da filosofia de Bachelard com destaque para os obstáculos epistemológicos (conhecimento comum, animismo, substancialismo, experiência primeira) e para os obstáculos pedagógicos. Não fica claro que é preciso vencer esses obstáculos para que o espírito científico possa avançar no perfil epistemológico. A Filosofia do Não está associada à questão do “erro”. O crescimento da ciência

se dá pela constante superação do erro o que define sua natureza transitória e tentativa. Essa idéia não apareceu no mapa conceitual.

Entretanto, essa última idéia foi bem destacada pelo ALUNO 4 na apresentação do quarto mapa conceitual:

AL4(AU14): “[...] a busca pelo conhecimento científico é guiada pela ‘filosofia do não’. O espírito científico enfrenta os ‘obstáculos epistemológicos’ e, no ensino e aprendizagem, temos que procurar superar os ‘obstáculos pedagógicos’ e isso vai fazer com que os alunos avancem no ‘perfil epistemológico’. Melhoramos nosso conhecimento científico passando por todo o espectro [...]”.

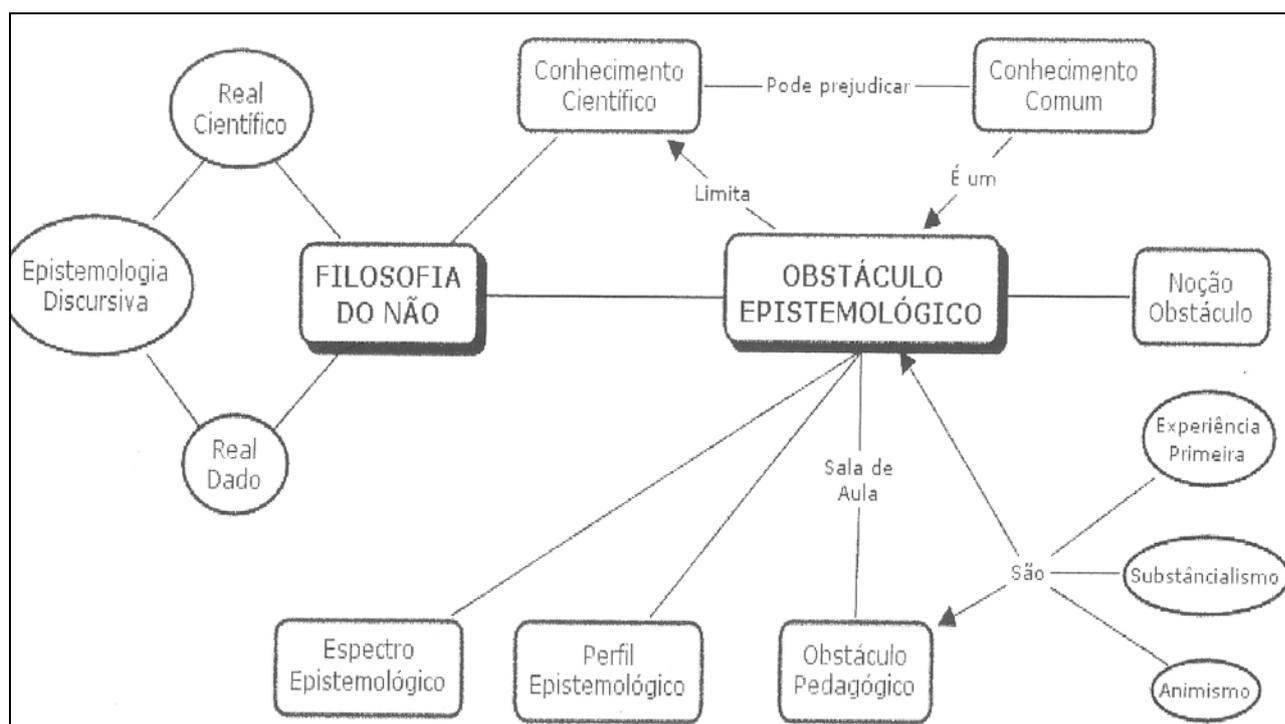


Figura 6 – Mapa Conceitual da filosofia de Bachelard apresentado por: ALUNO 2, ALUNO 11, ALUNO 13, ALUNO 14.

AL6(AU14): “O espírito científico enfrenta obstáculos? Não concordo com a forma como esta questão é colocada”.

AL4(AU14): “Sim enfrenta porque à medida que questionamos o conhecimento nós o estamos enfrentado”.

AL6(AU14): “Entendo que os obstáculos estão aí e os alunos lidam com eles, as vezes os enfrentam e outras não, por isso não se trata de um enfrentamento no sentido da palavra”.

Professor: “... o ALUNO 6 quer dizer que o enfrentamento pode não ocorrer pelo fato de que não houve nem mesmo identificação do obstáculo por parte do aluno”.

Essa discussão mostrou uma visão bastante adequada às visões epistemológicas contemporâneas da natureza da ciência dos ALUNO 4 e ALUNO 6. Na verdade, o foco da discussão é marginal ao que ela revela de mais importante, ou seja, que ambos aceitavam

naturalmente a provisoriedade e mutabilidade do conhecimento científico e com isso o debate tornou-se mais minucioso.

De uma maneira geral, ficamos com a impressão de que as idéias de Bachelard não foram bem compreendidas, mas principalmente, não foram aceitas com facilidade. De fato, aceitar a presença do erro no processo de construção da ciência pressupõe admitir não apenas que os dados observacionais apresentam erros e imprecisões, mas que também as leis e teorias físicas estão sujeitas ao erro. Isso colide frontalmente com visões positivistas tradicionais.

O filósofo da ciência abordado na seqüência, Larry Laudan, foi por nós apresentado, na aula seguinte, por motivo de viagem do professor. Apresentamos as principais idéias de Laudan com auxílio de lâminas: a ciência é uma atividade de “resolução de problemas” e os cientistas passam o tempo todo tentando resolver problemas, basicamente de dois tipos: empíricos – perguntas sobre o mundo natural e, conceituais - perguntas relacionadas com as inconsistências ou ambigüidades internas das teorias ou contradições entre teorias. As teorias estão filiadas a Tradições de Investigação, que são crenças mais profundas dos cientistas e metodologias que eles utilizam, de tal forma que não podem ser contrastadas. Destacamos que, para Laudan, o valor de uma teoria depende da eficácia em resolver problemas e do progresso que ela representa. A ciência tem como objetivo principal transformar problemas empíricos, anômalos e não resolvidos, em problemas resolvidos.

A visão de Laudan, embora coincida em muitos aspectos com os filósofos anteriores (e.g., a natureza conjectural do conhecimento científico; a superação da concepção empírico/indutivista, etc.), difere daquelas no sentido de que ele acha natural que as teorias apresentem algum grau de ameaça epistemológica provocada pelas anomalias. Assim, as anomalias são importantes, mas não decisivas para provocar o abandono do paradigma. Além disso, Laudan expressa uma visão mais pragmática da ciência. Fizemos uso de exemplos históricos objetivando facilitar a compreensão.

O comportamento da turma nesse dia foi bom, demonstrando interesse pelo assunto, que, aliás, não pareceu ter causado tanto impacto como em Bachelard. Entretanto, foi possível perceber que o nível de atenção foi inferior enquanto o nível de ruídos e conversas dispersivas foi superior aos verificados nas aulas do professor.

Cabem aqui algumas reflexões: poderíamos atribuir tal comportamento da turma à nossa falta de experiência docente. Mesmo utilizando sistemática idêntica à do professor, sabe-se que diferentes professores apresentam diferentemente o mesmo conteúdo o que determina o estilo próprio de cada um. Contudo, entendemos que este foi mais um indício, a reforçar nossa hipótese, já referida anteriormente, de que as relações de hierarquia que se estabeleceram na sala de aula acontecem entre professor e estudantes, unicamente. Ainda que nossa presença ali já não causasse estranheza, essa tinha sido nossa primeira aula.

De outro lado, ao final da aula, muitos alunos se sentiram bastante à vontade para apresentar queixas, dúvidas e dificuldades de ordem prática sobre a forma, extensão e bibliografia para elaboração da monografia que as duplas estavam preparando sobre História da Física. Esses desabafos dos estudantes soaram como uma espécie de cumplicidade de igual para igual, o que não acontecia com relação ao professor, ainda que as relações entre professor e alunos fossem as mais amistosas possíveis.

Os mapas conceituais da filosofia de Laudan ficaram para a aula seguinte.

Estabeleceu-se como objetivo para a décima sexta aula, quando se completavam dois meses de curso, construir e apresentar os mapas no mesmo dia. Foram aparecendo dúvidas ao

longo da aula que o professor procurou esclarecer, aproveitando para revisar as principais idéias de Laudan.

Os mapas foram rapidamente construídos pela maioria dos grupos o que indicava que os estudantes haviam adquirido certa habilidade para trabalhar com mapas conceituais, ainda que, essa tarefa parecesse facilitada pela clareza e objetividade das idéias de Laudan.

As apresentações transcorreram normalmente. A novidade ficou por conta das críticas sistemáticas feitas pelo professor à maioria dos mapas, deixando transparecer que a rapidez na construção resultou em perda de qualidade.

De fato, construir um mapa conceitual não se reduz a listar conceitos dispondo-os em forma de fluxograma. Pressupõe captar a “*estrutura conceitual do texto*” e se libertar da “*idéia de linearidade*”, nas palavras do professor, que fez analogia com a construção de um edifício. Ou seja, o mapa conceitual equivale à estrutura do edifício. “*É preciso captar os principais conceitos do texto e relacioná-los entre si através de conectivos expressivos e de alguma forma destacar quais são os conceitos-chave*”.

Nesse sentido, conforme aborda Mestre (2001), acreditamos que a aprendizagem na construção de mapas conceituais desenvolve habilidades para que os estudantes consigam organizar os conhecimentos, tanto da Física quanto da natureza do conhecimento científico, auxiliando-os na identificação dos conceitos e princípios de maior domínio, e também destacando a importância de justificar o seu uso, ao invés de simplesmente manipular equações, como costuma acontecer nas tarefas de resolução de problemas.

Concordamos que esse aprendizado “*deve ocorrer durante a instrução e que os estudantes devem se engajar ativamente nisto*” (Mestre, 2001). A superação por parte dos estudantes das suas próprias dificuldades, que refletem, em diferentes níveis, as dificuldades que seus alunos apresentarão pode fazer com que os caminhos que eles utilizam para chegar ao entendimento e todas as estratégias que os auxiliam a vencer obstáculos, como o trabalho colaborativo de grupo, os seminários, o uso de fluxogramas e de mapas conceituais acabe levando os futuros professores a repensar práticas docentes incentivando-os a introduzir novas estratégias.

Com o intuito de encorajar novas práticas e a utilização de novas tecnologias a aula seguinte foi dedicada à apresentação do software CmapTool (<http://cmap.coginst.uwf.edu>). Foram apresentados: a forma de acesso, os aplicativos, os recursos, as instruções de uso e as vantagens de utilização do programa para a construção de mapas conceituais mais elaborados, que podem incluir elementos como: textos explicativos, definições, figuras, animações, etc..

Os estudantes tiveram oportunidade de exercitar trabalhando diretamente no programa através dos computadores do laboratório de informática.

A aula foi dada por uma professora de novas tecnologias e a audiência foi extremamente baixa. Apenas dois grupos aproveitaram para refazer os mapas da filosofia de Laudan.

Observou-se, como das outras vezes, que quando o professor titular não estava presente o nível de aproveitamento baixava significativamente. Se por um lado, isso fazia supor que o desempenho e a dedicação dos estudantes estavam associados à avaliação, uma vez que presença e participação eram itens avaliáveis para aprovação na disciplina, por outro lado há de se considerar que a maioria dos estudantes daquele grupo era usuária e dominava bastante bem sistemas informatizados, podendo-se, então, inferir que não teriam problemas para acessar e

operacionalizar programas disponíveis na *internet*. “Checamos” isso em conversas com os próprios estudantes e eles confirmaram nossa suspeita, pois já elaboravam seus mapas no *Cmap*.

Então, da óptica deles, aquela aula se tornou repetitiva e cansativa, provavelmente motivo principal da falta de interesse da maioria, ainda que oito alunos tenham aproveitado para esclarecer suas dúvidas.

A epistemologia de Stephen Toulmin foi introduzida na aula seguinte, a décima oitava do semestre.

No início da aula o professor normalmente encontrava a turma mergulhada em discussões diversas: notícias, fatos, filmes, etc. Nesse dia, a turma discutia calorosamente o último filme da série *Matrix*. O professor fez um comentário bem humorado do filme, o que provocou risos nos alunos. Esses momentos em que, geralmente, o professor entrava nas conversas, ouvia ou emitia alguma opinião, fortaleciam as relações de amizade com os estudantes.

Ao apresentar as principais idéias o professor disse que *“Toulmin considera os conceitos como o que há de mais importante no pensamento humano [...] a ciência evolui com a evolução dos conceitos através da perpetuação seletiva, contrariamente a Kuhn, que entende que a ciência vai cedendo lugar a novos paradigmas, que acontecem através das revoluções científicas”*.

Entende Toulmin que a ciência cresce devido à interação de fatores sócio-econômico-culturais: a existência de diferentes disciplinas, das sociedades científicas, das revistas e congressos científicos e das formas como se desenvolvem, como se capta e qual o valor das ‘populações de conceitos’.

Nesse contexto surgiu a seguinte pergunta:

AL14(AU18): *“Ele (referindo-se a Toulmin) está falando somente da evolução científica na universidade, isto é, no nível superior?”*.

Professor: *“Sim, no Brasil se faz ciência só na universidade [...]”*.

Essa questão desencadeou uma discussão, já ocorrida em aulas anteriores, que focalizava a estrutura das universidades do nosso país e o paradoxo que os professores universitários enfrentam, especialmente na Física, pois *“eles querem fazer pesquisa, mas têm que dar aula”*, nas palavras do professor.

Os alunos deixavam transparecer nas suas falas e expressões que percebiam esse dilema em alguns dos seus professores e em suas aulas pouco motivadoras ao longo do curso de Física e lamentavam que, com isso, assuntos considerados interessantes acabavam sendo mal aprendidos, ou, mais comumente, aprendidos de forma mecânica.

O professor encerrou a discussão dizendo que *“para quem vai ser professor de Física, recomendo que passem pelos diversos níveis de ensino e por vários colégios, várias escolas – supletivo, nível médio, escola pública, escola particular, universidade, etc. – para sentir o sistema”*. Essas recomendações eram sempre ‘bem vindas’. Normalmente os estudantes queriam saber mais, se resultavam de vivências do professor e ouviam com interesse os relatos das experiências pessoais.

O texto de apoio da epistemologia de Toulmin foi elaborado pelo próprio professor e a dinâmica da aula foi repassar o texto em conjunto, discutindo as principais idéias.

Relativamente à natureza da ciência, Toulmin é bastante claro ao afirmar que os conceitos não resistem à ação do tempo, vão evoluindo. Em geral, o nome do conceito se conserva mas, o significado vai mudando.

O professor fez uso de conceitos bastante conhecidos em Física como o de “força” e de “campo” para mostrar como eles evoluíram ao longo da História da Física. Salientou que alguns conceitos morrem e outros aparecem, mas aqueles que se conservam vão reafirmando seu valor num processo racional, que é evolucionista e não revolucionário, marcando uma posição contrária a de Kuhn.

As idéias inovadoras de Toulmin já não causavam tanto impacto na maioria dos estudantes, mas ainda era possível perceber que concepções inadequadas relativamente às visões epistemológicas contemporâneas resistiam nas mentes de alguns, senão vejamos:

AL14(AU18): “*Se Darwin estiver errado o Toulmin também estará!?*”.

Essa afirmação não teve o caráter de dúvida. Pelo seu tão provocativo, pareceu muito mais uma manifestação clara da crença inequívoca na inquestionabilidade de teorias científicas bem aceitas, como a Teoria de Darwin, por exemplo.

O fato de que a aceitação das teorias científicas não é pacífica foi exemplificado pelo professor citando um debate recente, no Estado do Rio de Janeiro, a respeito de ensinar o criacionismo nas escolas. Em geral, o grupo aceitava os argumentos do professor.

As pessoas, assim como os cientistas, passam por um processo de “enculturação”, no dizer de Toulmin. Captam os conceitos vigentes na sua época e depois, através de um processo crítico e racional, o próprio indivíduo pode contribuir para a modificação e evolução dos conceitos que são coletivos, compartilhados nas comunidades científicas. Daí a importância dos foros especializados, dos congressos, revistas, seminários aonde os cientistas expõem e a comunidade científica discute, filtra ou freia as novas idéias e vai decidir, ao longo do tempo, sobre sua aceitação e conseqüente substituição da teoria anterior.

Esse processo é absolutamente diverso do “método científico” defendido pelo positivismo, em que a natureza (a realidade) revela suas leis, bastando que o homem as descubra através da observação meticulosa e uma vez descobertas tornam-se verdades absolutas.

Algumas manifestações dos estudantes demonstraram que o grupo percebeu criticamente que no processo de construção da ciência, como defendido por Toulmin, poderiam aflorar disputas e relações de poder.

AL14(AU18): “*Competição é uma discussão daquilo que a comunidade acha de mais certo ou errado?*”.

AL9(AU18): “*Não tem também a questão do modismo?*”.

AL17(AU18): “*É preciso ganhar muitos adeptos!*”.

O professor concordou e disse que “*é comum comunidades científicas mais fortes acabarem abafando idéias inovadoras quando essas não são vistas com bons olhos*”. Mas, existem as sociedades e associações nacionais e internacionais que zelam pela coerência das disciplinas. Idéias consideradas científicas devem ter por objetivo a explicação. Para Toulmin, os indivíduos e as associações exercem poder intelectual no desenvolvimento da ciência assim como

acontece em qualquer outra esfera humana. *“Para ser um cientista reconhecido tem que publicar muito, fazer divulgação até ganhar crédito”*.

O professor fez um relato sobre a existência e plausibilidade do grande número de revistas acadêmicas no Brasil e no mundo, sobre as questões da qualidade, credibilidade e o processo de classificação desses periódicos. Os alunos sempre demonstravam muito interesse e curiosidade a respeito dessas questões da vida acadêmica. Queriam saber o número aproximado de revistas acadêmicas no Brasil, em Porto Alegre, quais as mais conceituadas, etc..

A aula seguinte que foi por nós coordenada durante a primeira metade, sob a inconformidade de alguns estudantes que perguntavam pelo professor, os grupos passaram a construir os mapas conceituais da filosofia de Toulmin.

De uma maneira geral era possível perceber que alguns conceitos como “mudança conceitual”, “disciplinas”, “empresa racional” ainda geravam certa confusão. Por exemplo, “disciplina” (que para Toulmin é uma empresa racional que envolve as atividades e os procedimentos através dos quais os cientistas trabalham e fazem algum ramo da ciência crescer) era confundida, por alguns, com regras de conduta.

Fizemos, durante a interação com os grupos, vários esclarecimentos tentando elucidar esses conceitos. O professor, ao chegar, percebeu as dúvidas e retomou as principais idéias de Toulmin. Esses eram momentos em que os estudantes silenciavam e ouviam com muita atenção às explicações. Não saberíamos dizer exatamente o que chamava mais a atenção dos estudantes: se a admiração pelo professor ou se o interesse na compreensão da riqueza de idéias de Toulmin. O restante da aula foi dedicado às discussões nos pequenos grupos.

A essa altura do curso ainda era possível perceber que apenas uma parte da turma se expunha ao grande grupo, os demais se limitavam a ouvir concordando com seu silêncio ou com breves acenos de cabeça. Como já discutido anteriormente, nos pequenos grupos a situação era bem diferente, sentiam-se mais à vontade, falavam espontaneamente, emitiam opiniões, davam idéias de tal forma que suas crenças e visões eram mais facilmente percebidas.

No início da vigésima aula houve uma negociação com o professor, pois os alunos pleiteavam suspender a aula seguinte que aconteceria numa sexta-feira após um feriado na quinta. Como muitos daquele grupo moravam no interior do Estado e como houvesse consenso sobre o pleito o professor concordou. A vibração foi geral.

Muito provavelmente essas pequenas concessões e a forma de ser do professor, contraditoriamente receptivo e exigente, mantivesse o grupo tão unido em torno de sua pessoa. Era visível o carinho e o respeito que os alunos tinham por ele. Por exemplo, as críticas aos trabalhos quando se mostravam incompletos ou mal apresentados eram feitas pelo professor de forma direta, sem rodeios. Essa espontaneidade, pela consistência dos argumentos, era sempre bem recebida pelos alunos.

Nesse dia não houve voluntários para começar as apresentações dos mapas conceituais da filosofia de Toulmin. O professor preferiu não fazer indicações e pediu para que houvesse candidatos.

Após uma breve pausa o grupo: ALUNO 6, ALUNO 9, ALUNO 10, ALUNO 15 e ALUNO 16 apresentou-se. O ALUNO 15 explicou o mapa, como era do seu estilo, falou pouco e de forma objetiva.

Finda a apresentação, e como de costume, o professor pediu para que os colegas fizessem as críticas com o objetivo de provocar as discussões. Não houve.

O professor fez então alguns comentários e sugestões para melhoria do mapa e comentou sobre a importância das críticas dizendo que *“através delas o sujeito reflete e melhora seu trabalho”*.

O ALUNO 12 que havia feito um mapa individual devido a sua ausência na aula anterior pediu para apresentar. Foi breve, mas conseguiu mostrar, como já o fizera em outras oportunidades, uma concepção da natureza da ciência bastante adequada às visões epistemológicas contemporâneas.

Ele finalizou dizendo:

AL12(AU19): *“[...] a ciência tem o aspecto humano e o intelectual e estão ligados à mudança conceitual através da racionalidade”*.

Acreditamos que ele estava convicto disso, pois defendeu essa posição ao ser questionado.

AL6(AU19): *“Sobre a racionalidade, ela tem aspectos intelectuais e humanos?”*.

AL12(AU19): *“Sim. Às vezes o lado histórico e humano torna-se mais acentuado e outras vezes é o aspecto intelectual que é mais importante na tomada de decisões”*.

A racionalidade, segundo Toulmin, não pode ser confundida com logicidade mas, tem a ver com a forma como acontece a evolução dos conceitos, e conseqüentemente a evolução da ciência, e depende de aspectos humanos, sociais, econômicos, culturais e históricos.

Portanto, entendemos, qualquer abordagem explícita dos aspectos epistemológicos e históricos da natureza da ciência na formação de professores não pode prescindir da discussão da visão, ampla e abrangente, de Stephen Toulmin.

Destacamos o seguinte diálogo após a apresentação do mapa conceitual da figura 7:

AL6(AU19): *“Porque foi colocado no mapa ‘cientistas’ e ‘população de cientistas?’”*.

AL2(AU19): *“Existem os cientistas e as discussões entre eles é que faz a ciência crescer”*.

A explicação do ALUNO 2 foi bastante concisa e demonstrou, mais uma vez, uma visão da natureza da ciência alinhada à visão contemporânea. Pode-se perceber do exame do mapa conceitual que houve preocupação com a “simetria”. Isso talvez explique melhor o aparecimento da “população de cientistas” (contraponto à “população de conceitos”). Nas palavras do professor: *“[...] os físicos estão sempre buscando simetrias”*.

Houve, no decorrer das apresentações, repetidas discussões a respeito da inclusão (ou não) e do destaque (ou não) a determinados conceitos que ora eram considerados principais, ora eram secundários. Se por um lado tais discussões tornaram-se repetitivas, por outro lado abrandavam algumas divergências e favoreceram uma espécie de negociação implícita. No final, pareceu predominar o consenso de que: “conceitos” e “populações de conceitos” em permanente evolução formam as “disciplinas” e estas, por sua vez, formam a “ciência”. Isto é o que há de principal em Toulmin. Quando há caráter explicativo a disciplina é científica. A rapidez relativa da “mudança conceitual”, indispensável para o crescimento da ciência, depende da existência de “fóruns de



“disciplina” em Toulmin. A questão da racionalidade no processo de cognição humana foi muito polêmica.

Uma das perguntas (no quadro comparativo) era: “*quais as principais diferenças comparativamente ao empirismo/ indutivismo?*”. Esperava-se que aparecesse entre as respostas a ‘natureza tentativa e conjectural’ da natureza da ciência. Não apareceu explicitamente, mas apareceu de forma implícita na pergunta “qual a metodologia para se fazer ciência? (visão do cientista)?” aonde as respostas foram: “*superação do erro*”, “*questionamento dos conceitos anteriores*” e “*evolução e criação de conceitos dentro das disciplinas*”.

Foi possível depreender das discussões que a idéia do erro presente na construção do conhecimento científico, que havia causado tanta resistência em Bachelard, começava a ser aceita. A busca por melhores explicações dos fenômenos naturais é o resultado da constante retificação dos erros.

A resposta à questão “*quais as diferenças comparativamente ao empirismo/indutivismo*” foi expressamente que “*o avanço do conhecimento científico não passa pela indução*”.

Na aula seguinte apresentamos um seminário sobre o enfoque epistemológico/biológico de Humberto Maturana. A filosofia de Maturana está centrada no observador, definido como uma máquina autopoietica<sup>2</sup> a partir do qual emerge o mundo que ele pode perceber, compreender e explicar, ou seja, o observador é parte da própria realidade a ser explicada. Assim, a ciência é vista como uma atividade voltada à explicação impecável e rigorosa feita pelos cientistas na condição de seres humanos, sob a emoção da “*paixão pelo explicar*”. Uma atividade que não pode ser desvinculada da emoção e que é afetada por variáveis de natureza social, cultural, política e histórica.

A epistemologia de Maturana coloca o cientista no cotidiano, pois ele próprio é parte de realidade. Esse enfoque não pressupunha uma realidade independente do observador e fascinou alguns estudantes tanto quanto chocou outros.

Na segunda metade da aula o professor esteve presente e acompanhou os debates gerados por duas questões que propusemos com o intuito provocar discussões.

Reproduzimos abaixo a segunda questão e as respostas dadas pelos alunos:

Qual a principal diferença entre a epistemologia de Maturana e as epistemologias estudadas anteriormente?

MATURANA	BLOCO DOS DEMAIS EPISTEMÓLOGOS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- visão voltada para <b>quem</b> faz ciência;</li> <li>- explicador (observador) e ouvinte têm que estar em sintonia;</li> <li>- aprendizagem implica aprender a</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- visão voltada para o <b>fazer</b> ciência;</li> <li>- preocupação em separar o homem da realidade (o mundo existe independentemente do observador);</li> </ul>

<sup>2</sup> Autopoietica – que funciona com correlações internas a partir das quais emerge o mundo que o ser pode perceber e explicar, que se auto-regula.

<p>falar a mesma língua;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- não é possível dissociar o observador daquilo que ele quer explicar (o observador é parte inerente da realidade);</li> <li>- emoções (o cientista age sob a paixão de explicar);</li> <li>- ciência associada a <b>explicação e aceitação</b> via critério de aceitação das explicações científicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ciência associada a: predição, quantificação, verificabilidade, testabilidade e/ou falseabilidade.</li> </ul>
---	--

Figura 8 – Quadro (construído pelos estudantes) contendo aspectos comparativos da filosofia de Humberto Maturana relativamente aos demais filósofos da ciência estudados na disciplina de História e Epistemologia da Física.

A epistemologia de Maturana encerrou o grupo dos filósofos da ciência discutidos na disciplina História e Epistemologia da Física e revelou algumas surpresas. Esperava-se que no bloco dos demais epistemólogos (comparados com Maturana) a expressão “ciência” lembrasse idéias como: explicação da realidade através da construção de hipóteses; contribuição da criatividade e imaginação do cientista; modelagem da natureza; leis e teorias provisórias, atividade tentativa e cooperativa, transformação evolutiva de conceitos, empirismo e indutivismo estão superados, teoria antecede a observação, etc.. Porém, foram citadas apenas “*predição, quantificação, verificabilidade, testabilidade e/ou falseabilidade*”. A menos da testabilidade e da falseabilidade, que estão associadas à visão contemporânea da ciência, as demais características citadas aplicam-se perfeitamente ao empirismo e indutivismo. Há de se considerar que essa não foi uma tarefa escrita, os dados foram anotados em quadro negro pelo ALUNO 14 como resumo das discussões orais e o tempo de discussão se restringiu aos trinta minutos finais da aula. Foi um ‘pipocar’ de idéias que fluíram livremente e exatamente isso nos chamou atenção: ciência, para alguns, permanecia associada a algumas idéias positivistas.

A partir da vigésima terceira aula a disciplina passou para uma fase diferenciada. Nos três primeiros meses de curso foram apresentadas, amplamente discutidas e trabalhadas algumas das principais visões epistemológicas contemporâneas.

A segunda fase do curso foi dedicada à História da Física aonde cada dupla de estudantes pesquisou, escreveu uma monografia e apresentou um seminário sobre um período histórico previamente escolhido.

O objetivo da segunda fase não estava, de forma alguma desvinculado da primeira, pois se esperava ver a História da Física agora sob uma visão contemporânea da natureza da ciência, mesmo porque, todas as epistemologias estudadas até então baseavam-se em fatos históricos para justificação das idéias. Portanto, o objetivo foi claramente complementar.

Poderíamos dizer que nossa abordagem foi oposta à metodológica que envolveu “*discussões orientadas por textos de Galileu, Newton, Descartes além de textos de especialistas Koyré, Thuillier e outros*” desenvolvida por Teixeira, El-Hani e Freire (2001). No nosso caso procedemos primeiro à apresentação e discussão explícita das diferentes visões epistemológicas, subsidiadas por episódios históricos utilizados pelos próprios filósofos da

ciência para justificar suas idéias. Em segundo lugar, apresentação de seminários pelos estudantes, repassando doze dos períodos mais marcantes da História da Física. Nesta fase do curso buscou-se um olhar renovado procurando contextualizar os fatos histórica e epistemologicamente.

As monografias foram elaboradas em dupla e a apresentação foi feita em forma de seminário, também pelas duplas, para que toda a turma pudesse ouvir e discutir a Física e principalmente as controvérsias que aconteceram na época da propositura das teorias mais marcantes de cada período histórico. A ordem dos seminários respeitou a cronologia histórica e o tempo de duração médio foi de vinte minutos e mais dez para as discussões.

A tabela 2 tem o objetivo de mostrar quais os períodos históricos contemplados e a denominação da dupla que apresentou cada um deles.

Tabela 2 – Descrição dos períodos históricos e das duplas responsáveis pela monografia e seminário.

<b>Cronologia</b>	<b>Assunto</b>	<b>Apresentação</b>
Seminário 1	A Física de Aristóteles	ALUNO 6; ALUNO 16
Seminário 2	A Física Medieval	ALUNO15;ALUNO 21
Seminário 3	A Física de Copérnico	ALUNO 8; ALUNO 22
Seminário 4	A Física de Johannes Kepler	ALUNO 3; ALUNO 19
Seminário 5	A Física de Galileu	ALUNO 9; ALUNO 17
Seminário 6	A Física de Renè Descartes	ALUNO20; ALUNO 23
Seminário 7	A Física de Isaac Newton	ALUNO 7
Seminário 8	A Física de Einstein	ALUNO 11; ALUNO 14
Seminário 9	A Física de Neils Bohr	ALUNO 10; ALUNO 18
Seminário 10	A Física dos Quarks	ALUNO 2; ALUNO 13
Seminário 11	A Física de Tudo	ALUNO 12
Seminário 12	A Física e a Segunda Guerra	ALUNO 4

Seguiu-se a cada apresentação um debate sobre a Física, as características e controvérsias contextuais da época. “Pinçamos” de cada debate alguns dos aspectos epistemológicos mais relevantes. Embora os debates tenham sido enriquecedores procuramos não nos estendermos demasiadamente.

“A Física de Aristóteles não era ingênua, mas ao contrário, era muito consistente e talvez por isso tenha durado quase dois mil anos”, afirmou o ALUNO 6. Com isso ele mostrou uma visão bastante reflexiva e amadurecida sobre idéias de Aristóteles, em geral, associadas à Física do senso comum.

“Pouco se construiu em termos de ciência” na era medieval marcada pela estagnação intelectual, mas houve “toda uma construção científica que estava acontecendo nos bastidores”, afirmou o ALUNO 15, que nas suas falas utilizou expressão “construção” ao se referir à Física da época, significando que sua visão não se achava associada a descobertas empiricistas.

Ao falar da Física de Nicolau Copérnico, os ALUNO 8 e ALUNO 22 em nenhum momento referiram-se de forma direta, mas deixaram implícita a idéia da natureza conjetural das teorias científicas. A teoria heliocêntrica é um potencial exemplo dessa natureza já que a

observação do movimento aparente dos astros reforça a teoria rival, ou seja, o geocentrismo (terra no centro do universo). Nas palavras do ALUNO 8, “*ele (referindo-se a Copérnico) acreditava que o sol era o astro mais importante e por isso deveria ocupar o centro do universo*”. Não há como negar que as idéias que dão origem às teorias científicas são oriundas da imaginação, da criatividade e às vezes de crenças metafísicas, caso contrário, Copérnico nunca teria proposto o heliocentrismo.

Trabalhando com os dados Johannes Kepler chegou às “Leis de Kepler” dos movimentos dos planetas, mas “*a proposta de Kepler era a heurística do erro, ou seja, ele procurava sempre corrigir os erros do conhecimento*”, afirmou o ALUNO 19. Esse seminário enfatizou de forma direta a natureza tentativa do conhecimento científico. Um grande número de dados à disposição do cientista não significa necessariamente que ocorrerá avanço da ciência. O conhecimento se constrói criticamente.

“*Galileu Galilei foi tão importante que é considerado o divisor de águas*” na Física, afirmou o ALUNO 9. Seus estudos sobre o movimento permanente dos corpos e sua iniciativa de apontar a luneta para o céu abriu novas perspectivas e contrariou os pressupostos aristotélicos mais fundamentais (por exemplo, que a Física do céu era eterna e imutável ou que os corpos pesados caem mais rapidamente do que os corpos leves) e mudaram a história da Física para sempre.

A questão de saber se realmente Galileu viu tudo aquilo que escreveu em suas obras é motivo de muita discussão epistemológica. Feyerabend (1975) acredita que Galileu possuía reduzido conhecimento da teoria óptica da sua época e que as primeiras observações astronômicas com auxílio da luneta eram vagas, imprecisas, contraditórias e poderiam ser facilmente refutadas. Mesmo assim, Galileu elevou a luneta ao estado de um “*sentido superior e mais aperfeiçoado*” pois ele tinha poder de persuasão, estilo, plasticidade, elegância e estava movido pelo desejo de provocar a aceitação do ponto de vista de Copérnico. Não é essa, definitivamente, a concepção que é passada nos livros didáticos de Física. Niaz e Rodríguez (2002) afirmam que os livros “*raramente enfatizam as controvérsias que algumas teorias físicas tiveram no momento da sua propositura*” e que a discussão dessas controvérsias deveria fazer parte do currículo da educação em ciências, pois estimula os estudantes a compreender o que está sendo ensinado.

“*Descartes formulou as leis do movimento como uma construção abstrata, a partir da razão [...] Hoje se sabe que esta explicação não é condizente com a realidade*”. Com isso, o ALUNO 23 enfatizou não uma visão empirista de que a observação é fonte primeira do conhecimento, mas contrariamente, uma concepção adequada às novas visões da natureza da ciência, de que é preciso de alguma forma “*checar*” com a realidade as teorias construídas racionalmente. Nem os sentidos de um lado, nem a razão de outro, são fonte isoladas de conhecimento.

Sobre a enorme contribuição de Isaac Newton para a Física o ALUNO 7 disse que “*durante os anos de 1665-1666 ele voltou para sua cidade, em Woolsthorpe, para fugir da peste bubônica de assolava Londres e foi nesses dois anos que ele teve sua maior produção intelectual [...]*”. Em nenhum momento referiu-se à criação de Newton como resultado de observações sistemáticas dos fenômenos. Mesmo porque isolado em sua cidade natal, longe das universidades não teria tido acesso aos instrumentos e experimentos disponíveis à época.

O estudo dos aspectos contextuais e históricos da obra de Newton pode fornecer aos estudantes a dimensão imaginativa e criativa de sua natureza, uma abordagem que entendemos indispensável nos cursos de Física oferecidos em nossa Universidade, que aliás pecam por essa omissão.

*“Todas as pessoas, em geral, conhecem Einstein, mas poucas sabem dizer o que ele fez”, disse o ALUNO 14. A Teoria da Relatividade Restrita e a Teoria da Relatividade Geral não eram bem entendidas nem pelos próprios físicos da época de Einstein. Discussões em torno desses aspectos mostraram bem como a controvérsia permeia o avanço do conhecimento científico e também a idéia de que as teorias científicas são criações humanas consistentes e elegantes, mas muitas vezes desvinculadas do mundo empírico.*

O seminário sobre a Física de Neils Bohr foi rico em dados históricos da vida e obra de Bohr, mas, especialmente, trouxe à discussão a questão dos modelos. A Física avança através da modelagem dos sistemas físicos. A necessidade de uma análise crítica das relações entre modelo e realidade tem sido freqüentemente defendida na literatura. *“Muitos estudantes não compreendem que a Física, em especial, procede a drásticas idealizações e simplificações da realidade quando constrói as teorias científicas”* (Cudmani e Sandoval,1991).

Sobre “os quarks” o professor chamou atenção de que a teoria de partículas é um exemplo muito bom da epistemologia da ciência, pois se pode ver com clareza que *“teoria vem primeiro e, depois, procura-se comprovar as previsões teóricas”*. O ALUNO 13 disse que *“[...] à medida que se descobria mais léptons, mais quarks foram sendo propostos por questões de simetria. Só em 1970 provou-se a existência dos quarks [...]”* deixando, mais uma vez, transparecer que variáveis como imaginação, criatividade, simetria, etc. são componentes do processo de construção da ciência.

*“Na Relatividade Geral o espaço é vazio e linear e só é curvo na proximidade de corpos massivos. Mas, pela Mecânica Quântica não há vazio, há flutuações quânticas constantes de energia muito grande em curtíssimo intervalo de tempo [...]”* afirmou o ALUNO 12, ao referir que a teoria de supercordas (a Física de Tudo) tenta explicar o que está em aberto nas outras teorias. Na Física Moderna as teorias são, inicialmente, abstratas, resultado da criatividade do cientista. Porém, se apresentam consistência lógico-matemática e capacidade explicativa e/ou preditiva a comunidade científica acaba aceitando-as e muitas vezes só depois de muito tempo são desenvolvidos aparatos tecnológicos para tentar testá-las.

*“1933 a 1943 foi o período da ciência de muitas descobertas, modelo de Rutherford, descoberta do nêutron que sugeriu a hipótese de que ele iria um dia liberar forças gigantescas de dentro da matéria. Buscou-se então a reação em cadeia para poder gerar a explosão atômica [...]”* afirmou o ALUNO 4 ao falar da Física da Guerra. *“Paralelamente à energia atômica, muitas outras descobertas levaram a inventos militares [...] Pode-se dizer que os cientistas perderam o controle sobre a aplicação de um invento tão magnífico e desenharam uma arma devastadora - em 18/06/1945 com a explosão da 1ª bomba atômica, no Japão a Física perdera sua inocência [...]”*

Esse seminário foi particularmente importante porque trouxe para discussão os aspectos éticos e morais do fazer científico como também a importância estratégica e política que a ciência assume em alguns períodos históricos.

Toda a dinâmica utilizada na disciplina de História e Epistemologia da Física favoreceu enormemente essas discussões e contribuiu, entendemos, de forma positiva para a evolução das concepções dos estudantes, embora, alguns ainda permanecessem com suas crenças bastante enraizadas. Isto nos levou a crer que apenas uma disciplina de História e Epistemologia da Física, dada em final de curso, talvez não seja suficiente para provocar a necessária mudança.

Moreira (2002), citando Gerard Vergnaud, entende que o conhecimento está organizado em campos conceituais<sup>3</sup> e que o sujeito leva muito tempo para dominar um campo conceitual, aonde novos problemas e novas propriedades vão sendo estudadas ao longo de vários anos num processo progressivo. Assim, talvez fosse necessário oferecer mais oportunidades ao longo da graduação em Física, particularmente no currículo de formação de professores, para que os estudantes realizem mudanças nas suas concepções sobre a natureza da ciência.

Na vigésima sétima aula do curso apresentamos a filosofia de Feyerabend, que fala em “anarquismo epistemológico”, entendido como oposição a um princípio único e fechado a opções alternativas no processo de construção da ciência. Feyerabend entende que fazer ciência requer violações às regras metodológicas e às regras epistemológicas e afirma que os cientistas utilizam como base de suas criações, princípios não conhecidos e irracionais. Tais violações são necessárias ao progresso da ciência, pois permitem introduzir hipóteses novas mesmo que não se ajustem às teorias bem aceitas, ou seja, pressupõe a contra-indução e a contra-regra. Nesse sentido, defende o pluralismo de teorias que possibilite ao cientista fugir da uniformidade de opinião o que, na sua visão, destrói o poder de imaginação.

Destacamos algumas colocações que apareceram após a apresentação:

AL6(AU27): *“Gostei muito das idéias de Feyerabend quando ele diz que é preciso propor hipóteses incompatíveis com as teorias bem aceitas e incompatíveis inclusive com os dados observacionais, para poder ser criativo”.*

AL22(AU27): *“Discordo de Feyerabend quando ele diz que o mundo é grandemente desconhecido [...] .ele não tem legitimidade para falar isso porque muito se fez na ciência e não é possível que quase nada se saiba”.*

Enquanto o ALUNO 6 pareceu expressar uma visão, a nosso ver, adequada e aberta às novas visões epistemológicas, o ALUNO 22 manteve uma postura inflexível sobre o fazer científico, fazendo suspeitar que concordava com a “teoria do balde” (rechaçada por Popper), ou seja, a ciência é uma atividade de acumulação do conhecimento correto e infalível porque baseado nos fatos.

Na aula seguinte o professor fez uma avaliação crítica das apresentações dos seminários de História da Física e destacou os aspectos positivos bem como as principais deficiências de cada dupla. A turma ouviu silenciosa e aparentemente auto-reflexiva.

---

<sup>3</sup> Campo Conceitual: é um conjunto de conceitos, relações, conteúdos, problemas, situações e operações de pensamento, cujo tratamento requer conceitos, procedimentos e representações de tipos diferentes, mas intimamente relacionados. Em palavras mais simples, poder-se-ia definir campo conceitual como campo de situações-problema cujo domínio é progressivo e implica conceitualização.

Havia sido colocada, no ambiente virtual TelEduc a seguinte pergunta: “*Você acha que o estudo da epistemologia é importante para sua formação como professor de Física?*”.

O exame das respostas indicou, novamente, que alguns estudantes tinham a preocupação de ensinar a seus alunos as diferentes visões epistemológicas. O professor esclareceu que, não necessariamente os alunos, mas sim os professores precisam conhecer tais visões e tornar claras em suas mentes suas próprias visões a fim de não transmitirem uma idéia distorcida da ciência aos seus alunos. Nas palavras do professor “*as visões de como a ciência progride são muitas e vocês têm que construir suas próprias visões sem adotar uma posição ingênua*”.

Este foi, essencialmente, o objetivo da disciplina História e Epistemologia da Física, ou seja, apresentar as visões contemporâneas da natureza da ciência e de todas as variáveis envolvidas no fazer científico, fornecer elementos para reflexão, gerar conflitos, apresentar paradigmas mais flexíveis e promissores, buscar, enfim, a transformação das concepções dos professores em formação.

Nas últimas aulas da disciplina foram utilizados artigos e reportagens e/ou entrevistas publicadas na imprensa sobre as visões dos próprios cientistas a respeito do seu trabalho, com o objetivo de engajar os estudantes numa análise crítica da natureza da ciência e permitir a discussão de descobertas científicas recentes e interessantes.

Shibley (2003) em uma experiência similar que se estendeu durante todo o curso introdutório de Filosofia da Ciência envolveu o uso de notícias de jornal e artigos publicados no *New York Times* como “*textos facilitadores à exploração dos estudantes de tópicos atuais da natureza da ciência*”. Em seu artigo, ele conclui que foi uma experiência bem sucedida porque “*a aprendizagem requer reflexão e reflexão necessita de atividades que forneçam aos estudantes a oportunidade de examinar criticamente suas visões filosóficas*”.

Uma das reportagens discutidas foi uma entrevista com Joan Ignácio Cirac, sobre Simuladores Quânticos, publicada no jornal espanhol *El País*, 2003.

Destacamos um comentário da discussão que se seguiu:

AL13(AU28): “*Os cientistas não descobrem as coisas independentemente, por acaso, mas é porque muitos cientistas e em diferentes lugares buscam respostas para as mesmas perguntas*”.

O professor frisou que as próprias palavras de Cirac deixam claro que “*primeiro se constroem as teorias, são construções do homem e depois se busca verificá-las através de experimentos*”. Logo, teoria antecede a experimentação e/ou observação.

Foram discutidas, na aula seguinte, algumas das entrevistas do livro *Homens da Ciência* de Alessandro Greco (2001).

A primeira delas com o físico Allan Sokal autor de uma colagem publicada em forma de artigo sob o título “*Atravessando as Fronteiras – Em Direção a uma Hermenêutica Transformativa da Gravidade Quântica*” e que resultou na publicação do seu livro *Imposturas Intelectuais* aonde ele critica fortemente escritos pós-modernos franceses (Lacan,

Kristeva, Félix Guattari e outros) acusando-os de terem se apropriado de conceitos e termos físicos e matemáticos para conferir credibilidade a seus textos.

AL22(AU29): *“Por que será que as áreas sociais adotam esta prática?”*.

Professor: *“Pelo status que a ciência e a Física adquiriram durante os séculos [...]”*

AL13(AU29): *“A Física é básica para todas as outras ciências. Até o Direito e a Biologia se baseiam na Física”*.

Ainda que esse diálogo mostre uma posição crítica do ALUNO 13 e ALUNO 22 deixa evidente que crenças equivocadas ainda persistem, senão vejamos: o ALUNO 22 sugere que a adoção dessa prática pelas ciências sociais é ilegal em pleno acordo com Allan Sokal; o ALUNO 13 sugere que a importância da Física se estende para outras áreas do conhecimento. Não questionamos esses pressupostos, mas esses alunos atribuem à Física um *status* mais elevado porque parecem acreditar que suas explicações têm legitimidade porque baseadas em fontes seguras (dados experimentais) e em leis fixas e verdadeiras, crenças claramente positivistas.

Seguiram-se discussões sobre as entrevistas com o físico brasileiro Roberto Salmeron (“um paradigma profissional, ético e até político, num sentido do termo restrito a uma de suas áreas de interesse: a educação”) e com o físico americano Murray Gell-Mann (vencedor do Prêmio Nobel na Física por sua descoberta dos quarks).

Em síntese, para Salmeron, transmitir conhecimento é atividade tão nobre quanto trabalhar em pesquisas de ponta. É preciso ensinar ciência desde a infância, mas de modo experimental, não somente com palavras e livros. *“Não conheço nenhum cientista, de nenhum país, que tenha tido um mau curso na escola”*, disse ele.

Gell-Mann disse que o ensino das escolas americanas é fraco. Os americanos apresentam alto índice de analfabetismo científico e isto constitui um paradoxo diante do ensino universitário de altíssimo nível.

Esses temas favoreceram um olhar crítico dos estudantes, apontando deficiências e necessidades de mudanças no sistema de ensino fundamental, médio e universitário no Brasil e também comparativamente a outros países, como os EUA.

AL16(AU29): *“Os americanos têm uma política de longo prazo na educação e nós não temos [...]”*.

Professor: *“Sim eles têm. E quando detectam que há problemas eles investem muitos milhões em forças-tarefa para corrigir o problema. Existem projetos, recursos e esforços para corrigir os problemas e mudar a situação. BSCS, IPS, PSSC, etc. são exemplos”*.

Diríamos que a preocupação do ALUNO 16 é a conscientização de problemas que definiríamos como externos ao sistema de ensino, pois depende de políticas nacionais. Mas não dá para esquecer que os estudantes de hoje serão as mentes de amanhã, a decidir os rumos do país e da educação. Daí a relevância dessas discussões.

AL13(AU29): *“O Sr. falou que Licenciatura é uma coisa nossa, mas aqui existe um preconceito entre licenciatura e bacharelado. Eu sinto que existe esse preconceito no corpo docente e discente também. Não queria polemizar, mas apenas fazer um registro”.*

Professor: *“Isso é histórico”.*

AL14(AU29): *“Entendimentos como ‘Por que saber sobre Física de Partículas... se não vou ensinar isso no Nível Médio?’ Isso mostra que os próprios alunos da licenciatura contribuem para isso”.*

AL4(AU29): *“Quem não agüenta o tranco do bacharelado muda para a licenciatura...”*

Professor: *“Acho que este tema é importante. [...] O que está errado é os alunos acharem que não precisam saber isso ou aquilo porque não vão usar. Os professores devem estar vários patamares acima dos alunos, têm que estarem preparados”.*

AL13(AU29): *“O Professor têm que sair daqui sentindo-se seguro”.*

AL4(AU29): *“O que acontece é isso mesmo, os alunos se sentem incompetentes”.*

AL11(AU29): *“Depende do aluno se conscientizar de que ele precisa aprender”.*

AL13(AU29): *“O pessoal do bacharelado também deveria ter preocupação com a formação na educação”.*

AL22(AU29): *“A maioria dos Professores de Física que estão lecionando por aí deixam muito a desejar. Muitos professores têm outras formações, que não a Física”.*

AL13(AU29): *“O Professor tem que sair daqui com boa a formação. Tem que saber se expressar corretamente”.*

AL3(AU29): *“... não tem Física do bacharelado e Física da licenciatura... tem que haver um curso básico que habilite o sujeito a escolher depois seu caminho”.*

AL17(AU29): *“Não concordo com o sistema 3+1 (três anos de conteúdos mais um de didática). Todos deveriam ter a mesma base”.*

AL4(AU29): *“Aprende-se a forma correta de ensinar, mas a primeira coisa que o Professor de Física faz é ensinar da forma errada como todo mundo faz”.*

Fizemos aqui uma extensa reprodução das colocações e discussões que aconteceram nas aulas finais da disciplina História e Epistemologia da Física. Elas demonstram o nível de amadurecimento crítico que os estudantes alcançaram. Observa-se uma espécie de autocrítica dos estudantes com relação a curso de Licenciatura em Física; uma tomada de consciência com respeito à necessidade de o professor estar bem preparado, com sólidos conhecimentos da Física e sobre a Física.

A incompetência a que se refere o ALUNO 4 tem a ver com um pressuposto bastante comum entre os próprios alunos dos cursos de Física, e também de alguns professores, de que

o licenciando vai ensinar em escolas de nível médio, ou fundamental, aonde o nível de ensino é bastante baixo, e portanto, não necessita aprender formalismos matemáticos sofisticados e o que é mais grave, não precisa aprofundar seus conhecimentos em disciplinas específicas como: Física-Matemática, Física Quântica, Relativística ou Física de Partículas. Trata-se de uma visão absolutamente equivocada que está, nos parece, nas raízes da estagnação da qualidade do ensino do nosso país.

Não dá para admitir que no Século XXI, quando se fala em sociedade do conhecimento e se comemora o Ano Mundial da Física em homenagem aos cem anos da publicação da Teoria da Relatividade, ainda não se esteja ensinando Física Moderna nas escolas. Com raras exceções, ainda ensina-se a Física newtoniana como se esse fosse o único paradigma vigente e, além disso, transmite-se uma visão positivista sobre o seu processo de construção e evolução.

Contribui-se, assim, com os altos níveis de analfabetismo científico que faz com que o aluno, bem como o cidadão em geral, fique mais e mais distante das novas idéias e tecnologias advindas da ciência moderna. Reforça-se a visão distorcida a respeito dos cientistas, vistos, em geral, como seres especiais e desvinculados da vida cotidiana.

As necessárias mudanças dependem, sabemos, da modificação de currículos oficiais. Entretanto, as sementes dessa transformação estão, certamente, na adequada postura e visão dos futuros professores. Um país não se desenvolve sem educação e educação passa necessariamente pelos professores. A conscientização da importância da perspectiva histórica e epistemológica e das implicações sociais da ciência e da tecnologia resultante, em particular da Física, se faz necessária não apenas para tornar as aulas mais atrativas, para contextualizar as controvérsias ocorridas na época da propositura de teorias importantes, para despertar a reflexão e a crítica dos alunos, mas essencialmente porque é preciso construir uma nova visão para podermos compreender (e ensinar) uma Física cada vez mais aberta e em permanente construção.

### **Alguns achados**

Nosso estudo pretendeu ser de natureza etnográfica. Na etnografia o pesquisador participa, o mais que pode, do cotidiano do grupo pesquisado; a investigação é conduzida no cenário natural dos eventos, através da observação participativa, com “imersão” na cultura investigada, durante um tempo “suficientemente grande” para contextualizar os dados de uma maneira holística e coerente para descrever “a vida como ela é vivida” (Ogbu et al., 1988, p.50). Cremos que tudo isso foi feito e acreditamos que alcançamos a desejada compreensão descritiva contextualizada da “cultura” investigada, ou seja, do cotidiano da sala de aula da disciplina de História e Epistemologia da Física, da Licenciatura em Física da UFRGS, em 2004.

Nosso objetivo foi simplesmente o de chegar a essa compreensão e compartilhá-la através da narrativa minuciosa. Contudo, nesse processo chegamos também a alguns achados que passamos a compartilhar, sem nenhuma pretensão de generalização.

1) A observação participativa, a convivência, as falas, a surpresa inicial (dos estudantes), as ações e a análise descritiva e reflexiva que procedemos nos forneceu elementos para supor que as concepções iniciais da natureza da ciência daquele grupo de estudantes eram, na sua maioria, inadequadas em relação às visões epistemológicas contemporâneas e fortemente

associadas a visões empiristas/indutivistas. Com raras exceções, os estudantes pareciam acreditar que a Física se desenvolvia e se sustentava, ao longo da história, sobre bases sólidas porque assentada na observação e experimentação e, por isso mesmo, dando origem a leis e teorias fixas, verdadeiras e imutáveis.

2) Foi possível perceber que, com o tempo e fruto de longas e repetidas discussões de algumas das principais visões epistemológicas do século XX, houve evolução significativa das concepções da maioria dos estudantes. Porém, algumas crenças muito profundas afloravam, vez ou outra, dando indícios de que a mudança é lenta e progressiva.

3) As discussões de sala de aula foram um instrumento importante para a compreensão das novas idéias epistemológicas. Mas é preciso ter presente que é, ao mesmo tempo, um instrumento limitado, pois mesmo com enorme esforço do professor não foi possível fazer com que todos os estudantes participassem delas. Uma breve estatística das anotações de campo mostrou que em torno de 70% das falas e intervenções espontâneas ao longo do semestre estiveram concentradas em seis (6) alunos. Os demais tiveram participações esporádicas ou induzidas pelo professor e/ou colegas, ou permaneceram sistematicamente silenciosos.

4) Por esse motivo os trabalhos em pequenos grupos, os seminários, o uso de mapas conceituais e quadros comparativos assumiram papel fundamental. Nesses momentos os estudantes sentiam-se mais à vontade e expressavam naturalmente idéias, dúvidas, opiniões, comparações, reflexões e sua compreensão sobre as visões epistemológicas em estudo. Foram oportunidades ricas aonde as relações sociais ganhavam vida e, em muitos casos, constituíram o meio mais eficaz para captar crenças, formas de pensamento e avaliar a verdadeira aprendizagem em curso.

5) Pôde-se perceber que a expectativa inicial dos estudantes (com respeito à disciplina) estava relacionada à História da Física. Entretanto, mostraram-se ao longo do curso surpresos e gratificados com a descoberta das visões epistemológicas contemporâneas e consideraram seu estudo importante para uma formação mais abrangente e reflexiva dos professores de Física.

6) Também foi possível perceber que a sala de aula parece ser, de fato, um espaço de tensões aonde “conhecimento é poder” e isso contribuiu para inibir, muitas vezes, os estudantes de manifestarem livremente suas crenças ou mesmo buscarem esclarecer dúvidas.

7) Estabeleceram-se relações de poder (hierarquia x obediência) na sala de aula, mas elas ocorreram entre professor e estudantes unicamente, de tal forma que outros personagens eram *a priori* elementos estranhos.

8) Algumas reflexões motivadas por circunstâncias especiais nos parecem importantes e talvez possam ser úteis aos futuros professores: i) na disciplina em estudo o professor era, na opinião dos alunos, “*muito agradável*” e conseguiu estabelecer um clima de amizade ao longo dos meses. Entretanto, o professor conseguia de forma extraordinária manter um certo distanciamento. Na verdade ele não poupava críticas na hora certa, assim como não omitia elogios sempre que apresentavam bons trabalhos. Esse distanciamento era muito sutil e nunca permitiu que as relações de sala de aula caíssem no “tudo vale”, condição indispensável para o bom andamento da disciplina e, provavelmente origem da falta de intimidade da maioria dos estudantes para discutir suas avaliações, ou fazer queixas pontuais. ii) outro aspecto bastante evidente é que foi possível constatar que um dos objetivos importantes dos alunos é

obter boas notas. A previsão de Villani et al. (1997), já referida anteriormente, de que é “*tarefa básica do professor, acoplar seu objetivo, de que seus alunos aprendam, com a meta deles de obter sucesso e diploma*” parece se confirmar e se constitui, na realidade, em permanente desafio.

9) Todos os aspectos do cotidiano da sala de aula descritos neste trabalho nos fizeram acreditar que a relação “aluno x professor” é muito maior do que aquilo que prevê o currículo oficial das instituições de ensino. As atitudes, o exemplo de vida, os valores morais e éticos, a metodologia, a postura, tudo isso é passado naturalmente e de forma implícita aos alunos pelo professor. Existe sim um currículo oculto, que é extremamente poderoso e que se bem usado pelo professor produz excelentes resultados. É preciso que os professores tenham consciência disso porque simplesmente ignorá-lo pode resultar em desastrosas experiências. A qualidade das relações sociais que se estabelecem na sala de aula pode determinar o sucesso ou o fracasso da disciplina. Existem inevitavelmente, importantes ingredientes emocionais envolvidos nessas relações e talvez por isso a aula presencial seja ainda a melhor opção de ensino, a despeito de toda a tecnologia hoje disponível. A paixão pelo explicar, no dizer de Maturana, é aquilo que move a vida do cientista. E porque não dizer que a paixão pelo ensinar é, e deve ser, aquilo que move a vida do professor? Essa paixão se revela em cada um e em todos os momentos do cotidiano da sala de aula e os alunos percebem-na, sentem-se motivados, querem retribuir e passam a respeitar as crenças e visões do professor

10) Foi possível perceber também que os valores que são apreendidos pelo indivíduo no meio familiar e social e que ao longo da educação formal, na escola, são cultivados, ratificados e/ou distorcidos influenciam decisivamente na formação da cidadania. Daí a enorme responsabilidade social que os professores em geral e, particularmente, os professores de ciências assumem perante a sociedade. A formação dos cidadãos passa inevitavelmente pelos ensinamentos, crenças e visões dos professores. Daí a importância estratégica da formação de professores críticos e reflexivos.

11) As visões e crenças do próprio professor sobre a natureza da ciência são importantes e afetam suas práticas didáticas interferindo de forma decisiva nas concepções dos alunos.

Assim, além da adoção de um enfoque didático explícito, se queremos que os alunos aprendam novas visões sobre a natureza da ciência é preciso que nós mesmos acreditemos nelas.

## Referências

AUSUBEL, D.P., NOVAK, J.D. e HANESIAN, H. *Educational psychology: a cognitive view*. (2ª ed.) Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978, 733 p.

CUDMANI, L. C., e SANDOVAL, J. S., Modelo Físico e Realidade. Importância epistemológica de sua adequação quantitativa. Implicações para a Aprendizagem. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 8, nº 3, dez/1991, p. 193/204.

FEYERABEND, Paul. *Contra o Método*, Tradução de Octanny S. da Mota e Leonidas Hegenberg, Rio de Janeiro, Francisco Alves, 1989. Título Original: *Against Method*, 1975.

FOUCAULT, Michel. *Vigiar e Punir*, Editora Vozes, 29ª Edição, 2000, 280 p.

GRECO, Alessandro. *Homens da Ciência*, Editora Conrad do Brasil, 1ª Edição, 2001, 188 p.

LANG DA SILVEIRA, Fernando. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: o Racionalismo Crítico, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 13, nº 3, 1996, p. 197/218.

LEDERMAN, Norman; DRUGER, Marvin. Classroom Factors related to changes in students' conceptions of the nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 22, nº 7, 1985, p. 649/662.

LEDERMAN, Norman G.; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy L. Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction: An explicit Response to Palmquist and Finley, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 35, nº 9, 1998, p. 1057-1061.

LEDERMAN, Norman G.; ABD-EL-KHALICK, Fouad; BELL, Randy L.; SCHWARTZ, Renèe S. Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 39, nº 6, 2002, p-497-521.

MATTHEWS, Michael R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 12, nº 3, dez/1995, p. 164-214.

MATURANA, Humberto R. *Ciência, Cognição e Vida Cotidiana*, Editora da UFMG, 2001.

MESTRE, Jose P. Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers. *Physics Education*, Vol 36, nº 1, 2001, p. 44-51.

MOREIRA, Marco Antonio. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área, *Revista Eletrônica: Investigações em Ensino de Ciências*, IF-UFRGS, Vol. 7, nº 1, 2002.

NIAZ, Mansoor and RODRÍGUEZ, María A. Improving learning by discussing controversies in 20th century physics, *Physics Education*, Vol. 37, nº 1, (2002), p.59/63.

OGBU, J.U., SATO, N.E. and KIM, E.Y. (1988), Anthropological inquiry. In KEEVES, J.P. (Ed.) *Educational Research, methodology, and measurement. An International handbook*. Oxford, Perfamon Press, p. 48-54.

OGUNNIYI, M.B. An Analysis of prospective science teachers' serstanding of the nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 19, nº 1, 1982, p. 25/32.

PESA, Marta A. e GRECA, Ileana M., Las Epistemologias de Bachelard, Laudan y Feyerabend, Texto de Apoyo nº 5, Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias, Universidad de Burgos, España e Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil, 2000.

PIAGET, Jean. *A Construção do Real na Criança*. Tradução de Álvaro Cabral da terceira edição originalmente publicada em 1963. Zahar Editores, Rio de Janeiro, 1970.

PRADO, Fernando D. Experiências Curriculares: com História e Filosofia da Física. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 6, Caderno Especial, 1989, p. 9-17.

RYDER, Jim; LEACH, John; DRIVER, Rosalind. Undergraduate Science Students' Images os Science. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 36, nº 2, 1999, p. 201-219.

SANDOVAL, J. Salinas de; CUDMANI, L. Colombo de; MADOZZO, M. Jean de. Las concepciones epistemológicas de los docentes en la enseñanza de las ciencias fácticas, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Vol. 17, n. 1, 1995, p. 55/61.

SHIBLEY, Ivan A. JR. Using Newspapers to Examine the Nature os Science, *Science & Education*, Vol. 12, 2003, p.691-702.

TEIXEIRA, Elder Sales; EL-HANI, Charbel Niño; FREIRE, Olival Jr. Concepções de Estudantes de Física sobre a natureza da ciência e sua transformação por uma abordagem contextual de ensino de Ciências, *Revista da ABRAPEC*, Vol.1, nº 3. 2001, p. 111.

TOULMIN, Stephen. *La Comprensión Humana*, versión española de Nestor Miguez, Alianza Editorial, Madrid, 1977.

VILLANI, Alberto; BAROLLI, Elisabeth; CABRAL, Tânia C.B.; FAGUNDES, Maria B.; YAMAZAKI, Sérgio C. Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: Analogias para o Ensino de Ciências, *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Vol. 14, n. 1, 1997, p. 37-55.