

“História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência

(*History and epistemology of Physics in the preparation of physics teachers: a course that attempts to change students' conceptions on the nature of science*)

Marco Antonio Moreira¹, Neusa Teresinha Massoni e Fernanda Ostermann

Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Recebido em 22/12/2005; Revisado em 11/1/2007; Aceito em 5/2/2007

Neste trabalho descrevemos como foi implementada uma disciplina de história e epistemologia da física no currículo de formação de professores de física e apresentamos uma análise quantitativa das mudanças ocorridas nas concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. Este trabalho é o terceiro de um conjunto de quatro que descrevem detalhadamente a experiência que tivemos na implementação dessa disciplina. Os outros três são de natureza qualitativa.

Palavras-chave: epistemologia, física, formação de professores.

In this paper we describe how a course on history and epistemology of physics was implemented in the curriculum of physics teachers preparation and we present a quantitative analysis of changes that happened in students' conceptions regarding the nature of science. This paper is the third one of series of four papers that describe with details the experience we had in the implementation of this course. The other papers are of qualitative nature.

Keywords: epistemology, physics, teacher preparation.

1. Introdução

Tratamos aqui da terceira etapa de análise de dados de um *estudo de caso etnográfico sobre a contribuição de diferentes visões epistemológicas contemporâneas na formação de professores de física*. Nesta etapa, diferentemente de três outras em que o tratamento foi qualitativo, realizamos uma análise quantitativa de pré e pós-teste através dos resultados da aplicação de um questionário contendo vinte e cinco perguntas/afirmações sobre a natureza da ciência [1, 2].

O questionário foi aplicado no início e no final da disciplina em que realizamos nossa observação participante em todas as aulas durante o semestre. A população alvo foi um conjunto de 23 estudantes inscritos na disciplina história e epistemologia da física no 1º Semestre de 2004.

Trata-se de disciplina obrigatória para o Curso de licenciatura em física do Instituto de física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tem carga horária semanal de 4 horas, correspondendo a 4 créditos e é

oferecida no sétimo semestre do curso.

O conteúdo programático contempla: origem e justificção do conhecimento (dos antigos gregos à atualidade); discussão dos principais períodos históricos de desenvolvimento da física (Aristotelismo, física medieval, a física de Copérnico, Kepler, Galileu, Descartes, Newton e a física do Século XX); epistemologias do Século XX (Popper, Kuhn, Lakatos, Laudan, Bachelard, Feyerabend, Toulmin, Maturana); a epistemologia empirista-indutivista nos livros de texto atuais e nas concepções de ensino-aprendizagem e as implicações da história e epistemologia da física para o ensino.

Entre os objetivos da disciplina destacam-se: proporcionar uma visão crítica acerca do problema da origem e justificção do conhecimento científico através do estudo da história e da Filosofia da física e buscar as implicações destas idéias para o ensino da física. A abordagem da disciplina incluiu apresentação e discussão de forma explícita das visões epistemológicas contemporâneas e trabalhos individuais e de grupo sempre apresentados em sala de aula e seminários.

¹E-mail: moreira@if.ufrgs.br.

2. Estratégias de ensino

Nas aulas, o professor, ao abordar cada um dos oito epistemólogos trabalhados na disciplina, fazia inicialmente uma breve exposição das principais posturas epistemológicas do filósofo da ciência em pauta.

A seguir distribuía textos de apoio, alguns por ele mesmo preparados especialmente para a disciplina. Esses textos também continham as principais convicções epistemológicas dos epistemólogos em questão, além de referências a suas obras básicas e a artigos publicados em revistas de ensino de física, particularmente no Caderno Brasileiro de Ensino de Física. Contudo, os alunos não eram solicitados a, necessariamente, consultar as obras originais, tendo em vista a natureza bastante introdutória da disciplina. Aspectos históricos da física eram usados para ilustrar e fundamentar as visões epistemológicas de cada autor.

Em continuidade, os alunos se dividiam em pequenos grupos, com três ou quatro integrantes, no máximo, a fim de traçar um mapa conceitual [3, 4] sobre a epistemologia desse autor. Esses grupos não eram obrigatoriamente fixos, mas, na prática, vários deles mantiveram a mesma constituição ao longo do transcorrer de toda a disciplina.

Durante a atividade em grupo, o professor e a observadora participante (que, na prática também atuava como docente) circulavam entre os grupos orientando a elaboração do mapa conceitual e discutindo com os alunos questões epistemológicas. Essa parte do estudo de cada epistemologia durava de três a quatro horas e se caracterizava por acentuada interação social entre alunos e entre docentes e alunos. Denominamos essa estratégia de atividade colaborativa presencial.

Quando pronto, o mapa conceitual do grupo era apresentado, por um ou mais de seus integrantes, ao grande grupo em transparências para escrita manual ou em *datashow*. Esse mapa era então comentado e criticado pelo grande grupo e pelos docentes. Terminada a apresentação, os alunos entregavam o mapa conceitual para fins de avaliação. Podiam, no entanto, revisá-lo, em função dos comentários e críticas, antes de entregá-lo ao professor. Analogamente, podiam refazer o mapa conceitual após recebê-lo do professor com comentários e um conceito avaliativo. E geralmente o faziam quando não satisfeitos com o conceito recebido. Chamamos de recursiva essa parte da avaliação da disciplina.

De um modo geral, a abordagem de cada epistemólogo era feita em três aulas de duas horas cada uma, totalizando 48 horas. As demais aulas foram utilizadas para a elaboração, pelos alunos, de quadros comparativos entre os epistemólogos e para os seminários da história da física.

O conceito final na disciplina foi dado também em função de duas monografias e um seminário:

- uma monografia individual sobre as principais colocações dos oito epistemólogos trabalhados na disci-

plina, podendo incluir os mapas conceituais feitos em grupo;

- uma monografia feita em parceria com um colega, sobre um dos seguintes temas: a física de Aristóteles, a física medieval, a física de Copérnico, a física de Kepler, a física de Galileu, a física de Descartes, a física de Newton, a física de Einstein, a física de Bohr, a física de Quarks, a física de tudo, a física e a 2^a Guerra;

- um seminário de 30 minutos para apresentar formalmente, usando *datashow*, o conteúdo da monografia sobre história da física.

3. Estudos relacionados e relevância da disciplina na formação de professores de física

Alguns autores, *e.g.* Kelly [5], Ausubel *et al.* [6] e Novak [7], têm teorizado, e a pesquisa em ensino tem ratificado, que não apenas os alunos chegam à escola trazendo concepções alternativas (construtos pessoais) para explicar o mundo físico, mas que também estudantes recém ingressos na universidade trazem concepções inadequadas sobre a natureza da ciência, e não raramente, saem da universidade em iguais condições.

Tradicionalmente o curso de física e também os livros didáticos privilegiam uma formação acadêmica com enfoque altamente empirista-indutivista, isto é, um enfoque no qual o conhecimento advém da generalização indutiva a partir da observação, sem qualquer influência teórica ou subjetiva, e dessa forma capaz de assegurar a verdade absoluta às afirmações científicas. Nosso pressuposto básico, e freqüentemente defendido na literatura, é que essas visões superadas (empiristas-indutivistas) da natureza da ciência sustentadas por futuros professores de física acabam resultando em práticas docentes inadequadas.

A importância dos modelos científicos é bem aceita e documentada mesmo para os cientistas mais tradicionais. Assim, o entendimento da natureza dos modelos físicos e do processo construção das leis e teorias é um componente fundamental na tentativa de superação de dificuldades de aprendizagem da física, tanto na universidade quanto no ensino fundamental e médio. Além disso, está de acordo com a psicologia construtivista de que o conhecimento é uma construção humana, na qual a criatividade e a imaginação desempenham importante papel, em que a visão empirista-indutivista se mostra superada, e aonde, contrariamente à visão positivista, não há regras infalíveis que garantam o descobrimento de novos fatos e a invenção de novas teorias. Nem tampouco o conhecimento científico é definitivo ou absolutamente verdadeiro, mas sim de natureza conjectural, tentativa, verificável e conseqüentemente falível e não cresce em um vazio cultural.

Estudos a respeito das contribuições da história e epistemologia das ciências para a formação de profes-

res mais reflexivos e para uma formação científica contextualizada e mais eficaz têm sido freqüentes na literatura: *e.g.*, Ryder *et al.* [8], Teixeira *et al.* [9], Lin e Chen [10], El-Hani *et al.* [11], Lederman e Druger [12], Lederman *et al.* [13, 14], Shibley [15], Cotham e Smith [16], Marsh e Wang [17], Solomon *et al.* [18], Zimmermann e Bertani [19], Prado [20], Matthews [21], Sandoval *et al.* [22] e Villani *et al.* [23], entre outros.

A despeito dos esforços desenvolvidos a partir de 1960, Lederman *et al.* [13] afirmaram que a pesquisa tem mostrado que tanto os estudantes quanto os professores *não têm alcançado um entendimento desejado da natureza da ciência.*

Desta forma, justifica-se a pesquisa nessa área. Vivemos o início do século XXI, quando se fala em uma sociedade do conhecimento. É preciso que nos perguntemos que tipo de educadores estamos formando para mediar o conhecimento científico? Ao discutir os saberes (e os dogmas) dos nossos tempos, Rossato² propõe a seguinte questão: "em que cremos: no homem? Na ciência? Em Deus?" Percebe-se que a ciência chega a ocupar o mesmo status de Deus e do homem. Perguntaríamos então: qual a natureza da ciência em que cremos quando ensinamos física e/ou ciências?

A disciplina de história e epistemologia da física e também as estratégias de ensino aqui descritas e utilizadas no seu desenvolvimento têm o objetivo de transformar essa realidade, propiciando a apresentação explícita, aos futuros professores de física, das novas visões da natureza da ciência (que nós chamamos de epistemologias do século XX) para que eles possam identificar as suas matrizes epistemológicas (e pedagógicas) e analisar o grau de consciência das mesmas, ajudando-os a tornarem-se profissionais mais reflexivos.

4. O questionário

Foram coletados 23 questionários no pré-teste e 19 no pós-teste. Isso ocorreu porque dois alunos desistiram da disciplina e dois estiveram ausentes no dia do questionário final.

O questionário é mostrado na sua íntegra na Tabela 5, anexa. Para cada afirmativa (sobre como é produzido o conhecimento científico, como evolui e como se diferencia de outros tipos de conhecimento, etc.) o estudante deveria escolher a resposta que mais se aproximava da sua posição de acordo com a extensão da sua concordância ou discordância.

A resposta de cada item foi transformada em escore (de um a cinco), que somados produziram o escore total. O escore máximo (cinco) sempre foi atribuído às respostas consideradas corretas, ou seja, àquelas do tipo CF ou DF e assim os valores foram decrescendo à medida que se afastavam na escala.

²Ver Ref. [24], p. 42.

³Ver Ref. [26], p. 89-93.

⁴Ver Ref. [26], p. 83

O objetivo do questionário foi avaliar o grau de adequação das concepções dos estudantes com relação às visões aceitas pela epistemologia contemporânea que, como já referido, apresenta um conjunto de características de razoável concordância, quais sejam: o conhecimento científico tem natureza imaginativa, criativa, conjectural, hipotética e tentativa; a concepção empírico-indutivista está superada; a teoria precede a observação (observação, por si só, não é fonte de conhecimento); a ciência não é socialmente neutra e descontextualizada, mas é sim um processo cooperativo; conjuntos de conceitos e teorias evoluem (não são imutáveis), etc.

Acreditamos que a amostra, embora não aleatória, representou a população dos estudantes em final de curso de licenciatura em física da UFRGS, pois foi homogênea no sentido de que todos cursavam o sétimo semestre. O número total de semestres previstos para a conclusão do curso é oito. A heterogeneidade com relação a gênero e idades será objeto de discussão da nossa análise.

5. Análise de fidedignidade do questionário

Utilizando os escores realizamos uma análise de consistência interna (autocorrelação) do questionário. Com o objetivo de avaliar a confiabilidade das medidas nos detivemos na análise da fidedignidade.

A fidedignidade de um instrumento refere-se à estabilidade, à reprodutibilidade, à precisão das medidas com ele obtidas, ou seja, ao grau de consistência dos valores medidos [25].

Como na prática não é possível aplicar várias vezes o mesmo questionário ao mesmo grupo de estudantes, nas mesmas condições, estima-se a fidedignidade utilizando procedimentos estatísticos. Uma das mais utilizadas maneiras de se estimar o coeficiente de fidedignidade é através do coeficiente alfa de Cronbach (Cronbach, 1951, *apud* [26]). Para este fim, seguimos os procedimentos detalhados por Silveira.³

Correlações (ou coeficientes de fidedignidade) de +1,00 indicam perfeita fidedignidade, enquanto valores próximos de zero indicam ausência de fidedignidade. Quando se deseja utilizar os escores gerados pelo instrumento para comparar médias de grupos, correlações da ordem de 0,70 são aceitáveis.⁴

No nosso caso aplicamos o questionário (inicial e final) a uma turma piloto (11 alunos) que cursou dis-

ciplina idêntica durante o primeiro semestre de 2003, além da turma em estudo. As Tabelas 1 e 2 mostram de forma resumida os resultados da análise de consistência interna para as duas turmas.

Tabela 1 - Resumo da análise de consistência interna - aplicação do questionário inicial e final à turma piloto (Semestre 2003/1, onde N é o número de estudantes).

Teste	N	M_T	M_e	N_T	Coef. alfa
Pré	11	93,27	82,00	22	0,81
Pós	11	101,45	91,73	22	0,73

M_T : Média do escore total (todos itens); M_e : Média do escore total excluídos os itens 12, 14 e 22; N_T : Número de itens.

Tabela 2 - Resumo da análise de consistência interna - aplicação do questionário inicial e final à turma em estudo (Semestre 2004/1, onde N é o número de estudantes).

Teste	N	M_T	M_e	N_T	Coef. alfa
Pré	23	88,39	76,87	22	0,75
Pós	19	101,31	90,11	22	0,80

M_T : Média do escore total (todos itens); M_e : Média do escore total excluídos os itens 12, 14 e 22; N_T : Número de itens.

Calculamos também o coeficiente de correlação de Pearson ($\tau_{I,T}$) (Wherry, 1984, *apud* [26]) que permitiu avaliar o quanto o escore de cada item estava relacionado com o escore total e com o coeficiente alfa.

Obtivemos $\tau_{I,T}$ negativo para as questões 12, 14 e 22 em todos os testes. O coeficiente de correlação de Pearson é uma medida da relação linear entre duas variáveis e seu valor está necessariamente entre -1 e +1. Os extremos indicam relação perfeita item-total. Valores intermediários significam relação imperfeita, sendo que o valor nulo representa ausência de relação linear. O sinal do coeficiente informa sobre o sinal de declividade da reta que descreve a tendência entre duas variáveis.⁵

O exame de conteúdo dos itens 12, 14, e 22 (que obtiveram $\tau_{I,T}$ negativo) indicou que as concepções que eles pretendiam avaliar estavam contempladas por outros itens. Optamos, então, por eliminá-los para fins de recálculo dos coeficientes alfa. Isso explica porque nas Tabelas 1 e 2 o número de itens é 22 e não 25, que foi o número total de itens do questionário.

6. Discussão dos resultados

O objetivo da análise quantitativa foi verificar se houve evolução das visões do grupo de estudantes, e se foi estatisticamente significativa, por influência das estratégias de ensino da disciplina de história e epistemologia da física.

Preliminarmente, fizemos um exame de todas as respostas de cada aluno individualmente e observamos que:

PRÉ-TESTE - apenas 3 alunos, ou 13%, responderam mais de 50% das perguntas com respostas do tipo CF ou DF (pontuação 5 ou 1): ALUNO 1 (19 questões), ALUNO 2 (18 questões) e ALUNO 4 (12 questões).

PÓS-TESTE - 6 alunos, ou 30%, responderam mais de 50% das perguntas com respostas do tipo CF ou DF (pontuação 5 em todos os casos): ALUNO 2 (21 questões), ALUNO 4 (16 questões), ALUNO 7 (14 questões), ALUNO 16 (14 questões), ALUNO 17 (18 questões) e ALUNO 22 (16 questões). Os demais apresentaram a maioria das respostas com pontuações na escala intermediária. Isto parece indicar que os alunos responderam ao questionário nas duas etapas de acordo com suas concepções.

Os bons desempenhos do ALUNO 2 e do ALUNO 4 não representaram surpresa pois a análise qualitativa das demais etapas do estudo mostrou que eles já possuíam concepções bastante adequadas sobre a natureza da ciência e obtiveram uma melhora das suas visões ao longo do semestre.

O excelente desempenho dos ALUNO 7, 16 e 22 foi considerado pela análise qualitativa da monografia e das entrevistas individuais como exemplo contundente de alunos que se mostraram gratificados pelo contato com as novas visões apresentadas na disciplina e demonstraram significativas mudanças em suas concepções sobre a natureza da ciência. O ALUNO 16, por exemplo, disse na conclusão de sua monografia sobre epistemologia (requisito parcial para avaliação na disciplina) o que segue: “De início pensávamos que as teorias, as leis eram extraídas exclusivamente das deduções de fatos, experiências e observações da natureza e como verdades absolutas (...). O que descobrimos com este estudo é que o cientista (...) tem suas convicções, seus preconceitos, suas idéias pré-concebidas, sua imaginação. (...). Confessamos particularmente que essa idéia nos alivia. Nos parece que a ciência é muito mais desafiadora e interessante (...)”. O ALUNO 7 assim se expressou na conclusão da sua monografia: “No meu parecer, acredito ser essencial estudar epistemologia da ciência para todos aqueles que pensam em ser um cientista, um estudioso da ciência ou um professor. Vejo que esse estudo é pouco abordado no currículo, entretanto, amplia a concepção comum sobre o que é ciência, como ela progride e quais suas características. Verdadeiramente é um aumento da visão que ocorre após conhecer pelo menos um pouco sobre cada um desses filósofos da ciência. Dessa maneira, para mim, foi extremamente interessante e importante estudar esses pensadores.”

Desta forma, nos parece que a maioria dos alunos respondeu ao questionário de modo consciente e de acordo com suas convicções naquele momento, tanto no pré quanto no pós-teste. O ALUNO 17 parece representar um caso especial, ainda que não possamos descartar a possibilidade de outros casos semelhantes, pois ele parece ter adivinhado quais as respostas corretas os profes-

⁵Ver Ref. [26], p. 70.

sor esperava, o que não necessariamente concorda com suas concepções mais profundas. Este caso é discutido em detalhe mais adiante neste trabalho.

Iniciamos fazendo uma análise descritiva dos dados. Assim, os escores totais de cada estudante, no pré e pós-teste, bem como a média, o desvio padrão e a mediana são mostrados na Tabela 3. A partir destes dados construímos o Fig. 1, que possibilita uma melhor visualização da evolução dos escores totais.

Tabela 3 - Escores totais de cada estudante (pré e pós-teste).

	Pré-teste	Pós-teste
ALUNO 1	105	Desistiu
ALUNO 2	99	115
ALUNO 3	95	100
ALUNO 4	100	111
ALUNO 5	101	Desistiu
ALUNO 6	93	104
ALUNO 7	91	112
ALUNO 8	89	Não respondeu
ALUNO 9	92	93
ALUNO 10	89	Não respondeu
ALUNO 11	91	94
ALUNO 12	91	96
ALUNO 13	89	94
ALUNO 14	93	106
ALUNO 15	83	98
ALUNO 16	85	112
ALUNO 17	89	114
ALUNO 18	82	105
ALUNO 19	80	92
ALUNO 20	71	82
ALUNO 21	77	88
ALUNO 22	77	12
ALUNO 23	71	97
Média	88	101
Desvio padrão	9	10
Mediana	89	100

A inspeção da Fig. 1 e da Tabela 3 permite ver facilmente que todos os estudantes, exceção feita aos ALUNOS 9 e 11, tiveram aumento significativo do escore total no pós-teste. A tendência central que era de 88 pontos, com dispersão de ± 9 no pré-teste, subiu para 101 pontos no pós-teste, com dispersão de ± 10 . O fato de a mediana estar próxima da média, tanto no pré quanto no pós-teste, significa que não houve valores discrepantes.⁶

Este aspecto foi utilizado para justificar porque a variável idade não foi tomada como estatisticamente relevante. As idades médias do grupo oscilavam entre 21 e 30 anos. Somente dois alunos tinham idade superior a 30 anos. Como não houve valores discrepantes nos escores totais, consideramos desnecessário investigar diferenças nas visões da ciência entre estudantes de diferentes idades.

⁶Ver Ref. [27], p. 109.

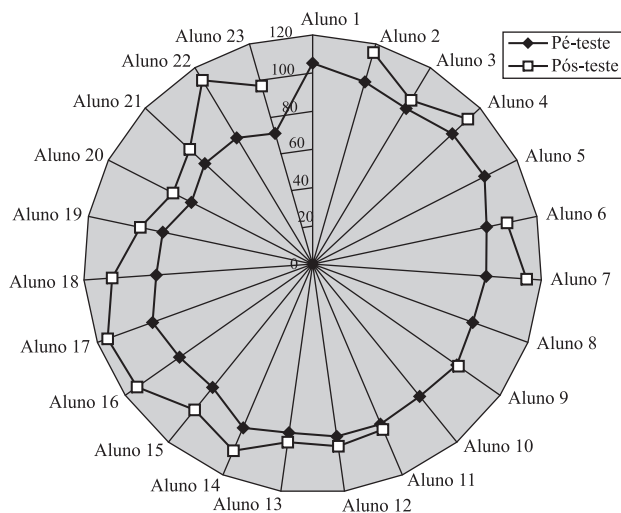


Figura 1 - Evolução dos escores totais dos estudantes (pré e pós-teste).

A questão de saber se esses ganhos podem efetivamente ser atribuídos aos efeitos da disciplina de história e epistemologia da física é mais complicada porque não tivemos grupo de controle para testes estatísticos mais aprofundados.

Entretanto, como já mencionado, nossa pesquisa foi essencialmente qualitativa estamos convencidos de que a interpretação dos significados das ações mostrou, e as manifestações e opiniões dos estudantes ratificou, que a evolução das visões indicada nesta análise estatística está associada às discussões e à estratégia de ensino desenvolvidas na disciplina e não a fatores externos. Avaliação meticulosa nesse sentido foi feita no processo de interpretação e análise da observação participativa, das monografias e das entrevistas individuais, que compõem as três outras etapas de análise da pesquisa, descritas em outros trabalhos [28] que juntamente com este, relatam o estudo feito.

Desta forma, a análise estatística que ficou reduzida à comparação dos resultados do tipo antes e depois, serviu apenas como análise complementar.

Particularmente não acreditamos que a análise puramente estatística pudesse garantir elevado grau de certeza aos resultados. Os estudantes, alguns com alta capacidade intelectual, poderiam ser levados a responder como o esperado pelo professor ao invés de expressar suas verdadeiras crenças. Como exemplo, citamos o ALUNO 17. Ele foi classificado como detentor de uma visão empirista-indutivista no início da disciplina pela análise qualitativa e seu escore total no pré-teste (89 pontos) confirmou esse resultado. Mas seu escore total saltou para 114 pontos no pós-teste. Isso poderia permitir inferir que no final da disciplina ele tinha migrado para uma visão completamente alinhada àquela aceita pela epistemologia contemporânea sobre a natureza da ciência. A análise qualitativa de sua monografia sobre epistemologia mostrou, entretanto, que ele chegou ao

final com uma visão parcialmente adequada, apresentando conflitos importantes entre antigas e profundas crenças empiristas/indutivistas e as novas visões estudadas. Seriam esses resultados contraditórios?

Acreditamos que não. Apenas revelam a fragilidade

da análise quantitativa/estatística quando se refere a realidades sociais/humanas. O ALUNO 17 reforçou a veracidade desta hipótese ao escrever no próprio questionário final o que aparece na Fig. 2, abaixo.

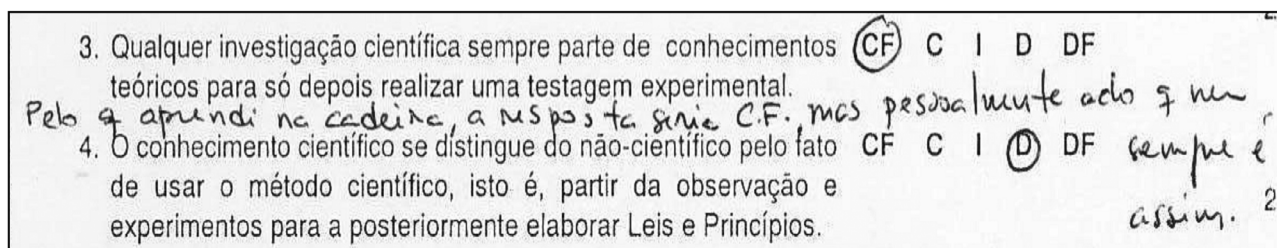


Figura 2 - Parte do questionário preenchido pelo ALUNO 17 enfocando observação pessoal do aluno ao responder à afirmação n. 3.

Isso ocorre comumente na física, isto é, o aluno memoriza as fórmulas e aprende a resolver alguns *problemas exemplares*, no dizer de Kuhn [29]. Como, em geral, a avaliação é através de testes, que reproduzem esses problemas, ele se sai bastante bem com essa estratégia e acaba reforçando o que Ausubel *et al.* [30] chamam de *aprendizagem mecânica*, ou em alguns casos, a simulação de *aprendizagem significativa*. Na realidade, não está sendo avaliado seu verdadeiro aprendizado, que às vezes é muito pobre e em nada contribui para sua formação cidadã.

Não estamos com isso pretendendo questionar o enorme poder do instrumental estatístico em vários campos da ciência. Mas parece razoável afirmar que na pesquisa educativa a realidade não pode ser entendida através de relações simples do tipo causa-efeito.

Não dá para esquecer, como afirmou filósofo e historiador Wilhelm Dilthey, que o homem difere dos demais seres vivos pela sua capacidade de construir e compartilhar significados. Além disso, todos os dados obtidos em uma realidade construída, como é a sala de aula, são produzidos num espaço e num tempo concretos e por alguma comunidade cujas peculiaridades estão condicionadas pelas formas de relacionamento entre os indivíduos que a compõem,⁷ ou seja, impregnados de significados que os testes estatísticos não conseguem captar.

Como forma suplementar de análise quantitativa utilizamos o pacote estatístico SPSS *for Windows-11.0* para realização de teste estatístico de hipótese. Nosso objetivo era refutar a *hipótese nula* (H_0 = a visão da natureza da ciência dos estudantes não se modifica por efeito das discussões e das estratégias de ensino utilizadas na disciplina de história e epistemologia da física).

Adotamos o *nível de significância* de 1%, ou seja, desejamos refutar a hipótese H_0 com 99% de chance de

acerto ($\alpha = 0,01$).

O teste estatístico avalia o valor de p (p pode ser interpretado como o risco de tomar a decisão errada, ou probabilidade de significância). Tipicamente, se $p \leq \alpha$ rejeita-se a hipótese H_0 .

Como nossos dados são os escores totais obtidos pelos estudantes nos questionários (inicial e final) estamos na condição de utilizar o *teste t* para dados pareados:

O chamado *teste t* é apropriado para comparar dois conjuntos de dados quantitativos, em termos de seus valores médios. [...] dois conjuntos de dados são pareados, oriundos, por exemplo, de um procedimento tipo antes-e-depois.⁸

Obtivemos como resultado da aplicação do *teste t* para os dados da Tabela 3 $p < 0,01$. Portanto, como p é menor que o nível de significância adotado ($\alpha = 0,01$) conclui-se que a hipótese H_0 é falsa. Este resultado já tinha sido apontado pela análise da estatística descritiva procedida anteriormente.

Realizamos também um teste (não paramétrico) de associação *qui-quadrado* para investigar se houve diferenças entre gêneros. Dentre os 21 estudantes que concluíram a disciplina, 17 eram homens e 4 eram mulheres. A Tabela 4 mostra a situação das médias dos escores totais de cada gênero bem como as médias globalizadas.

Tabela 4 - Médias dos escores totais por gênero e médias globalizadas.

	Pré-teste		Pós-teste	
	Masc.	Fem.	Masc.	Fem.
Média por gênero	89	87	102	98
Média globalizada	88	88	101	101

⁷Ver Ref. [31], p. 13.

⁸Ver Ref. [27], p. 217.

O valor obtido para χ^2 foi muito baixo e como consequência $p > 0,05$. Mesmo que utilizássemos nível de significância $\alpha = 0,05$ o resultado $p > \alpha$ indicou que a hipótese nula ($H_0 = 0 =$ gênero e escores totais são variáveis independentes) não pode ser rejeitada. Isso significa que a informação do sexo do estudante não fornece nenhuma pista sobre a evolução das suas visões da natureza da ciência, ou seja, essas variáveis não estão associadas.

Salienta-se que esta é uma situação perfeitamente normal nos cursos de física, ou seja, historicamente o número de estudantes homens é bastante superior ao número de estudantes mulheres.

7. Comentário final

Como já referido, a análise quantitativa tomou como base os resultados da aplicação de um questionário sobre concepções da natureza da ciência e consistiu de uma análise complementar à análise qualitativa predominante em nossa pesquisa. De qualquer forma, ratificou os resultados das análises qualitativas de que a apresentação e discussão das principais visões epistemológicas contemporâneas de forma direta e utilizando amplamente os aspectos históricos de construção da física contribuiu de forma positiva na evolução das visões da natureza da ciência do grupo de estudantes e sugeriu uma formação de professores de física mais reflexiva e crítica.

Tabela 5 - Questionário aplicado na forma de pré e pós-teste: Natureza da ciência – A seguir aparecem 25 afirmativas sobre como é produzido o conhecimento científico: como ele evolui, como ele se diferencia de outros tipos de conhecimentos e outros aspectos. Em cada uma das afirmativas você pode posicionar, em uma escala de cinco pontos, a extensão de sua concordância ou discordância segundo a seguinte codificação: Concordo fortemente: CF; Concordo: C; Indeciso: I; Discordo: D; Discordo fortemente: DF.

Faça um círculo ao redor da(s) letra(s) que melhor expressa(m) a sua opinião. Evite marcar muitas vezes Indeciso.					
1. A elaboração de Leis e Princípios científicos dispensa obrigatoriamente a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.	CF	C	I	D	DF
2. O modo como a ciência produz conhecimento segue necessariamente a seqüência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões, generalização.	CF	C	I	D	DF
3. Qualquer investigação científica sempre parte de conhecimentos teóricos para só depois realizar uma testagem experimental.	CF	C	I	D	DF
4. O conhecimento científico se distingue do não-científico pelo fato de usar o método científico, isto é, partir da observação e experimentos para a posteriormente elaborar Leis e Princípios.	CF	C	I	D	DF
5. Todo conhecimento científico é provisório.	CF	C	I	D	DF
6. Quando dois cientistas observam os mesmos fatos, eles devem chegar obrigatoriamente às mesmas conclusões.	CF	C	I	D	DF
7. O aspecto mais importante na evolução do conhecimento científico são os novos experimentos e as novas observações.	CF	C	I	D	DF
8. Problemas científicos diferentes podem requerer diferentes seqüências no desenvolvimento das etapas do método de investigação.	CF	C	I	D	D F
9. Observações científicas são sempre o ponto de partida para a elaboração das Leis e Princípios em ciência,	CF	C	I	D	D F
10. Existem investigações científicas que dispensam a realização de experimentos.	CF	C	I	D	DF
11. Leis e Princípios que entram em conflito com observações ou resultados experimentais devem ser rejeitados imediatamente.	CF	C	I	D	DF
12. A evolução da ciência ocorre principalmente pelo desenvolvimento e proposição de novos modelos, teorias, concepções.	CF	C	I	D	DF
13. Em uma pesquisa científica o mais importante são os detalhes factuais.	CF	C	I	D	DF
14. Para que um enunciado se transforme em Lei ou Princípio científico não é necessário que seja demonstrado como verdadeiro.	CF	C	I	D	DF
15. Todo conhecimento científico resulta da obtenção sistemática e cuidadosa de evidências experimentais.	CF	C	I	D	DF
16. O pesquisador sempre está condicionado, em sua atividade, pelas hipóteses que intui sobre o problema investigado.	CF	C	I	D	DF
17. Tudo aquilo que não é passível de comprovação experimental não pode receber a designação de conhecimento científico.	CF	C	I	D	DF
18. Um mesmo conjunto de evidências experimentais sempre é compatível com mais de uma Lei ou Princípio científicos.	CF	C	I	D	DF
19. Através da ciência e de seu método pode-se responder a todas as questões.	CF	C	I	D	DF
20. Descobertas científicas sempre se caracterizam muito mais como achados do que propriamente descobertas, uma vez que sempre confirmam ou contrariam uma expectativa teórica anterior.	CF	C	I	D	DF
21. Existe apenas um método geral e universal para produzir conhecimento científico.	0F	C	I	D	DF
22. Através do experimento o pesquisador comprova se a sua hipótese de trabalho é verdadeira ou falsa.	CF	C	I	D	DF
23. Idéias metafísicas ou não-científicas podem, por vezes, direcionar a pesquisa científica para resultados relevantes.	CF	C	I	D	DF
24. As afirmações científicas e os enunciados científicos são necessariamente verdadeiros e definitivos.	CF	C	I	D	DF
25. Toda investigação científica começa pela observação sistemática do fenômeno a ser estudado.	CF	C	I	D	DF

Referências

- [1] Harres, 1999a
- [2] Harres, 1999b
- [3] Marco A. Moreira e Bernardo Buchweitz, *Mapas Conceituais Instrumentos Didáticos, de Avaliação e de Análise de Currículo* (Editora Moraes, São Paulo, 1987).
- [4] Marco A. Moreira. *Mapas Conceituais e Diagramas V.* (Porto Alegre: Ed. do Autor). (2006).
- [5] George A. Kelly, *A Theory of Personal Constructs.* (New York, W.W. Norton & Company. 189 p.) (1963).
- [6] David P. Ausubel, Joseph D. Novak e Helen Hanesian, *Educational Psychology: A Cognitive View.* (2ª ed.) (Nova York, Holt, Rinehart and Winston, 1978, 733 p.)
- [7] Joseph D. Novak, *Uma Teoria de Educação.* (trad. de M.A. Moreira) (São Paulo, Pioneira, 1981. 252 p.)
- [8] Jim Ryder, John Leach and Rosalind Driver, *Journal of Research in Science Teaching* **36**, 201 (1999).
- [9] Elder Sales Teixeira, Charbel Niño El-Hani, Olival Freire Jr., *Revista da ABRAPEC* **1**, 111 (2001).
- [10] Huann-Shyang Lin e Chung-Chih Chen, *Journal of Research in Science Teaching* **39**, 773 (2002).
- [11] Charbel Niño El-Hani, Eraldo José Madureira Tavares e Pedro Luís Bernardo da Rocha, *Investigações em Ensino de Ciências, Revista Eletrônica IF/UFRGS* **9** (2004).
- [12] Norman G. Lederman and Marvin Druger, *Journal of Research in Science Teaching* **22**, 649 (1985).
- [13] Norman G. Lederman, Fouad Abd-El-Khalick, Randy L. Bell and Renè S. Schwartz, *Journal of Research in Science Teaching* **39**, 497 (2002).
- [14] Norman G. Lederman, Fouad Abd-El-Khalick and Randy L. Bell, *Journal of Research in Science Teaching* **35**, 1057 (1998).
- [15] Ivan A. Shibley Jr., *Science & Education* **12**, 691 (2003).
- [16] Joseph C. Cotham and Edward L. Smith, *Journal of Research in Science Teaching* **18**, 387 (1981).
- [17] David D. Marsh and Hsingchi A. Wang, *Science & Education* **11**, 169 (2002).
- [18] Joan Solomon, Jonathan Duveen and Linda Scot, *Journal of Research in Science Teaching* **29**, 409 (1992).
- [19] Erika Zimmermann e Januária A. Bertani, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* **20**, 43 (2003).
- [20] Fernando D. Prado, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **6**, 9 (1989) (Caderno Especial).
- [21] Michael R. Matthews, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **12**, 164 (1995).
- [22] J. Salinas de Sandoval, L. Colombo de Cudmani e M. Jean de Madozzo, *Rev. Bras. Ens. Fis.* **17**, 55 (1995).
- [23] Alberto Villani, Elisabeth Barolli, Tânia C.B.Cabral, Maria B. Fagundes e Sérgio C. Yamazaki, *Caderno Catarinense de Ensino de Física* **14**, 37 (1997).
- [24] Ricardo Rossato, *Século XXI Saberes em Construção* (UPF Editora, Passo Fundo, 2002), 128 p.
- [25] M.A. Moreira e E.A. Veit, *Fidedignidade e Validade*, Texto de apoio preparado para a disciplina de pós-graduação Bases Teóricas e Metodológicas para o Ensino Superior (Instituto de Física, UFRGS, 2003).
- [26] M.A. Moreira e F.L. Silveira, *Instrumento de Pesquisa em Ensino e Aprendizagem: A Entrevista Clínica e a Validação de Testes de Papel e Lápis* (EDIPUCRS, Porto Alegre, 1993), 101 p.
- [27] Pedro Alberto Barbeta, *Estatística Aplicada às Ciências Sociais* (Editora da UFSC, Florianópolis, 2003), 5ª ed. revisada, 340 p.
- [28] N.T. Massoni e M.A. Moreira (trabalho submetido à publicação, 2005).
- [29] Thomas S. Kuhn, *A Estrutura das Revoluções Científicas* (Perspectiva, São Paulo, 1978).
- [30] D.P. Ausubel, J.D. Novak e H. Hanesian, *Psicologia Educacional* (Editora Interamericana, Rio de Janeiro, 1980).
- [31] Jurjo Torres Santomé, Prologo a la edición española *Etnografía y Diseño Cualitativo en Investigación Educativa*, editado por J.P. Goetz y M.D. LeCompte (Ediciones Morata, Madrid, 1988).