

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

**MESTRADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS  
CIÊNCIAS**

**A INFLUÊNCIA DE UMA ABORDAGEM CONTEXTUAL  
NAS CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA:  
UM ESTUDO DE CASO COM ESTUDANTES DE FÍSICA  
DA UEFS**

**AUTOR: ELDER SALES TEIXEIRA  
ORIENTADOR: DR. OLIVAL FREIRE JR.  
CO-ORIENTADOR: DR. CHARBEL NIÑO EL-HANI**

**SALVADOR – 2003**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
MESTRADO EM ENSINO, FILOSOFIA E HISTÓRIA DAS  
CIÊNCIAS**

**A INFLUÊNCIA DE UMA ABORDAGEM CONTEXTUAL  
NAS CONCEPÇÕES SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA:  
UM ESTUDO DE CASO COM ESTUDANTES DE FÍSICA  
DA UEFS**

**AUTOR: ELDER SALES TEIXEIRA  
ORIENTADOR: DR. OLIVAL FREIRE JR.  
CO-ORIENTADOR: DR. CHARBEL NIÑO EL-HANI**

Dissertação submetida ao Curso de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências da Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Ensino, Filosofia e História das Ciências.

**SALVADOR – 2003**

Teixeira, Elder Sales

A Influência de uma Abordagem Contextual nas Concepções sobre a Natureza da Ciência: um Estudo de Caso com Estudantes de Física da UEFS / Elder Sales Teixeira. – Salvador: E. S. Teixeira, 2003.

130f.

Orientador: Dr. Olival Freire Jr

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia. Instituto de Física, 2003.

1. Física – Estudo e Ensino. 2. Ciência – História. 3. Ciência – Filosofia. I. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Física. II. Freire Jr, Olival. III. Título.

CDU: 53(07)

## **AGRADECIMENTOS**

Para realizar um trabalho desta natureza sempre se conta com muitas pessoas. Por isso, quero registrar meus agradecimentos a:

- Minha esposa Cléa, por tudo, tudo mesmo, em todos os momentos e em todas as situações;
- Meus filhos Lua, Ariel e Brisa, pela compreensão (algumas vezes tiveram que ficar na casa da vovó);
- Meus pais, pela formação moral e apoio estrutural (algumas vezes tiveram que ficar com os netos);
- Olival, pela influência na minha formação profissional, amizade, apoio e orientação nos dez anos de trabalho contando com sua colaboração (a ele, minha admiração pela competência profissional, seriedade, conduta ética e valor humano);
- Charbel, pela inestimável contribuição (taí um cara porreta!);
- Turma 2000.2 da disciplina 'Fundamentos de Física I' do Curso de Física da UEFS, pela participação no trabalho;
- Meus colegas do mestrado, pelo acolhimento, amizade e influência na compreensão dos muitos assuntos após tantas discussões (principalmente aquelas das mesas dos bares);
- Meus colegas Paulo Poppe e Marcelo Moret, do Depto. de Física da UEFS, por assumirem as minhas turmas, o que foi imperativo para eu conseguir o afastamento das atividades de sala de aula e, assim, poder me dedicar às tarefas do mestrado;
- Gal e Isabel, secretárias, respectivamente, do Colegiado do Curso e do Depto. de Física da UEFS, por serem sempre solícitas;
- Meus amigos, pelo apoio moral e compreensão (nem sempre dava para eu comparecer às farras).

## SUMÁRIO

### RESUMO

### ABSTRACT

<b>CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>08</b>
<b>1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO .....</b>	<b>08</b>
<b>1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.1. A Natureza da Ciência como Objetivo para o Ensino das Ciências .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.2. A Contribuição da História e da Filosofia da Ciência no Ensino das Ciências .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2.1. Breve Histórico .....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.2.2. Posições Favoráveis .....</b>	<b>17</b>
<b>1.2.2.3. Posições Contrárias .....</b>	<b>20</b>
<b>1.2.3. Sobre a Compreensão acerca da Natureza da Ciência ..</b>	<b>21</b>
<b>1.2.3.1. A Falta de Consenso .....</b>	<b>21</b>
<b>1.2.3.2. Em Busca de Consenso: “Metas mais Modestas” .....</b>	<b>23</b>
<b>1.2.4. Pesquisas Empíricas sobre Natureza da Ciência e Ensino das Ciências .....</b>	<b>24</b>
<b>1.2.4.1. Concepções dos Estudantes sobre Natureza da Ciência .....</b>	<b>25</b>
<b>1.2.4.2. Currículos Voltados para Propiciar Compreensão sobre Natureza da Ciência aos Estudantes .....</b>	<b>26</b>
<b>1.2.4.3. Concepções sobre Natureza da Ciência dos Professores das Ciências .....</b>	<b>28</b>

1.2.4.4. Concepções de Professores, Prática de Sala de Aula e Concepções de Estudantes .....	30
1.2.5. Abordagem Explícita x Abordagem Implícita .....	31
1.2.6. Abordagem Contextual no Ensino das Ciências: Recomendações e Dificuldades .....	33
1.3. OBJETIVOS .....	38
1.3.1. Objetivo Geral .....	38
1.3.2. Objetivos Específicos .....	38
<b>CAPÍTULO 2 – UMA EXPERIÊNCIA COM USO DE ABORDAGEM CONTEXTUAL .....</b>	<b>39</b>
2.1. ABORDAGEM CONTEXTUAL .....	39
2.2. A DISCIPLINA ‘FUNDAMENTOS DE FÍSICA I’: UMA EXPERIÊNCIA .....	40
2.2.1. Informações Gerais .....	40
2.2.2. O Programa .....	42
2.2.3. O Conteúdo Programático .....	44
<b>CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA .....</b>	<b>48</b>
3.1. ASPECTOS GERAIS .....	48
3.2. PARTICIPANTES .....	49
3.3. INSTRUMENTOS .....	50
3.4. TRATAMENTO DOS DADOS .....	55

<b>CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>57</b>
<b>CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>101</b>
<b>Anexo A – Fluxogramas do Curso de Física da UEFS     (Licenciatura e Bacharelado) .....</b>	<b>102</b>
<b>Anexo B – Prova da Disciplina ‘Fundamentos de Física I’ (2000.2).</b>	<b>105</b>
<b>Anexo C – Programa da Disciplina ‘Fundamentos de Física I’ .....</b>	<b>107</b>
<b>Anexo D – Sistema de Avaliação da UEFS .....</b>	<b>112</b>
<b>Anexo E – Planejamento da Disciplina ‘Fundamentos de Física I’     (2000.2) .....</b>	<b>117</b>
<b>Anexo F – Questionário VNOS-C .....</b>	<b>120</b>
<b>Anexo G – Protocolo de Coleta de Dados .....</b>	<b>129</b>

## **RESUMO**

Este trabalho é o resultado de uma pesquisa qualitativa sobre as concepções de estudantes de Física da Universidade Estadual de Feira de Santana sobre a Natureza da Ciência. Foi feito um levantamento das concepções prévias dos estudantes, e uma análise das mudanças produzidas, em tais concepções, por uma disciplina informada através de uma abordagem contextual de ensino, levando na devida conta as dimensões históricas e filosóficas da atividade científica. A metodologia envolveu a aplicação de um questionário (VNOS-C), desenvolvido por Norman G. Lederman e colaboradores, em duas etapas – no início e no final da disciplina –, bem como o uso de entrevistas semi-estruturadas. Os dados foram sistematizados através da construção de categorias baseadas nas respostas dos estudantes e, em seguida, foi realizada uma análise qualitativa. Os resultados apontaram para uma mudança significativa e favorável das concepções dos estudantes sobre a Natureza da Ciência em vários aspectos, a despeito da dificuldade de superação de algumas noções profundamente enraizadas em suas visões epistemológicas.



## ***ABSTRACT***

This dissertation is the result of a qualitative research on the conceptions of the Physics students of the State University of Feira de Santana (Brazil) concerning the Nature of Science. A survey of the students' previous conceptions was made, together with an analysis of the changes produced in such conceptions, during a course which used a contextual approach to teaching, taking into account the historical and philosophical dimensions of scientific activity. The methodology involved the application of a questionnaire (VNOS-C), developed by Norman G. Lederman and collaborators, in two stages - in the beginning and in the end of the discipline -, as well as the use of semi-structured interviews. The data were systematized through the construction of categories based on the students' answers and, soon after, a qualitative analysis was accomplished. The results showed a significant and favorable change of the students' conceptions on the Nature of Science in several aspects, in spite of the difficulty in surpassing some deeply rooted notions in their epistemological views.

# **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

## **1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO TRABALHO**

Permito-me abrir esta seção dentro do presente trabalho para escrever, em primeira pessoa, sobre um pouco da minha trajetória profissional para contextualizar o presente trabalho, uma vez que este se encontra intrinsecamente relacionado com ela.

Concluí o Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal da Bahia (UFBA) no final de 1995 tendo colado grau em janeiro de 1996, após seis anos de graduação incluindo longos períodos de greve. Devo acrescentar que estes períodos, apesar das conturbações produzidas por toda greve, foram fundamentais para minha formação política e acadêmica em função da minha inserção na militância do movimento estudantil, e foram também fundamentais para minha vida pessoal, pois, justamente na primeira greve que enfrentei na Universidade, logo no primeiro ano do Curso, em meio a assembléias e passeatas conheci a mulher com quem me casei e com quem vivo até hoje juntamente com nossos três lindos filhos.

Logo após ter colado grau fui contratado, em abril de 1996, como professor substituto, pela Faculdade de Educação da UFBA onde fiquei por um ano. Ainda em 1996, no mês de agosto, ingressei, também como professor substituto, na Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS).

Em abril do ano seguinte duas coisas importantes vieram a acontecer que foram fundamentais para a realização, hoje, do presente trabalho: 1. o concurso para professor auxiliar da matéria 'Ensino de Física' na UEFS, do qual participei e fui aprovado, sendo empossado imediatamente; 2. a implantação do Curso de Licenciatura em Física da UEFS que ocorreu concomitantemente ao concurso.

O currículo do Curso de Física da UEFS trazia algumas diferenças em relação aos que eu conhecia – como o da UFBA, por exemplo. Uma delas era a existência de três disciplinas chamadas ‘Fundamentos de Física I, II e III’, cujas ementas se referiam a discussões dos assuntos de maneira eminentemente conceitual. Vi, neste ponto, a possibilidade de inserir no Curso algo do qual, desde quando era estudante, sentia falta no currículo do Curso de Física da UFBA: uma abordagem de ensino que levasse em conta a contextualização histórica e filosófica ao tratar dos conceitos da Física.

Argumentei, então, com meus colegas da Área de Física<sup>1</sup> sobre a importância da inclusão de elementos de história e filosofia da ciência na formação dos estudantes de licenciatura e que tais disciplinas eram propícias para isto. Tive, então, a satisfação de ser indicado pela Área para elaborar o programa da disciplina ‘Fundamentos de Física I’ – que é a primeira disciplina de física da grade curricular –, bem como, para ministrá-la. O mesmo aconteceu em relação às duas outras disciplinas nos semestres seguintes.

Estou certo de que a abertura para a inclusão de elementos de história e filosofia da ciência em três disciplinas do Curso de forma a permear sua grade curricular só foi possível devido fundamentalmente a dois fatores: primeiro, a sensibilidade de uma boa parte dos meus colegas, que naquele momento constituíam a Área de Física, em relação aos meus clamores sobre a relevância de tais elementos para uma formação mais crítica dos estudantes de licenciatura; segundo, a minha formação que, embora ainda parca, já demonstrava uma explícita vocação para a área de pesquisa em ensino de física com grande simpatia pela história e filosofia da ciência.

De fato, desde o início da graduação percebi minha inclinação pela problemática do ensino de física, daí a opção pela Licenciatura, ao tempo em que percebi também uma deficiência no Curso de Física em relação aos fundamentos históricos e epistemológicos da física, o que levou a me envolver,

---

<sup>1</sup> Naquele momento ainda não existia o Departamento de Física da UEFS. Os professores de física eram lotados na Área de Física que fazia parte do Departamento de Ciências Exatas.

durante a graduação, em atividades de pesquisa e extensão ligadas às questões de ensino, história e filosofia da ciência. Dentre estas atividades, destaco dois trabalhos de iniciação científica desenvolvidos sob a orientação do prof. Olival Freire Jr. com quem, desde aquele momento, estabeleci uma relação de amizade e frutífera relação profissional. Estes trabalhos foram publicados nos resumos dos congressos em que foram apresentados, quais sejam, o XI Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) (ver TEIXEIRA, 1995) e o XIV Encontro de Físicos do Norte e Nordeste (EFNNE) (ver TEIXEIRA e FREIRE JR., 1996), sendo que este último também foi publicado no Caderno Catarinense de Ensino de Física (ver TEIXEIRA e FREIRE JR., 1999).

Assim, essa trajetória me deu algum subsídio, um pouco de confiança e muita ousadia para tentar implementar em três disciplinas de um Curso de Física recém iniciado um tipo de abordagem de ensino que tem sido objeto de muita discussão e estudo entre os pesquisadores. E, justamente com o intuito de colaborar com esta discussão e de averiguar a eficácia desta abordagem na formação dos estudantes, em um caso particular, é que surgiu o problema de pesquisa que, embora suscitado desde os primeiros semestres em que comecei a ministrar as disciplinas, somente ao ingressar no Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências tive, de fato, condições estruturais e algum suporte em termos de conhecimento para poder investigar tal problema. Este Mestrado, como o próprio nome sugere, tem uma natureza interdisciplinar buscando um diálogo entre essas três Matérias (Ensino das Ciências, Filosofia das Ciências e História das Ciências) e, portanto, apóia fortemente investigações relacionadas com as implicações de uma abordagem contextual no ensino das ciências (ver FREIRE JR. e TENÓRIO, 2001).

Portanto, a minha participação na formatação das disciplinas 'Fundamentos de Física I, II e III' do Curso de Física da UEFS está intimamente relacionada com o nascedouro da pesquisa que resultou no presente trabalho. E, a despeito de alguns argumentos que se pode encontrar na literatura quanto a possíveis

dificuldades de se ter o próprio professor da disciplina como pesquisador, tais como, uma super influência de fatores subjetivos na interpretação de dados, devo afirmar que, em função do que já foi descrito acima, esta pesquisa não poderia ter sido por mim realizada se eu mesmo não tivesse sido o professor da disciplina cuja abordagem foi investigada, pois, como já foi dito, a pesquisa tem seu nascedouro na minha própria atuação enquanto professor da disciplina. Contudo, para evitar qualquer eventual problema desta ordem foram tomados alguns cuidados como forma de apuro metodológico, tais como: se aproximar o máximo possível de uma análise “cega” e submeter os dados a dois outros pesquisadores que não estiveram envolvidos no processo de coleta.

Por fim, chego ao final desta jornada com a sensação de dever cumprido e de que tenho muito a aprender. E, apesar das dificuldades próprias de todo percurso em que se busca esmero, devo dizer que este trabalho me deu muita satisfação.

## **1.2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **1.2.1. A Natureza da Ciência como Objetivo para o Ensino das Ciências**

A preocupação dos educadores em ciências quanto à existência de uma adequada compreensão sobre a Natureza da Ciência (N.C.) por parte dos estudantes aparece desde o início do século XX. Conforme citado por LEDERMAN (1992), um relatório da *Central Association of Science and Mathematics Teachers*, de 1907, apresenta fortes argumentos em defesa da ênfase sobre o método científico e sobre os processos de ciência no ensino. Naquele período, a principal meta da N.C., como parte da educação científica, era a compreensão do método científico, como forma de aprimorar as faculdades mentais dos estudantes.

LEDERMAN (1992) acentua ainda que tal meta foi se modificando ao longo dos tempos, contudo, a idéia de que há necessidade dos estudantes adquirirem uma adequada compreensão acerca da N.C. é defendida por educadores e cientistas até os dias atuais. Alguns destes apresentam a N.C. “*como um dos objetivos mais comumente especificados para a educação em ciência*” (KIMBALL, 1968<sup>2</sup> citado por LEDERMAN, 1992: 332) e outros chegam a “*descrevê-la como a mais importante*” (SAUNDERS, 1955<sup>3</sup> citado por LEDERMAN, 1992: 332).

Posições similares têm sido encontradas em relatórios como o “*Science for all Americans*” que contém as diretrizes para o ensino das ciências propostas pela *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), cujas recomendações dedicam três, dos quinze capítulos que constituem o relatório, à Natureza da Ciência e partem da premissa de que, para uma instrução científica de qualidade, é necessário ensinar as matérias de forma menos extensas, mas concentradas naquilo que é essencial e que “*limitam-se às idéias e métodos de maior importância científica e educacional*” (RUTHERFORD e AHLGREN, 1995: 19).

## **1.2.2. A Contribuição da História e da Filosofia da Ciência no Ensino das Ciências**

### **1.2.2.1. Breve Histórico**

MATTHEWS (1994) faz uma bem fundamentada apresentação acerca da necessidade de melhorar a compreensão dos estudantes sobre a N.C., defendendo o uso da História da Ciência e da Filosofia da Ciência (H.F.C.)

---

<sup>2</sup> KIMBALL, M. E. Understanding the Nature of Science: A Comparison of Scientists and Science Teachers. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 2, n. 1, p. 3-6, 1968.

<sup>3</sup> SAUNDERS, H. N. **The Teaching of General Science in Tropical Secondary Schools**. London: Oxford University Press, 1955.

como um recurso metodológico apropriado para atingir este objetivo. Para este autor, a educação científica não deveria ser apenas um treinamento em ciências, mas também, um ensino sobre ciências, o que significa que, além do conhecimento dos conteúdos das matérias e do desenvolvimento de habilidades científicas, os estudantes deveriam ter acesso a uma apreciação dos métodos, sua diversidade e suas limitações. Deveriam ter um certo senso sobre questões metodológicas tais como: as maneiras pelas quais as teorias científicas são avaliadas; como teorias concorrentes são apreciadas; o papel que o experimento, a matemática, a religião e a filosofia – bem como a inter-relação entre estas matérias – exerceram no desenvolvimento da ciência. Para isto, deveriam ter algum conhecimento dos grandes episódios no desenvolvimento da ciência como a revolução copernicana, o desenvolvimento da ciência experimental e matemática associada a Newton e Galileo, a teoria da evolução de Darwin, as teorias da relatividade de Einstein etc.

Portanto, tais clamores para uma educação científica apontam para uma integração da H.F.C. com o ensino das ciências tanto nos currículos como nos programas de formação de professores, uma vez que, *“Professores das ciências precisam conhecer algo da história e da natureza das disciplinas que eles estão ensinando”* (MATTHEWS, 1994: 3).

A discussão acerca das contribuições da História e da Filosofia da Física para o Ensino de Física, embora seja atual, não é tão recente. Desde o século XIX, havia tentativas de aproximação do ensino das ciências com a História e Filosofia das Ciências (e, em particular, da Física). Um nome a se destacar neste período é o de Ernst Mach, cujos argumentos em favor do ensino e da aprendizagem em ciências podem ser encontrados inclusive em teorias educacionais da atualidade como, por exemplo, a teoria da mudança conceitual. Ele defende o uso de experiências de pensamento como forma de prover o professor de habilidades para melhor compreender como os alunos entendem os conceitos (MATTHEWS, 1994: 103).

O primeiro livro didático de ciência que Mach escreveu trazia uma introdução histórica com as idéias e grandes feitos daqueles que construíram a Física. Alguns de seus argumentos em favor do uso da História e da Filosofia no ensino, podem ser assim resumidos: as teorias científicas só podem ser compreendidas se seu desenvolvimento histórico for compreendido; deve-se ensinar pouco, mas ensinar bem; seguir a ordem histórica do desenvolvimento da matéria; deve-se colocar as questões filosóficas vinculadas à ciência (MATTHEWS, 1994: 97-98). Sobre uma abordagem de ensino historicamente apresentada, MACH (1895/1986)<sup>4</sup> disse:

*“Todo jovem estudante poderia ter um vivo contato com apenas poucas descobertas matemáticas ou científicas, buscando suas conseqüências lógicas. Tais seleções estariam principalmente e naturalmente associadas com as seleções dos grandes clássicos científicos”* (citado por MATTHEWS, 1994: 99).

MATTHEWS (1994) fez um levantamento histórico dos currículos dos cursos de ciências, principalmente dos países da Europa e EEUU, acentuando os debates ideológicos que ocorreram durante a formatação de tais currículos. Identificou três tradições concorrentes nos EEUU: a prática, com ênfase na técnica e nas aplicações cotidianas; a teórica, com ênfase na especialização, na estrutura das disciplinas; a contextual, que enfatiza o aspecto humanístico, o desenvolvimento histórico e as implicações culturais da ciência.

Essas três correntes tiveram maior ou menor penetração conforme diferentes contextos e momentos históricos. Na primeira metade do século XX, havia um crescente reconhecimento dos aspectos humanísticos e práticos. Com o advento da II Guerra Mundial, houve um acréscimo na perspectiva da ciência aplicada. Professores da Universidade de Columbia desenvolveram um currículo relevando a função da ciência na sociedade para solução de problemas cotidianos. Esta postura foi criticada por todos os lados: os

---

<sup>4</sup> MACH, E. **Popular Scientific Lectures**. Open Court Publishing Company, La Salle, IL, 1895/1986.



teóricos alegavam que a população deveria compreender a importância de se ter cientistas competentes para garantir a evolução do trabalho científico; já o Comitê de Harvard defendia que os fatos deveriam ser aprendidos em seu contexto cultural, histórico e filosófico (MATTHEWS, 1994: 14).

Na década de 50, dentro do contexto da Guerra Fria em que as duas grandes potências EEUU e URSS disputavam soberania, o lançamento do satélite soviético *Sputnik* ao espaço produziu um alerta nos educadores e políticos americanos e pôs em cheque o sistema educacional. A *National Science Foundation* fez um alto investimento em diversos projetos curriculares, todos com ênfase nos conteúdos das ciências e voltados para a formação de cientistas. Tais projetos eram dirigidos por cientistas considerados com alto grau de competência e os educadores, historiadores e filósofos ficaram aliados desses processos envolvendo reformas curriculares. MATTHEWS (1994) identifica esse episódio como uma separação entre a História e a Filosofia das Ciências do ensino das ciências. Pode-se considerar como melhor exemplo dessa tendência o Physical Sciences Study Committee (PSSC) que teve ampla difusão no mundo tendo sido traduzido para 17 diferentes idiomas, inclusive o russo, conforme cita FRENCH (1986). Este autor chegou a afirmar que “*havia uma edição russa do PSSC, cerca de 57.000 cópias, [sendo um exemplar] para cada professor de física na União Soviética*” segundo informação que lhe foi passada por um antigo membro da Divisão de Educação Científica da UNESCO, Nahum Joel (FRENCH, 1986: 32).

Nos países britânicos, até a década de sessenta, prevalecia, nos currículos, o método heurístico da ‘descoberta’ com ênfase também na história, seguindo as influências de Mach. Contudo, similarmente ao que aconteceu nos EEUU, a partir deste período, ocorreram as reformas curriculares com a implantação dos Cursos de Ciências de Nuffield, que negligenciaram a dimensão histórica do conhecimento e valorizaram a visão indutivista do método científico. Assim como nos EEUU, a perspectiva era a de produzir pequenos cientistas (MATTHEWS, 1994: 23).

Uma exceção a essa tendência foi o Projeto de Física de Harvard (PFH), implementado nos EEUU nos anos sessenta. O PFH foi implementado em todo o país e sua característica humanista permitiu sua adaptação e uso em outros países do mundo (LEWIS, 1976b: 103). Desenvolvido por profissionais das diversas áreas de conhecimento incluindo físicos, astrônomos, historiadores, filósofos e professores, o Curso de Física do PFH faz uma introdução aos conceitos da Física a partir das suas idéias mais relevantes e numa perspectiva cultural e histórica, com os objetivos de atingir estudantes com diferentes capacidades e com as mais variadas vocações profissionais (RUTHERFORD, HOLTON e WATSON, 1978: prefácio).

MATTHEWS (1994: 6) apontou o PFH como um excelente exemplo de ensino de ciência através de abordagem contextual e ressaltou que mais de sessenta estudos sobre sua eficácia foram publicados e todos com resultados positivos e encorajadores. LEWIS (1976b: 98), sobre esta questão, afirma:

*“O curso foi experimentado em escolas de todo o país e os resultados provaram que funcionava convenientemente. Os professores e estudantes revelam-se entusiasmados com ele e, na maioria das classes em que é proporcionado, a matrícula em Física aumentou dramaticamente” (sic).*

Apesar de todos os esforços americanos para aprimorar o ensino das ciências, um percentual ainda maior de alunos evitava a matéria Física. Isto significa que os projetos como o PFH, que visavam reverter esta tendência, não parecem ter obtido muito sucesso. A evasão de professores também fora documentada. Em 1992, um relatório intitulado ‘Uma Nação em Risco’, alertava para a falência do sistema educacional americano e, na Inglaterra, tendências similares eram apontadas pela *Royal Society* e pela *National Commission on Education* (MATTHEWS, 1994: prefácio).

Se houve, na década de sessenta, uma separação entre a História e Filosofia das Ciências e o ensino das ciências, a partir da década de oitenta pode-se

dizer que tem havido tentativas de reaproximação entre esses ramos do conhecimento. O relatório “*Science for all Americans*” é um exemplo disso, pois, enfatiza, dentre outros aspectos, o aprendizado guiado pelo conhecimento da natureza e história da ciência (MATTHEWS, 1994: 37). Entretanto, RUTHERFORD (1999) acentua que a introdução da H.F.C. nos currículos das ciências é condição necessária, mas não suficiente para promover uma adequada alfabetização científica.

#### **1.2.2.2. Posições Favoráveis**

A tendência de reaproximação, apontada por MATTHEWS (1994) foi, sob determinados aspectos, ratificada por WANG e SCHMIDT (2001) ao reportar os resultados do ‘Terceiro Estudo Internacional sobre Matemática e Ciência’ (TIMSS) que contou com a participação de mais de quarenta países de todo o mundo. Dentre as conclusões relatadas, as principais são as seguintes:

- (i) Alguns países não estavam entre aqueles que, em maior grau, planejaram ou implementaram abordagem contextual de ensino, entretanto, tiveram mais sucesso nos itens sobre testes de ciências e sobre o uso de H.F.C., que outros que dedicaram atenção, em maior grau, à H.F.C. nos livros didáticos, orientações curriculares e por parte dos professores. Isto significa, segundo os autores, que o uso de uma abordagem contextual, sem ter como foco a matéria, o objeto da ciência, pode mais confundir os alunos do que ajudá-los;
- (ii) A preparação e o treinamento dos professores devem ser a chave para a alfabetização científica através do uso da H.F.C. Mesmo não dedicando um tempo muito grande à H.F.C., os professores de todas as partes do mundo as têm incluído nos seus cursos. Isto pode apontar para um importante papel que tal abordagem pode exercer para uma formação mais adequada dos professores.

Finalmente, os autores concluem que é imperativo, na atual sociedade, a alfabetização científica, tanto para os estudantes que irão seguir carreira científica quanto para aqueles que não irão. O conhecimento científico é um processo dinâmico, cujos contextos social, histórico, psicológico e outros, são muito mais determinantes que os aspectos puramente formal e abstrato, e a abordagem contextual, em função do seu papel eminentemente crítico da ciência e da relação desta com a sociedade, é identificada como uma poderosa forma de aumentar o grau de alfabetização científica geral. Os resultados do TIMSS revelaram que há um aumento e um efeito significativo do uso de abordagem contextual no ensino das ciências em países de todas as partes do mundo (WANG e SCHMIDT, 2001).

Estudos empíricos têm sido realizados sobre a eficácia do uso de abordagem contextual no ensino das ciências, e, em particular, da Física. Um destes estudos, através de uma abordagem quali-quantitativa de pesquisa, foi feito por CUDMANI e SANDOVAL (2000), com estudantes de graduação em Física (Licenciatura e Bacharelado) e Engenharia que cursaram disciplinas informadas por abordagem contextual de ensino de Física. As pesquisadoras relataram que, a despeito de alguns focos de resistência, houve mudanças significativas na compreensão dos estudantes acerca da N.C.

O ensino das disciplinas científicas, informado por abordagem contextual, se caracteriza por uma série de compromissos educacionais como, por exemplo, a introdução dos alunos a um importante aspecto da sua cultura, a ciência, levando-o a compreender tanto o aspecto ontológico, o objeto da disciplina, como o aspecto epistemológico, a sua natureza (metodologia, princípios, limitações, história etc.). Ainda, permite estabelecer as conexões com outros ramos do conhecimento como, por exemplo, ética, religião, cultura, além das demais disciplinas científicas (MATTHEWS, 1994: 2).

SEROGLOU e KOUMARAS (2001) acentuam, por sua vez, a importância de fatores metacognitivos na aquisição de conhecimentos científicos – fatores

estes que levam os indivíduos a construir os significados e ter o controle de suas próprias ações, desenvolver habilidades de pensar sobre os seus próprios pensamentos, tornando-se consciente das estratégias de suas próprias idéias – considerando que tais fatores incluem a compreensão sobre a N.C. Esta última, por sua vez, requer a compreensão do conteúdo da ciência, bem como, da sua metodologia, que são essenciais para a aprendizagem em ciências, e que podem ser proporcionados através de uma abordagem de ensino que discuta as dimensões filosóficas da ciência.

LEWIS (1976a) faz uma defesa do uso da história no ensino da física, criticando o modelo usual de ensino como *“um catálogo de fatos apresentados na estrutura de leis a aprender, de fórmulas a decorar e problemas a solucionar e exercícios laboratoriais de rotina destinados a obter respostas previamente determinadas”* (LEWIS, 1976a: 202). Segundo ele, este modelo é responsável pela visão inadequada do público não-cientista que pensa a ciência apenas *“em termos de ‘fatos’ resultantes de investigações empíricas ou em termos de leis rígidas e generalização forçada, mas desumana”* (LEWIS, 1976a: 202).

Afirma ainda que o mito deste pensamento como representante do método científico foi quebrado por historiadores que fizeram descrições mais rigorosas dos processos de descoberta e *“os professores de Ciências não devem perder a oportunidade de transmitir a nova compreensão aos seus alunos”* (LEWIS, 1976a: 220-221). E conclui que desprezar a História da Ciência no ensino de Física é rejeitar uma forma pedagógica mais útil para conduzir este ensino tomado como um ingrediente necessário à nossa herança cultural.

CRUZ (*in*: CRUZ, 1988), na mesma direção, argumenta que a forma perfeita e linear como a Física é apresentada, não corresponde ao seu processo de construção, e a História da Ciência parece um caminho de como trazer à tona, aos estudantes, o real processo de construir Física.

### 1.2.2.3. Posições Contrárias

Não há consenso por parte dos educadores e cientistas quanto à contribuição da H.F.C. para o ensino das ciências. Posições antagônicas às anteriores são encontradas. Feynman, por exemplo, declarou numa conferência internacional de Física no Rio de Janeiro em 1966:

*“Há uma diferença entre uma ciência e as humanidades, e a tentativa para as reunir numa idade prematura constitui um perigo e um meio destruidor do verdadeiro valor cultural da Ciência... É impossível ensinar a apreciação de algo às crianças; apenas se lhes pode ensinar aquilo que a coisa é na realidade e acalentar a esperança de que a inteligência origina a apreciação”* (citado por LEWIS, 1976a: 207).

Uma posição semelhante é assumida por ABRANTES (*in*: CRUZ, 1988). Abrantes defende que a única contribuição que a História da Ciência pode dar ao ensino da Física é o de estabelecer as visões adequadas da natureza do conhecimento científico, sua metodologia e suas relações com a sociedade. Contudo, a História da Ciência não tem o papel, meramente instrumentalista, de servir a objetivos pedagógicos para o ensino da Física, além de não ser uma condição necessária para a compreensão dos conceitos. Afirma ele: *“Eu não sei se um físico que conhece a História da Física será melhor físico do que um que não conhece. Isso não me parece evidente”* (*in*: CRUZ, 1988: 90). Para ele, o objetivo de um curso de Física universitário é, no sentido kuhiano, reproduzir a comunidade de especialistas, treinar o aluno em determinadas técnicas e habilidades, dentro de um paradigma aceito, e, para isto, a História da Física não mostra nenhuma utilidade<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Este autor apresenta uma visão mais atenuada em uma publicação mais recente (ver ABRANTES, 2002).

### 1.2.3. Sobre a Compreensão acerca da Natureza da Ciência

#### 1.2.3.1. A Falta de Consenso

A despeito da falta de consenso sobre a eficácia do uso da H.F.C. no ensino das ciências, mesmo aqueles que advogam em favor desta abordagem para aprimorar as concepções de N.C. dos estudantes, se deparam com controvérsias no que diz respeito à forma como deve ser efetivada tal abordagem no ensino. De fato, parece problemático tentar estabelecer um consenso sobre o uso de H.F.C. no ensino de ciências como forma de conduzir os estudantes a um grau satisfatório de compreensão sobre a N.C. uma vez que os próprios filósofos da ciência, educadores e cientistas não partilham de um consenso sobre o que vem a ser a N.C.

A complexidade da atividade científica e a diversidade de posições epistemológicas podem levar a uma diversidade de concepções sobre a N.C. ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000a) afirmam que as mudanças nas concepções sobre N.C. dos filósofos, sociólogos e historiadores da ciência, refletem na conceituação sobre N.C. dos educadores das ciências.

No trabalho acima referido, estes autores apresentaram um breve resumo destas mudanças acentuando que no início do século XX a concepção sobre N.C. era equivalente à concepção de método científico. Na década de 60, havia uma ênfase em identificar a N.C. com as habilidades de investigação e dos processos em ciências como: observação, hipótese, dedução, interpretação de dados e desenho dos experimentos. Na década de 70, o *Center of Unified Science Education* da Universidade de Ohio (EUA) caracterizou o conhecimento científico como sendo: de natureza tentativa<sup>6</sup>, público, reproduzível, probabilístico, humanístico, histórico, único (possui seu próprio conjunto de regras e valores), holístico (internamente consistente) e empírico.

---

<sup>6</sup> LEDERMAN et al (2000b) descrevem o significado do termo 'natureza tentativa' enquanto um aspecto característico do conhecimento científico conforme a filosofia da ciência contemporânea (Anexo F).

Nos anos 80, fatores psicológicos (como a natureza subjetiva das observações) e sociológicos (como a estrutura social das organizações científicas) passam a fazer parte das definições sobre N.C. Nos anos 90, outros valores passam a integrar as definições estabelecidas pelas organizações como, por exemplo, a interação entre as crenças pessoais, culturais e relativas à sociedade na geração do conhecimento científico, que foram enfatizadas pelo *National Research Council* (NRC) dos EEUU em 1996. ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000a) ressaltam ainda que estas mais variadas definições não devem ser vistas como umas melhores que as outras, mas, como oriundas dos diversos contextos associados ao desenvolvimento científico e da filosofia da ciência, predominantes da respectiva época.

Desta forma, poderia parecer difícil de sustentar um argumento que procurasse estabelecer a existência de uma definição consensual acerca da N.C. em um nível mais profundo de compreensão (LEACH et al., 2000). O grau de discordância sobre a N.C. entre os filósofos, cientistas e educadores é tão abstrato que foge ao âmbito da compreensão dos estudantes. Conforme argumentam ABD-EL-KHALICK e BOUJAOUDE (1997)<sup>7</sup>:

*“As discordâncias que continuam a existir entre filósofos, historiadores e educadores da ciência são muito abstratas para os estudantes entenderem e muito esotéricas para terem consequência imediata em sua vida cotidiana”* (citados por MOSS, ABRAMS e ROBB, 2001: 773).

Ainda, conforme acentua HARRES (1999), conseguir que os estudantes detenham uma compreensão sobre o conhecimento (um meta-conhecimento) e, ainda, que possam situar tal compreensão dentro das correntes filosóficas e epistemológicas existentes, seria um significativo avanço. Similarmente, MATTHEWS (1998) afirma que não se pode esperar que os estudantes ou futuros professores das ciências se tornem competentes especialistas em

---

<sup>7</sup> ABD-EL-KHALICK, F.; BOUJAOUDE, S. An Exploratory Study of the Knowledge Base for Science Teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 34, p. 673-699, 1997.



história, sociologia e filosofia da ciência e, assim, propõe metas mais modestas para o ensino sobre a N.C.

### 1.2.3.2. Em Busca de Consenso: “Metas mais Modestas”

Segundo os argumentos de ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000b), deve ser possível se chegar a um termo comum sobre o que vem a ser considerada como uma adequada concepção sobre N.C., em um grau menos profundo, em um determinado período de tempo, e de acordo com as concepções epistemológicas mais predominantes deste mesmo período. Por exemplo, seria difícil, na atualidade, rejeitar a natureza subjetiva das observações científicas ou concordar com a idéia de unicidade em relação a método científico.

ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000b), bem como AKERSON, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000) estabelecem algumas características da ciência que, em um nível menos profundo e para fins de ensino e aprendizagem sobre a N.C. podem ser consideradas não controversas. Segundo tais características, o conhecimento científico pode ser considerado como: de natureza tentativa; empiricamente embasado; subjetivo; parcialmente embasado em inferências, imaginação e criatividade humanas; socialmente e culturalmente envolvido. Acrescentam ainda dois aspectos que são: a distinção entre observação e inferência; a função de teorias e leis e a relação entre estas. Por fim, os autores salientam que essas características são enfatizadas também nos documentos de reforma educacional da AAAS em 1990<sup>8</sup> e do NRC em 1996<sup>9</sup>.

No mesmo sentido MOSS, ABRAMS e ROBB (2001) propuseram um modelo com características da N.C. que estabelece critérios para avaliar a adequação

---

<sup>8</sup> AMERICAN ASSOCIATION FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE – AAAS. **Science for all Americans**. New York: Oxford University Press, 1990. [uma tradução deste documento foi referenciada no presente trabalho (ver RUTHERFORD e AHLGREN, 1995)].

<sup>9</sup> NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standard**. Washington, DC: National Academic Press, 1996.

das concepções sobre N.C. dos estudantes. Segundo este modelo, as características do empreendimento científico são: o universo é investigável através da exploração científica, sendo esta uma mera forma de conhecimento daquele; a exploração científica tenta explicar e prever fenômenos, comparar teorias, checar resultados e gerar novas questões; lógica, imaginação e curiosidade contribuem para a exploração científica; ciência é uma atividade social e os cientistas são influenciados por fatores sociais e culturais; problema de pesquisa, levantamento e análise de dados, conclusões e comunicação são as principais fases da tarefa científica. Metodologias de pesquisa que usam experimentação e/ou observação são comumente usadas. Além disso, o conhecimento científico: demanda evidência e é testável; normalmente não fornece respostas completas a todas as questões; tem natureza tentativa e desenvolvimentista.

Os autores salientam que não se trata de um modelo que tem a pretensão de servir de referencial teórico para filósofos da ciência uma vez que não aprofunda questões que, para estes especialistas, seriam substancialmente mais complexas, mas, apenas servir de parâmetro através do qual as concepções sobre N.C. dos estudantes, em um nível mais geral, podem ser interpretadas.

#### **1.2.4. Pesquisas Empíricas sobre Natureza da Ciência e Ensino das Ciências**

LEDERMAN (1992), em sua revisão de literatura, fez um levantamento das pesquisas empíricas sobre a N.C. enquanto parte integrante dos objetivos da educação científica e identificou quatro linhas distintas: investigação das concepções sobre N.C. dos estudantes; investigação dos currículos voltados para propiciar compreensão sobre N.C. aos estudantes; investigação das concepções sobre N.C. dos professores das ciências; investigação das

relações entre concepções de professores, prática de sala de aula e concepções de estudantes.

#### **1.2.4.1. Concepções dos Estudantes sobre Natureza da Ciência**

Neste levantamento LEDERMAN (1992) afirma que, apesar de ser antigo o reconhecimento da N.C. como um dos objetivos do ensino das ciências (tal reconhecimento se dá desde o início do séc. XX), o primeiro instrumento formal utilizado para acessar as atitudes dos estudantes em relação à ciência e ao conhecimento científico só surgiu com WILSON em 1954<sup>10</sup>. Neste trabalho, LEDERMAN chama a atenção para o fato de que, nas primeiras pesquisas relacionadas à N.C., os pesquisadores não estabeleciam uma distinção entre atitudes dos estudantes em relação à ciência e as concepções dos estudantes sobre a N.C.

A despeito dos problemas metodológicos posteriormente identificados nestas primeiras pesquisas como, por exemplo, falta de validação dos instrumentos e de fidedignidade dos dados, é significativo o fato de que os seus resultados apontavam, em geral, para a existência de visões inadequadas dos estudantes sobre a N.C. (HARRES, 1999). Eram encontradas, dentre outras, visões do tipo: que não acreditam na natureza tentativa do conhecimento científico; absolutistas (que acreditam no conhecimento como definitivo e verdadeiro e apoiado em um único método); empírico-indutivistas (a ciência apoiada fortemente nos dados de observação que evidenciam ou “provam” as “verdades”); inconsistentes em relação ao significado das leis e teorias (estabelecendo uma relação hierárquica e evolutiva entre estas) (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b; MOSS, ABRAMS e ROBB, 2001; HARRES, 1999; LEDERMAN, 1992). Uma das causas, às quais se atribuiu esta realidade, foi a carência de materiais instrucionais apropriados para promover concepções adequadas aos estudantes (LEDERMAN, 1992).

---

<sup>10</sup> WILSON, L. A. Study of Opinions Related to the Nature of Science and its Purpose in Society. **Science Education**, 38 (2), 159-164, 1954 citado por LEDERMAN (1992).

A partir desta constatação, duas linhas passaram a conduzir os trabalhos de investigação: uma voltada para acessar a eficácia dos currículos direcionados para promover concepções adequadas sobre N.C. aos estudantes; outra voltada para acessar a compreensão de N.C. dos professores que ensinavam N.C. aos estudantes e que, portanto, mediavam a relação entre os currículos com ênfase em N.C. e os estudantes (LEDERMAN, 1992).

#### **1.2.4.2. Currículos Voltados para Propiciar Compreensão sobre Natureza da Ciência aos Estudantes**

De um modo geral, as pesquisas voltadas para acessar a eficácia dos currículos direcionados para promover concepções adequadas sobre N.C. aos estudantes utilizavam abordagem quantitativa (LEDERMAN, 1992). Os instrumentos usados eram geralmente questionários do tipo múltipla escolha em que os sujeitos da pesquisa eram levados a uma escolha “forçada” sobre determinada posição previamente estabelecida pelo questionário, conforme relatam ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000a) em sua revisão crítica da literatura sobre concepções de N.C. de professores.

Muitas críticas surgiram em relação à validade de tais instrumentos. Uma delas se referia ao fato de que os mesmos eram baseados em certas assunções equivocadas como, por exemplo, a crença de que os sujeitos das pesquisas faziam a mesma leitura de certas questões que os pesquisadores (idealizadores dos questionários), ou que escolhiam determinadas respostas aos itens dos questionários pelas mesmas razões que os pesquisadores o faziam. Ora, se os sujeitos interpretassem as questões da mesma forma que os pesquisadores, ou se escolhessem certas respostas pelas mesmas razões que os pesquisadores, estariam ambos, sujeitos da investigação e pesquisadores, no mesmo patamar, o que geraria uma ambigüidade, pois, deste modo, os sujeitos não precisariam ser pesquisados. Esta ambigüidade comprometia a

validade do instrumento (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a; RYAN e AIKENHEAD, 1992).

Uma outra crítica remetia ao formato tipo múltipla escolha do instrumento. Este formato forçava os sujeitos a optar por uma determinada resposta que, uma vez previamente definida pelo pesquisador, carregava os vieses de interpretação acerca da questão tratada. As respostas mais refletiam a visão do próprio pesquisador – o que as tornavam artificiais – do que representavam as próprias concepções dos sujeitos (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a; RYAN e AIKENHEAD, 1992). *“As visões que acabavam sendo atribuídas aos respondentes eram mais um artefato do instrumento usado do que uma fiel representação das concepções de natureza da ciência dos respondentes”* (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a: 674).

Outra assunção implícita que aparecia nas pesquisas iniciais voltadas para investigar currículos e/ou materiais instrucionais com ênfase no ensino sobre N.C. era que apenas os esforços canalizados para desenvolver e aplicar tais currículos e/ou materiais instrucionais eram suficientes para propiciar uma melhor compreensão da N.C., e com isso não era levada em conta a importância do professor como uma variável significativa. A implicação desta assunção era que um professor poderia promover um entendimento adequado sobre a N.C. aos seus alunos mesmo que ele próprio não possuísse uma concepção adequada. Bastaria submeter os alunos aos currículos e/ou materiais instrucionais com ênfase em N.C. que o objetivo poderia ser alcançado (LEDERMAN, 1992).

Uma das críticas que surgiram a este tipo de assunção foi feita por TRENT<sup>11</sup> em 1965 (conforme cita LEDERMAN, 1992: 339), o qual reconheceu que sendo um determinado currículo eficaz para um professor, mas não para outro, e tendo sido controlada a variável habilidade do aluno, então o conhecimento do professor sobre a N.C. deveria aparecer como um fator significativo de

---

<sup>11</sup> TRENT, J. The Attainment of the Concept “Understanding Science” Using Contrasting Physics Courses. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 3, n. 3, p. 224-229, 1965.

interferência. Esta noção conduziu os pesquisadores a enxergar a compreensão sobre N.C. do professor como um outro foco de pesquisa a ser desenvolvido (LEDERMAN, 1992).

#### **1.2.4.3. Concepções sobre Natureza da Ciência dos Professores das Ciências**

Embora a maioria das pesquisas voltadas para acessar as concepções sobre N.C. dos professores tivesse sua origem na constatação desta problemática como um importante foco de pesquisa, em que o professor passa a ser visto como um fator decisivo na aquisição de concepções adequadas sobre a N.C. dos estudantes, o primeiro instrumento de acesso às concepções sobre N.C. de professores surgiu com K. E. Anderson em 1950, portanto, ao que parece, antes de qualquer forma documentada de acesso às concepções de estudantes. Revelou-se que os professores apresentavam concepções equivocadas sobre método científico, pois estavam tão imbuídos em transmitir informações factuais e objetivas aos alunos que não se preocupavam com questões sobre a N.C. (LEDERMAN, 1992).

Vários estudos foram identificados durante as décadas de 1960 e 1970 que diagnosticavam as concepções sobre N.C. dos professores. As conclusões destes estudos confluíam quanto ao fato dos professores possuírem concepções inadequadas sobre a N.C., independentemente dos instrumentos de pesquisa usados (LEDERMAN, 1992; AKERSON, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000).

HARRES (1999) fez uma análise das revisões das pesquisas realizadas nesta área entre os anos 60 e 90. Segundo ele, a maioria das pesquisas adotava abordagem quantitativa no início e, a cada vez, instrumentos mais aprimorados passaram a ser desenvolvidos, entretanto, de forma similar ao que aconteceu com os trabalhos sobre concepções de estudantes, a partir da década de 80

houve um movimento no qual os pesquisadores passaram a usar metodologias qualitativas através de observações e entrevistas com os professores e as conclusões apresentavam concepções em que figuravam o realismo ingênuo, indutivismo, crença na infalibilidade do método científico e em suas verdades absolutas (absolutismo) etc.

HARRES (1999) resumiu suas conclusões afirmando, dentre outras coisas, que: independentemente de fatores tais como o contexto cultural, experiência de ensino, nível de atuação e de formação e o tipo de instrumento usado nas pesquisas, os professores, de um modo geral, apresentavam uma concepção empírico-indutivista – similarmente ao que ocorria com os estudantes e, em alguns casos, até com cientistas. Em poucos casos, a depender do instrumento de coleta de dados, apareciam visões mais contextualizadas e menos absolutistas.

LEDERMAN (1992) citou trabalhos que tiveram algum sucesso em propiciar concepções adequadas sobre N.C. aos professores. Entretanto, a maioria deles assumia o pressuposto de que a concepção sobre N.C. dos professores influenciava diretamente na sua prática de sala de aula. Em outras palavras, era assumido pelos pesquisadores que, partindo da idéia de que os professores possuíam concepções adequadas sobre a N.C., haveria uma transposição direta desta boa compreensão para os alunos através da prática de sala de aula (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b).

Contudo, conforme reconhece LEDERMAN (1992) tais assunções não haviam sido testadas empiricamente até aquele momento e a preocupação com estas questões podem ter exercido um importante papel na mudança do foco desta área de pesquisa que passou a investigar a relação entre concepções de professores, prática de sala de aula e concepções de estudantes.

#### **1.2.4.4. Concepções de Professores, Prática de Sala de Aula e Concepções de Estudantes**

Os resultados desta nova linha de investigação mostraram que as assunções acima citadas eram muito simplistas frente à complexidade daquela relação. A existência de um conjunto de variáveis envolvidas no processo de transposição das concepções de professores para estudantes através de prática sala de aula torna a relação entre estes fatores muito mais complexa.

Possuir uma adequada visão sobre a N.C. pode ser considerado uma condição necessária para o professor poder conduzir os estudantes a uma visão igualmente adequada, entretanto, não é uma condição suficiente, pois existem muitas variáveis que representam formas de mediação e vínculo entre concepções de N.C. dos professores e sua prática de sala de aula (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b; LEDERMAN, 1992). Tais variáveis incluem: pressão para cumprir o programa, habilidades e motivação do aluno, experiência de ensino do professor, falta de recursos e de experiência para avaliar a compreensão sobre N.C., entre outros (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a).

Não se pretende aqui neste trabalho aprofundar a questão de como e por que razões cada uma destas variáveis, bem como outras não citadas, interferem na relação entre concepções de professores e sua transposição em sala de aula, há uma vasta literatura sobre o assunto (ver BELL et al., 2001), mas apenas chamar atenção que esta relação toma corpo de maneira multifacetada e, portanto, muito mais complexa do que aquela outrora assumida de maneira mais simplista, em que se atribuía uma implicação causal entre as concepções dos professores e sua prática de sala de aula, mesmo levando-se em conta que as condições necessárias fossem satisfeitas.

A despeito deste aspecto, os trabalhos empíricos indicaram que sequer esta condição foi encontrada, ou seja, os professores das ciências não revelaram



concepções adequadas acerca da N.C., além do que as tentativas de melhorar ou favorecer um entendimento adequado sobre N.C. aos professores não foram na sua totalidade bem sucedidas (LEDERMAN, 1992; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b).

### **1.2.5. Abordagem Explícita x Abordagem Implícita**

Os relatos de pesquisa têm indicado que, das tentativas de promover uma melhor compreensão acerca da N.C., não somente de professores como também de estudantes, aquelas que tiveram alcançado algum sucesso defendiam o uso de uma abordagem instrucional explícita sobre a N.C. (em contraposição à abordagem implícita) incluindo, na instrução, a utilização de elementos da H.F.C. (AKERSON, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b; LEDERMAN, 1999; MOSS, ABRAMS e ROBB, 2001).

ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000a), neste sentido, argumentaram que qualquer tentativa de se alcançar um melhor entendimento sobre N.C. entre professores das ciências deveria ser formada dentro do contexto do conteúdo da ciência e das atividades científicas, portanto, deveriam ser explícitas. Estes autores, em sua revisão crítica da literatura, concluíram que todos os trabalhos revisados que adotaram abordagem explícita apresentaram ganhos significativos em melhorar as concepções sobre N.C. dos professores, ao passo que, somente metade dos trabalhos que adotaram abordagem implícita conseguiu atingir a mesma meta (ver ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a: 692).

Os que defendem a abordagem explícita argumentam que o objetivo de melhorar ou propiciar concepções adequadas sobre a N.C. aos aprendizes pode ser cumprido quando os aspectos da N.C. forem diretamente abordados através de leituras que tratam dos mesmos ou através de uma instrução em

H.F.C. O aprendizado sobre N.C. é produto de leituras e discussões sobre N.C. (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a).

Já os defensores da abordagem implícita argumentam que os estudantes são levados a aprender sobre N.C. como consequência de estarem engajados em atividades de aprendizagem orientadas sob a forma de investigação, a despeito da ausência de qualquer referência direta à N.C. O aprendizado sobre N.C. é produto da prática do fazer ciência (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a).

Para ilustrar, segundo os defensores da abordagem implícita, se os estudantes forem conduzidos a uma atividade heurística de laboratório deverão ser capazes de compreender os processos envolvidos na descoberta do conhecimento científico sem que o professor precise fazer qualquer referência explícita a estes processos. Já para os defensores da abordagem explícita, os estudantes não desenvolverão tal capacidade a menos que discussões abertas sobre tais processos sejam elucidadas durante a atividade.

Entretanto, MOSS, ABRAMS e ROBB (2001), apesar de admitirem uma melhor eficácia da abordagem explícita, reconhecem também como importante o papel da abordagem implícita, pois, uma vez ativamente engajado nos processos de construção em ciência, no fazer científico, o estudante pode ser conduzido a uma mais plena compreensão acerca da natureza de tais atividades. Os autores defendem uma confluência dos dois tipos de abordagem na instrução.

Esses tipos de abordagens se diferenciam pela maneira como os professores realizam sua instrução envolvendo os alunos em determinadas atividades com o objetivo de que eles reflitam criticamente sobre elas para melhorar a sua compreensão sobre as mesmas. Por um lado, a fim de que os estudantes possam alcançar esta meta, os professores podem fornecer instrumentos que podem ser aplicados diretamente ou explicitamente e voltados para o objetivo de que os estudantes venham a alcançar uma visão adequada sobre a N.C. através, por exemplo, do uso de leituras e discussões tanto de textos da H.F.C.

como de aspectos específicos da N.C. De outra forma, podem ser usados instrumentos de maneira indireta ou implícita para alcançar o mesmo objetivo através de atividades de investigação científica nas quais os alunos realizam práticas investigativas usando determinados processos e métodos e são estimulados a refletir sobre tais práticas para tentar compreender os aspectos que influenciam sua própria conduta em tal atividade (como um exercício de meta-cognição). O engajamento nessas atividades poderia levá-los a uma melhor compreensão da atividade científica como um todo (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b).

Vale ressaltar que nem toda instrução que utiliza tais elementos (narrativas históricas oriundas da H.F.C. ou atividades de investigação científica, por exemplo) o faz de forma instrumentalista, ou seja, como ferramenta para propiciar adequadas visões sobre N.C. aos alunos. Pode haver um interesse intrínseco em se utilizar elementos da H.F.C. na instrução, por exemplo, para fornecer uma formação própria em H.F.C., assim como, pode haver um interesse próprio em usar, na instrução, atividades de investigação tais como prática laboratorial voltada para desenvolver habilidades nos processos de construção científica sem que se tenha em mente fornecer meios para o aluno alcançar uma adequada concepção sobre N.C. (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b).

#### **1.2.6. Abordagem Contextual no Ensino das Ciências: Recomendações e Dificuldades**

As recomendações a favor da incorporação de H.F.C. no ensino das ciências têm crescido substancialmente nas últimas décadas, o que está bem documentado na literatura (ver BELL et al., 2001), e inúmeras são as razões apresentadas para que haja tal inclusão.

MATTHEWS (1994: 7) pontua seis aspectos que podem representar contribuições da H.F.C. para o ensino de ciências:

- (i) Humanização das ciências e sua conexão com preocupações pessoais, éticas, culturais e políticas (segundo este autor, há evidências de que a H.F.C. torna os programas mais atrativos para muitos estudantes);
- (ii) Aumento de habilidades de raciocínio e pensamento críticos a partir de discussões que tornam as aulas mais provocativas;
- (iii) Entendimento mais pleno da matéria científica e possibilidade de superação do formato de ensino no qual fórmulas e equações são recitadas sem referência aos seus significados;
- (iv) Melhoria na formação do professor por ajudá-lo a desenvolver um mais rico entendimento da ciência e seu lugar na sociedade;
- (v) Subsídio aos professores para compreender melhor as dificuldades de aprendizado dos estudantes em função de alertar para as dificuldades históricas do desenvolvimento científico e das mudanças conceituais;
- (vi) Apreciação mais clara acerca dos debates educacionais da atualidade.

CARVALHO e VANNUCCHI (2000), no mesmo sentido, argumentam que a H.F.C. pode influenciar de forma positiva na educação científica, pois, discussões histórico-filosóficas podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas e de argumentação. Além disso, análises de narrativas históricas acerca do desenvolvimento da ciência podem ser úteis para se identificar características essenciais dessa atividade humana. Por fim, as autoras argumentam que a H.F.C. pode ajudar a desmistificar a ciência por propiciar uma visão mais realista do potencial e das limitações do conhecimento científico, o que é essencial na atual sociedade.

Entretanto, ao analisar a relação entre as propostas ou recomendações acerca da inclusão da H.F.C. na educação científica e a sua efetiva realização prática, algumas considerações precisam ser feitas. Ao que parece indicar a literatura, a grande maioria, senão a totalidade, dos trabalhos que se debruçam sobre

este tema têm investigado a influência exercida pelas disciplinas científicas (física, química, biologia etc.), que incorporam H.F.C. no seu ensino, acerca das concepções sobre N.C. dos estudantes (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b).

De um modo geral, os trabalhos apontam para um papel potencialmente útil desta inclusão como forma de melhorar tais concepções, a despeito das considerações já discutidas nesta revisão. Contudo, não parece haver um único estudo empírico que tenha examinado a influência exercida por disciplinas de história da ciência e/ou de filosofia da ciência na concepção sobre N.C. dos estudantes. Portanto, sugestões para a inclusão de tais disciplinas nos currículos com o objetivo de aprimorar concepções sobre N.C. dos futuros professores parecem não encontrar suporte empírico, mas apenas se apoiar em noções intuitivas (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a; ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000b; SOLOMON et al., 1992).

Um outro aspecto acerca desta relação que leva em consideração, inclusive, o seu contexto no Brasil, foi abordado por CARVALHO e VANNUCCHI (1996). Estas autoras fizeram uma análise das propostas e tendências curriculares de física nos anos noventa a partir das atas, memórias e *proceedings* dos simpósios, encontros, reuniões e congressos de ensino de física com dimensões nacional, latino-americana e europeia que foram realizados naquela década. Foi chamada a atenção para o fato de que a H.F.C. aparece como um fator de contribuição para os novos modelos de ensino-aprendizagem propostos. Por exemplo, no V RELAEF (Reunião Latino-Americana sobre Educação em Física) a H.F.C. foi indicada como importante fator para a formação de professores em função de proporcionar:

*“1 - uma maior compreensão da natureza do conhecimento científico; 2 – um melhor entendimento dos conceitos e teorias da Física; 3 – uma compreensão dos obstáculos e dificuldades dos alunos; 4 – uma concepção das ciências como empresa coletiva e histórica e o entendimento das*

*relações com a tecnologia, a cultura e a sociedade”*  
(CARVALHO e VANNUCCHI, 1996: 4).

Em praticamente todos os eventos analisados, das ênfases curriculares propostas que fizeram parte da investigação (cotidiano, interdisciplinaridade, física moderna e/ou contemporânea, H.F.C. e ensino cognitivista), a H.F.C. aparece como a categoria predominante, conforme afirmam as autoras:

*“Outra prioridade apontada nos eventos nacionais e internacionais é a inclusão da História e Filosofia da Ciência nos currículos escolares. Esta é a categoria cuja inclusão curricular apresenta maior consenso”*  
(CARVALHO e VANNUCCHI, 1996: 8).

Entretanto, esta predominância só ocorre quando se tratam das propostas curriculares indicadas nos eventos através de mesas-redondas, conferências, grupos de trabalho e encontros. Ao investigar os relatos de pesquisas empíricas apresentadas nos mesmos eventos em comunicações orais e painéis, foi observada uma redução considerável do número de trabalhos cuja temática trata da inclusão da H.F.C. no ensino.

Isto mostra uma discrepância entre o que se propõe no ensino de física (em termos de ênfases curriculares sugeridas nos eventos) e o que se pratica (em termos de currículos adotados na prática pelos educadores) o que parece refletir uma dificuldade de se traduzir propostas baseadas no uso de H.F.C. em prática de sala de aula (CARVALHO e VANNUCCHI, 1996). Esta dificuldade encontra eco no trabalho de MATTHEWS (1994), no qual, ao fazer uma defesa crítica e bem fundamentada do papel da H.F.C. no ensino das ciências, aponta também suas dificuldades. Segundo este autor, a principal delas diz respeito à formação do professor que necessita de três competências: o conhecimento e a apreciação da ciência que ensina; algum entendimento da H.F.C. a fim de ensinar melhor a matéria e fazer avaliações mais inteligentes sobre muitos debates científicos e educacionais presentes nos currículos; alguma teoria ou visão educacional que dê suporte às suas atividades na sala de aula e que defina um propósito para sua tarefa pedagógica. Desta forma, acrescenta:

*“Professores têm um importante, mas oneroso papel social”* (MATTHEWS, 1994: 6).

Portanto, pode-se perceber que o uso da H.F.C. no ensino de ciências como forma de estabelecer ou melhorar as concepções sobre N.C. dos estudantes e professores destas ciências constitui um amplo objeto de pesquisa e com um vasto espectro de questões a serem investigadas e respondidas. Muitos dos aspectos relacionados com esta problemática têm sido bem sustentados pelos seus defensores como, por exemplo, que a existência de concepções adequadas sobre a N.C. por parte dos professores parece ser uma condição necessária para a instrução sobre a N.C. aos seus alunos. Por outro lado, outros aspectos se deparam com dificuldades como, por exemplo, que a condição acima não parece ser suficiente para tornar os professores plenamente habilitados para alcançar a mesma finalidade (ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN, 2000a).

Portanto, muitos esforços de pesquisas precisam ser empreendidos com o intuito de se avançar e amadurecer neste importante problema de pesquisa que há muito vem instigando os educadores e sobre o qual esta breve revisão procurou apresentar, de maneira sumária e não exaustiva, algumas das principais questões e debates.

Adicionalmente, conforme argumentam ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000a), a despeito da necessidade de argumentos teóricos que venham servir como referencial para sustentar alguns dos principais clamores encontrados neste problema de pesquisa parece haver também uma real necessidade de que sejam implementados esforços de pesquisas empíricas que procurem examinar criticamente a influência de uma abordagem do tipo contextual, que usa elementos da H.F.C. no ensino das ciências, na concepção de N.C. dos aprendizes a fim de se averiguar a eficácia daquela abordagem e sua influência no ensino das ciências.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. Objetivo Geral**

Investigar as concepções sobre determinados aspectos da Natureza da Ciência dos estudantes da disciplina 'Fundamentos de Física I' do Curso de Física da UEFS, informada por uma abordagem contextual de ensino, bem como, investigar a influência que esta abordagem contextual exerce na mudança de tais concepções.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Averiguar e analisar as concepções prévias sobre determinados aspectos da Natureza da Ciência de uma amostra significativa dos estudantes da disciplina 'Fundamentos de Física I' do Curso de Física da UEFS.
- Averiguar e analisar as concepções destes estudantes sobre os mesmos aspectos da Natureza da Ciência logo após eles terem cursado a disciplina acima referida.
- Investigar as mudanças nas concepções dos estudantes sobre a Natureza da Ciência, através da comparação das análises realizadas, bem como, a influência que a abordagem contextual empregada na disciplina exerce em tais mudanças.



## CAPÍTULO 2 – UMA EXPERIÊNCIA COM USO DE ABORDAGEM CONTEXTUAL

### 2.1. ABORDAGEM CONTEXTUAL

Conforme as argumentações apresentadas por MATTHEWS (1994: 2) uma abordagem contextual de ensino das ciências envolve uma série de compromissos educacionais. Um deles se refere à introdução dos estudantes em importantes aspectos de sua cultura. A ciência, dentre estes aspectos, se apresenta como um dos mais relevantes e presentes na vida dos estudantes, portanto, é fundamental que estes tenham algum conhecimento das matérias científicas e também alguma compreensão sobre seus métodos, suas limitações, sua história, bem como outros fatores que influenciam na sua produção. Desta forma, os estudantes podem ter acesso a uma apreciação mais crítica da natureza a partir da compreensão das teorias e leis científicas que a explicam e descrevem, e também podem desenvolver uma apreciação mais crítica sobre a própria ciência enquanto forma de leitura do mundo natural, compreendendo melhor os seus métodos, seu papel na sociedade etc. Como consequência disto, o estudante pode vir a estar munido com um melhor instrumental para sua inserção neste importante aspecto da cultura ocidental que é a ciência.

Um outro compromisso de uma educação informada por abordagem contextual apontada por MATTHEWS (1994: 2) é que a mesma deve propiciar, através de análise, uma compreensão acerca das relações mútuas entre as disciplinas científicas específicas e as relações destas com a religião, ética, cultura etc. “*A tradição liberal<sup>12</sup> busca superar a fragmentação intelectual*” (MATTHEWS, 1994: 2). Desta forma, aqueles que atuam dentro dessa tradição contextual

---

<sup>12</sup> Matthews usa, no trabalho citado, os termos liberal e contextual com o mesmo significado, portanto, os dois termos aqui são considerados sinônimos.

acreditam que tais compromissos poderão ser cumpridos com o uso de uma abordagem na qual o ensino das ciências seja informado por H.F.C.

MATTHEWS (1994: 11) reconheceu duas perspectivas para o uso de abordagem contextual: a minimalista que, de forma mais panorâmica, consiste em incluir alguns tópicos isolados sobre determinados fatos históricos e datas, pequenas biografias etc., agregados aos respectivos assuntos sob estudo (como ocorre em alguns livros didáticos, como o Curso de Física de Máximo e Alvarenga<sup>13</sup>), ou mesmo incluir alguma disciplina isolada sobre H.F.C. no currículo; a maximalista, que consiste em incluir H.F.C. de forma a permear todo o currículo do curso, explicitando as dimensões históricas, filosóficas, sociais e culturais do conhecimento científico em todos os assuntos abordados ao longo do curso e ao tempo em que estes estão sendo tratados (em oposição à forma isolada com que H.F.C. é agregada aos tópicos na perspectiva minimalista). Trata-se de uma forma mais plena de usar a abordagem contextual que pode ser encontrada em programas como PFH ou nos Estudos de Casos de Harvard em Ciência Experimental (MATTHEWS, 1994: 11).

## **2.2. A DISCIPLINA 'FUNDAMENTOS DE FÍSICA I': UMA EXPERIÊNCIA**

### **2.2.1. Informações Gerais**

A experiência do uso de uma abordagem contextual no currículo do Curso de Física (Licenciatura e Bacharelado) da UEFS se aproxima mais da perspectiva maximalista. No currículo constam três disciplinas denominadas 'Fundamentos de Física I, II e III', que têm como objetos de estudo, respectivamente, Mecânica Clássica, Termodinâmica e Eletromagnetismo. Estas disciplinas estão dispostas no currículo conforme o fluxograma em anexo (Anexo A), sendo que a primeira funciona como pré-requisito para as outras duas. Além

---

<sup>13</sup> MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Curso de Física**. 4<sup>a</sup> ed. São Paulo: Scipione, 1997. 3 v.

disso, elas são pré-requisito também para as disciplinas 'Física Geral e Experimental I, II, III e IV', respectivamente. Estas últimas são comumente encontradas em quase todos (senão todos) os currículos dos cursos de graduação em física no chamado ciclo básico (quatro primeiros semestres) e tratam dos temas básicos da física apresentando os conceitos inerentes a cada tema através da linguagem matemática, especificamente, do cálculo diferencial e integral e da geometria analítica, além da parte experimental trabalhada nos laboratórios didáticos na forma de realização de experimentos.

De um modo geral, a grande maioria dos currículos, ao que parece, não apresenta grandes preocupações em enfatizar o ensino dos conceitos da física dentro de uma perspectiva contextual, com o uso de elementos da H.F.C. Com o intuito de atenuar esta carência é que foram introduzidas no currículo do Curso de Física da UEFS (cujas licenciatura teve início em 1997 e o bacharelado em 1999) as três disciplinas denominadas 'Fundamentos de Física I, II e III'.

Vale ressaltar que um outro fator também foi considerado quando da introdução destas disciplinas. Um problema clássico que havia (e ainda parece haver em alguns cursos) e que se tornou tema de constantes debates nos fóruns de discussão sobre currículos era que a disciplina 'Física Geral e Experimental I' aparecia no mesmo semestre (o primeiro do curso) que as disciplinas 'Cálculo Diferencial e Integral I' e 'Geometria Analítica', sendo que aquela requisita conhecimentos destas duas últimas, produzindo assim um descompasso e aumentando o grau de dificuldade para os estudantes e, assim, interferindo em seu desempenho. Ao ter introduzido 'Fundamentos de Física I' (que não requisita conhecimentos de cálculo e geometria analítica) no primeiro semestre conjuntamente com tais disciplinas de matemática e ter se deslocado 'Física Geral e Experimental I' para o segundo semestre, procurou-se resolver tal descompasso.

A disciplina 'Fundamentos de Física I', por ser ministrada no primeiro semestre do Curso de Física da UEFS, contempla os alunos recém ingressos na universidade, excetuando aqueles que são remanescentes de semestres anteriores e que, em virtude de repetência, abandono, trancamento ou outro motivo qualquer, não obtiveram aprovação nesta disciplina logo no primeiro semestre em que ingressaram no Curso.

### **2.2.2. O Programa**

O tema do qual a disciplina trata é a Mecânica Clássica sendo que em seu programa consta o estudo dos movimentos: descrição, causa e conservação. Este estudo abrange desde a concepção de movimento dos gregos antigos, com ênfase nas concepções de Aristóteles; passando brevemente pelas concepções medievais, enfocando nas contribuições dos escolásticos como, por exemplo, a teoria do ímpeto; passando também pelos conceitos de movimento introduzidos por Galileo, como os movimentos uniforme e uniformemente variado, incluindo a lei de queda dos corpos; chegando à contribuição de Newton através de suas três leis de movimento e mais a lei da gravitação universal. Em relação a tais leis se discute a necessidade dos referencias inerciais e se introduz os conceitos de espaço e tempo absolutos de Newton. Discute-se também a contribuição de Descartes no que se refere às suas "leis da natureza", bem como, ao princípio de conservação da quantidade de movimento. Em relação à lei da gravitação universal se discute a contribuição de Kepler; finalizando com as críticas às concepções de movimento de Newton feitas, principalmente, por Mach, quando se apresenta o "Princípio de Mach".

Quanto ao semestre 2000.2, especificamente, em que foi realizado o tratamento experimental que deu origem ao presente trabalho, a abordagem metodológica adotada na disciplina envolveu discussões explícitas em sala de aula orientadas por textos de Galileo, Newton, Descartes, além de textos de

especialistas como Koyré, Thuillier, entre outros. Para as discussões foi requisitado aos alunos uma leitura prévia dos textos relacionados com cada aula e que foram disponibilizados antecipadamente. Foram usados como recursos didáticos, além de quadro e giz, transparências e um aparato experimental, a saber, o pêndulo simples. Como forma de avaliação do aproveitamento dos alunos, foi feita uma prova escrita (Anexo B) sobre os assuntos da I Unidade (Anexo C) com questões abertas (dissertativas), e um trabalho escrito com os assuntos da II Unidade. Conforme o regimento da universidade, no que tange ao sistema de avaliação (Anexo D), foram aprovados os alunos que obtiveram conceito igual ou superior a MS (médio superior) em cada uma das avaliações. Os demais foram submetidos à prova final que também tinha o mesmo formato das anteriores. A aprovação na prova final funcionou de acordo com o sistema de conceitos da UEFS no qual a soma total dos conceitos relativos às duas provas mais o da prova final deve ser igual ou superior a MM (médio).

Vale salientar que não se trata de uma disciplina de História da Ciência e/ou de Filosofia da Ciência, mas de uma disciplina de Física cujos objetos de estudo são os conceitos da Mecânica Clássica, especificamente, as leis do movimento e sua conservação e cujo objetivo é que os alunos adquiram um conhecimento de tais conceitos. Entretanto, a abordagem empregada para alcançar tal meta, conforme previsto no programa da disciplina, se vale do uso de elementos de H.F.C.

### 2.2.3. O Conteúdo Programático

Com a finalidade de alcançar a meta acima apontada, o conteúdo programático da disciplina foi disposto da forma como será apresentado a seguir. Inicialmente, com o intuito de se discutir as leis de movimento apresentadas por Galileo, foi necessário contrastá-las com as concepções de movimento vigentes no século XVII, a saber, as concepções aristotélicas. Neste contexto, discutiu-se o modelo cosmológico e a Física de Aristóteles com o uso de textos de especialistas como Pierre Lucie e Peduzzi<sup>14</sup> e apoiando-se também em discussões de natureza epistemológica acerca da forma de produção de conhecimento aristotélica<sup>15</sup>. Foram dedicadas 3 horas de aula da disciplina para esse tema.

Em seguida, foi abordado como tema, a Física e a Astronomia no período medieval com os seguintes destaques: o papel que a Igreja Católica exerceu ora estimulando, ora inibindo a produção do conhecimento científico; a questão da apropriação e reinterpretação, por parte desta igreja, das obras aristotélicas; a contribuição dos estudiosos das escolas de Oxford e de Paris quanto às possíveis tentativas de matematizar conceitos físicos como o de velocidade e, também, quanto à teoria do ímpeto; uma visão geral do modelo heliocêntrico de Copérnico. Foram dedicadas 3 horas de aula para tratar deste tópico.

Passou-se à discussão sobre o período conhecido como “Revolução Científica do século XVII” marcado pelo conflito entre as visões de mundo aristotélica e galileana. Este conflito foi tratado sob dois aspectos: o aspecto conceitual, no qual os novos conceitos de movimento apresentados por Galileo foram

---

<sup>14</sup> As referências destes textos, bem como de todos os outros citados nesta sessão, se encontram nos Anexos C e E.

<sup>15</sup> A despeito das possíveis controvérsias sobre este tema, não se teve a pretensão de penetrar em nível mais profundo nesta questão, mas, de forma mais modesta, se pretendeu apresentar, em linhas gerais, a visão mais comumente aceita que inclui uma concepção aristotélica empirista ligada ao senso comum, uma incompatibilidade com a experimentação e a matematização da sua Física, sua percepção menos descritiva e de maior teor teleológico em relação a esses fenômenos.

confrontados com as concepções de movimento aristotélicas<sup>16</sup>; o aspecto metodológico, em que se confrontou, com o empirismo aristotélico, as formas de produção de conhecimento de Galileo através do uso mais sistemático da matemática e da introdução da experimentação. Neste ponto abriu-se uma discussão de natureza epistemológica sobre os possíveis métodos usados por Galileo conforme as diferentes interpretações de filósofos da ciência como Mach, Koyré e Drake. Encerrou-se este tópico discutindo-se as conseqüências deste conflito para a formatação da ciência moderna e da sociedade moderna. Foram dedicadas 3 horas de aula da disciplina para este tópico.

A partir deste momento passou-se ao estudo dos movimentos uniforme e uniformemente variado, com destaque para o movimento de queda dos corpos. Dentro da perspectiva contextual este estudo foi feito primeiramente com o uso do texto do próprio Galileo “Discursos sobre as Duas Novas Ciências” – terceira jornada – em que Galileo apresenta e define esses tipos de movimento com o auxílio dos “Elementos” de Euclides e dos experimentos que afirmou ter realizado para validar suas conclusões como, por exemplo, os experimentos do plano inclinado e do pêndulo simples. Foram apresentadas e discutidas em sala de aula as principais definições e proposições, bem como, os principais axiomas e teoremas da terceira jornada. Em seguida, foi feita uma discussão anacrônica acerca dos dois tipos de movimento definidos por Galileo, do ponto de vista eminentemente conceitual, usando-se o texto “Curso de Física Básica - I” de Moysés Nussenzveig.

Em relação ao movimento uniformemente variado, especificamente, foi dedicada uma atenção especial ao movimento de queda dos corpos seguindo-se a seqüência apresentada nas “Duas Novas Ciências”. Foi feita inclusive, como atividade de sala de aula, a reprodução e discussão do experimento do

---

<sup>16</sup> Neste momento da disciplina ainda não foram discutidos de forma pormenorizada os conceitos de movimento de Galileo, os quais se tornaram objetos de estudos nas sessões subseqüentes. Apenas se apresentou, em linhas gerais, algumas idéias de Galileo relativas ao movimento (como a idéia da inércia) que conflitavam com as idéias aristotélicas, como forma de exemplificar o conflito que, no momento, era o foco do debate.

pêndulo simples, minuciosamente descrito e supostamente realizado por Galileo. Neste ponto foram discutidas também: a controvérsia entre filósofos da ciência como Koyré e Drake, quanto à verossimilhança em relação à realização de tais experimentos por Galileo; o problema relativo ao contexto da justificativa e o contexto da descoberta em Galileo, quando diferentes posições como a de Mach e a de Settle foram colocadas em confronto<sup>17</sup>.

Finalizando este tópico, ao qual foi dedicado um total de 9 horas de aula, foi feita uma discussão sobre o conceito de inércia apresentado por Galileo em seu livro “Diálogos sobre os Dois Principais Sistemas do Mundo”, cujos argumentos e idéias estão reproduzidos no livro “Física Básica – I” de Moysés Nussenzveig que foi usado como referencial para a discussão.

O tópico seguinte foi dedicado ao estudo do movimento, segundo Newton. Procurou-se seguir a mesma linha dos tópicos anteriores em que os conceitos de movimento foram apresentados de forma historicamente contextualizada. Desta forma, em primeiro momento foram discutidas as definições que precedem as leis de Newton nos “*Principia*” e que estão apresentadas no livro “Física Básica - I” de Pierre Lucie, escolhido como um dos livros texto para este tópico por usar uma abordagem contextual para introduzir os conceitos da Mecânica Clássica. A partir de então, passou-se ao estudo de cada uma das leis tomando como referencial o livro supracitado. Neste momento, foi feita uma discussão explícita sobre os significados de teorias e leis científicas estabelecendo as diferenças e relações entre as mesmas. Em relação à primeira lei procurou se destacar o significado e a importância dos referenciais

---

<sup>17</sup> A interpretação de Mach, em conformidade com o estatuto positivista, era extraída diretamente da leitura dos livros de Galileo e não estabelecia discrepância entre a ordem com que este realizou suas descobertas e a seqüência apresentada em seus livros, sugerindo que o próprio Galileo delineou implicitamente seu método conferindo, a partir da percepção do comportamento da natureza, o estabelecimento de definições e, daí, a dedução de conseqüências testáveis que eram submetidas à luz da comprovação experimental. Para Settle, a forma e a seqüência das atividades de Galileo no processo de descoberta seguia uma lógica diferente daquela exposta na sua obra. Assim, em sua conduta diária Galileo utilizava resultados experimentais para construir suas idéias, entretanto, o conjunto dos conhecimentos em si, desta forma obtido, apresentava uma lógica diferenciada e que era aquela descrita nos seus textos (TEIXEIRA, 2001).



inerciais. Em relação à segunda lei foi destacado seu caráter determinista e, em relação à terceira, foi feita uma discussão sobre o princípio de conservação do momento linear. Neste ponto, foi destacada a importância de Descartes como o possível precursor deste princípio, bem como, a sua possível contribuição, através das suas “Leis da Natureza”, na formulação das leis de Newton. Para esta discussão, foi usado o livro “Princípios da Filosofia” de autoria do próprio Descartes. Foi feita ainda, uma discussão sobre os conceitos de espaço e tempo absolutos de Newton, apontando-se a importância de tais conceitos para a validade das suas leis de movimento devido à dependência destas com os referenciais inerciais. Foi usado neste ponto, como texto de referência, o trecho dos “*Principia*” de Newton que aborda estes conceitos. Finalizando este tópico, foram apresentadas as leis de Kepler e foi discutido o seu possível papel na formulação da lei da gravitação universal de Newton. Para este tópico, foram dedicadas 15 horas de aula.

Por fim, encerrando a disciplina, foram dedicadas 3 horas de aula a uma discussão sobre a crítica que Mach fez à teoria newtoniana. Foi apresentado o “Princípio de Mach” e discutidos os conflitos entre o seu conceito de inércia e o de Newton tomando-se o exemplo do experimento do balde girante. Neste ponto, foi abordada a questão da natureza tentativa das teorias científicas trazida à tona quando teorias científicas concorrentes são confrontadas.

Vale por último registrar que as 9 horas restantes da disciplina foram distribuídas entre: uma aula introdutória na qual se apresentou o programa da disciplina, incluindo as formas de avaliação, o seu papel dentro da grade curricular e os seus objetivos; as duas provas como forma de avaliação do aproveitamento dos alunos; as aplicações do questionário que foram feitas na segunda e última semanas de aula da disciplina, respectivamente, 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> etapas da pesquisa.

## CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

### 3.1. ASPECTOS GERAIS

O presente trabalho foi orientado por um modelo de pesquisa eminentemente qualitativo. Segundo LÜDKE e ANDRÉ (1986), os autores BOGDAN e BIKLEN em seu trabalho de 1982<sup>18</sup> apresentaram cinco características básicas da pesquisa qualitativa em educação e que se refletem no presente trabalho. Tais características podem ser assim resumidas:

- (i) O ambiente natural funciona como a fonte direta de dados e o pesquisador como o principal instrumento. O pesquisador deve estar em contato direto e prolongado com o ambiente e com a situação em estudo para melhor compreender a influência que estes (ambiente e situação investigada) sofrem do contexto;
- (ii) Os dados coletados devem ser eminentemente descritivos. O material coletado para análise é rico em descrições, depoimentos, entrevistas etc. *“citações são freqüentemente usadas para subsidiar uma afirmação ou esclarecer um ponto de vista”* (LÜDKE e ANDRÉ, 1986: 12). O pesquisador deve estar atento para todos os elementos envolvidos na situação, pois podem ser importantes para a compreensão do problema em estudo;
- (iii) A preocupação com o processo deve ser maior do que com o produto. *“O interesse do pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas”* (LÜDKE e ANDRÉ, 1986: 12);
- (iv) O “significado” que as pessoas dão às coisas e à sua vida deve ser foco de atenção especial. O pesquisador tem como enfoque a “perspectiva dos participantes”, portanto, deve tomar cuidados especiais quanto à

---

<sup>18</sup> BOGDAN, R. e BIKLEN, S. K. **Qualitative Research for Education**. Boston: Allyn and Bacon, Inc., 1982.

- fidedignidade dos dados, tais como, checar as informações por meios de entrevistas e/ou confrontar as análises com outros pesquisadores;
- (v) A análise dos dados tende a ser indutiva. A preocupação central não é buscar evidências para comprovação de hipóteses pré-definidas. Ao contrário, *“As abstrações se formam ou se consolidam basicamente a partir da inspeção dos dados num processo de baixo para cima”*. (LÜDKE e ANDRÉ, 1986: 13).

### **3.2. PARTICIPANTES**

A pesquisa foi realizada com os estudantes da disciplina ‘Fundamentos de Física I’ do Curso de Física (Licenciatura e Bacharelado) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) – Bahia. A disciplina ‘Fundamentos de Física I’, conforme fluxograma apresentado no Anexo A, faz parte do primeiro semestre do curso.

O período escolhido para o desenvolvimento da pesquisa foi o semestre letivo de 2000.2, o qual correspondeu ao período entre outubro de 2000 e abril de 2001. Neste período, o número total de estudantes matriculados no referido curso era de 124. A turma possuía, originalmente, 56 alunos, sendo 40 recém-ingressos e 16 remanescentes de semestres anteriores. Destes, 31 participaram da pesquisa no início do semestre (primeira etapa) e no final (segunda etapa).

Embora não tenha sido feito, para o presente trabalho, um estudo de cunho sociológico destes alunos, é de conhecimento geral entre professores do Departamento de Física da UEFS que a maioria deles reside em Feira de Santana ou em cidades vizinhas, sendo oriundos tanto de escolas públicas quanto privadas. De um modo geral, são provenientes de classes sociais com baixo ou médio poder aquisitivo, sendo que uma grande parte deles, além de

estudar, precisa trabalhar fora da universidade. Estas informações foram obtidas a partir de conversas informais com os próprios alunos e com o Colegiado do Curso.

### 3.3. INSTRUMENTOS

Como fonte de coleta de dados foram usados dois instrumentos: um questionário aberto, seguido de entrevistas semi-estruturadas. Primeiramente, foi utilizado o questionário VNOS-C (*Views of Nature of Science – Modelo C*) (Anexo F) elaborado e inicialmente validado por ABD-EL-KHALICK (1998) e por LEDERMAN et al. (2000a) com o intuito de superar uma série de deficiências encontradas em ferramentas anteriores utilizadas para avaliar a compreensão de estudantes e professores sobre a N.C. (LEDERMAN, WADE e BELL, 1998). Este questionário contém 10 questões abertas para avaliar as concepções dos estudantes sobre a N.C., abordando aspectos tais como: o que vem a ser a própria ciência, sua relação com experimentos, a relação entre modelo e realidade, noções sobre teorias e leis, papel da criatividade e imaginação na produção científica, natureza tentativa do conhecimento científico, papel de fatores sócio-culturais etc. Este questionário foi anteriormente traduzido e testado em estudo piloto na disciplina ‘Evolução do Pensamento Científico’, do Curso de Ciências Biológicas da UFBA, que foi ministrada pelo Prof. Charbel Niño El-Hani, com uma amostra de 23 alunos<sup>19</sup>.

A principal característica que levou à opção pelo questionário VNOS-C foi a possibilidade de coletar dados concernentes às visões acerca da N.C. de grandes quantidades de estudantes com uma ferramenta relativamente simples. Além disso, trata-se de questionário elaborado e validado por uma equipe de pesquisa que tem significativa experiência em investigações sobre o

---

<sup>19</sup> Como forma de validação em relação à linguagem foi feita retro-tradução do questionário antes do referido teste.

tema. Uma possível desvantagem desta ferramenta reside no fato dela estar baseada em questões abertas, o que torna mais difícil a comparação com resultados obtidos em outras pesquisas. No entanto, esta característica também traz uma vantagem, na medida em que propicia, sobretudo com o complemento das entrevistas, uma análise mais fidedigna do significado das visões dos estudantes sobre a N.C.

O primeiro item do questionário abordou o próprio conceito sobre ciência, bem como, o critério de demarcação que pode se estabelecer entre a ciência e outras formas de conhecimento. Esta questão visou analisar o entendimento dos estudantes sobre o que é ciência e quais as suas concepções acerca desta forma de conhecimento. Ainda, a questão pretendeu avaliar também o que os estudantes apontavam como diferença entre a ciência e outros tipos de conhecimento.

Apesar de tratarem de dois aspectos dentro de uma mesma questão, as respostas dos estudantes foram separadas em dois itens, o que levou à divisão da questão, para fins de análise, também em duas partes: a primeira, sobre a concepção de ciência; e a segunda, sobre o critério de demarcação.

A segunda questão abordou o conceito de experimento, enquanto um dos recursos dos quais pode se valer a ciência na produção do conhecimento. A questão procurou avaliar qual a compreensão dos estudantes sobre o que é experimento, uma vez que se trata de um termo comumente usado no ambiente acadêmico freqüentado por estudantes de física.

A terceira questão, associada à segunda, se referiu ao papel do experimento na produção científica trazendo à tona concepções sobre os vários procedimentos usados na ciência. Procurou-se analisar a compreensão dos estudantes sobre a diversidade de métodos na ciência e se o experimento é ou não imprescindível na produção científica.

A quarta questão usou como “cenário” o modelo do átomo de Bohr amplamente difundido nos livros didáticos para suscitar a questão da relação entre modelo e realidade. Procurou-se, com isto, averiguar qual a visão dos estudantes quanto à idéia de que os modelos criados pelos cientistas espelham fielmente o objeto real que está sendo investigado ou quanto à idéia oposta de que tais modelos são apenas aproximações da realidade na medida que são tentativas de representação na forma de artifícios criados pelo homem.

A quinta questão abordou os conceitos sobre teorias e leis científicas. Procurou-se avaliar a compreensão dos estudantes sobre cada uma destas formas de conhecimento, visto que são expressões que aparecem freqüentemente na vida acadêmica dos estudantes de física, bem como a compreensão sobre a relação entre elas.

A questão seis, relacionada com a concepção sobre teorias estabelecida pelos estudantes na questão anterior, abordou o aspecto das transformações às quais as teorias científicas estão sujeitas em função da sua própria natureza tentativa. A questão visou perceber o entendimento dos estudantes sobre a natureza tentativa das teorias científicas, que estão sujeitas a transformações e até derrocadas, seja como partes de um mesmo sistema paradigmático ou competindo com outros paradigmas, apoiados em pressupostos e concepções diferentes.

A sétima questão usou um conceito da biologia – o conceito de espécie – para suscitar a discussão sobre modelo/realidade tratando-se, portanto, de uma questão de natureza similar à questão quatro. A questão buscava avaliar a visão acerca do papel da inferência, subjetividade e criação de modelos nas tentativas da ciência de representar a realidade.

No momento do tratamento dos dados, se percebeu que, já na primeira etapa, houve um índice muito grande de respostas não compreendidas juntamente com respostas em branco, em relação a esta questão. O fato de se tratar de

um domínio de conhecimento com o qual os estudantes de física não estão, em geral, tão familiarizados parece justificar a dificuldades deles com esta questão. Alguns destes estudantes, inclusive, se referiram a esta dificuldade no momento da entrevista.

É importante salientar, também, que a mesma dificuldade ocorreu com os estudantes da disciplina ‘Evolução do Pensamento Científico’ do Curso de Ciências Biológicas da UFBA – na experiência já referida anteriormente – em relação à questão quatro que trata do mesmo aspecto da N.C., contudo, usando um conceito da física.

Isto parece apontar uma falha no instrumento - tratar de uma determinada questão usando, como contexto, algum conceito com o qual os participantes não estejam suficientemente familiarizados –, o que pode levar a dúvidas em relação à interpretação dos dados.

Por estas razões optou-se, como forma de cautela, por excluir do presente trabalho o tratamento e análise dos dados no tocante à questão sete a fim de evitar que interpretações equivocadas fossem suscitadas. De qualquer forma, como os aspectos da N.C. aos quais se referem a questão sete são similares aos da questão quatro, que não apresentou as dificuldades supra citadas, não houve prejuízos quanto ao objetivo de analisar as visões dos estudantes sobre tais aspectos.

A oitava questão se referiu ao uso de aspectos subjetivos como criatividade e imaginação na produção do conhecimento científico. A questão tratou de avaliar a visão dos estudantes quanto a haver ou não a interferência de fatores de natureza subjetiva na investigação, bem como em que momento da produção científica tais fatores se manifestam.

A questão nove usou, como “cenário”, as hipóteses mais comumente difundidas que procuram explicar a causa da extinção dos dinossauros para

tratar da competição e controvérsias entre teorias científicas. Procurou-se avaliar a compreensão dos estudantes quanto à influência de vieses pessoais, ideologias e criatividade e imaginação na interpretação de dados e tomada de decisões, por parte dos cientistas, levando-os à possibilidade de diferentes interpretações.

A décima e última questão tratou da discussão sobre a influência, ou não, de valores sócio-culturais na ciência. A questão tratou de trazer à tona a visão dos estudantes sobre se a ciência sofre o impacto dos valores sociais, políticos e culturais do meio no qual ela é praticada ou, de outra forma, se ela não é influenciada por tais valores sendo, portanto, de caráter universal.

A análise dos dados obtidos com o questionário foi auxiliada por entrevistas semi-estruturadas (cujo protocolo encontra-se no Anexo G), que foram gravadas poucos dias após a aplicação do questionário na primeira etapa, como forma de refinar a fidedignidade dos dados oriundos daquele. Através das entrevistas, os estudantes tiveram oportunidade de discursar oralmente sobre as mesmas questões e, portanto, de reafirmar, aprimorar ou contradizer suas opiniões anteriormente expostas por escrito. Antes de responder às entrevistas, os estudantes tiveram acesso às suas próprias respostas ao questionário para breve leitura.

Como o número de participantes foi relativamente grande, houve dificuldade de entrevistar a todos, o que restringiu a 10 o número de entrevistados, correspondendo a aproximadamente 32,3% do total de participantes. No final do semestre, quando o mesmo questionário foi re-aplicado (segunda etapa), não houve possibilidade de realizar as entrevistas em função do envolvimento dos estudantes com as provas de final de semestre.



### 3.4. TRATAMENTO DOS DADOS

A análise dos dados, feita a partir da leitura das respostas ao questionário e elucidadas pelas entrevistas, foi procedida como descrito a seguir.

Foram estabelecidas algumas categorias para classificação das respostas em cada questão. As categorias foram construídas mediante a reunião de respostas que continham o teor similar, ou seja, a mesma idéia central sobre o tema abordado em cada item do questionário. Cada categoria deve ser aqui compreendida como uma síntese da idéia central compartilhada por um determinado conjunto de respostas. Vale ressaltar, que tais categorias não foram pré-estabelecidas, mas ao contrário, foram elaboradas pelo autor, a partir da leitura dos dados, e validadas pelos pesquisadores Olival Freire Jr. e Charbel Niño El-Hani.

Em algumas questões, aparece uma categoria de ‘respostas não compreendidas’, que se refere a respostas que foram extremamente vagas, sem precisão, demasiadamente genéricas ou sem consistência, de maneira que não se pôde extrair o significado das idéias dos estudantes.

Em seguida, foi feita uma análise quantitativa de tais categorias, através quantificação da frequência de respostas em cada categoria. Esta análise serviu de base para a análise qualitativa que envolveu: (1) uma apreciação do significado de cada categoria em termos da sua adequação em relação às posições contemporaneamente mais aceitas pelas comunidades de cientistas e filósofos da ciência; (2) uma apreciação das transformações sofridas pelas concepções dos estudantes acerca dos aspectos da N.C. tratados no questionário, após aqueles terem cursado uma disciplina contextualmente informada; (3) uma apreciação da relação destas transformações com a própria disciplina, ou seja, foram analisadas as relações entre determinados aspectos da disciplina “Fundamentos de Física I” e as transformações nas concepções de N.C. dos estudantes supostamente influenciadas por aqueles aspectos.

Como forma de garantir maior consistência à interpretação dos dados brutos tomou-se o cuidado de submetê-los aos pesquisadores Olival Freire Jr. e Charbel Niño El-Hani, que não estiveram diretamente envolvidos em sua produção, para que fosse feita uma análise crítica a fim de evitar vieses subjetivos e ruídos de interpretação tais como: super-interpretação, atribuindo-se aos estudantes idéias não efetivamente detectadas em suas respostas; sub-interpretação, perdendo-se informações relevantes dos dados brutos.

As análises foram cotejadas e, de um modo geral, houve consenso quanto aos seus resultados, a despeito de algumas pequenas diferenças de interpretação inicialmente detectadas, mas que foram resolvidas em eventuais discussões com a presença dos dois pesquisadores citados e do autor do presente trabalho, levando a uma plena confluência de resultados.

Vale ressaltar ainda que os resultados obtidos foram também cotejados com outros encontrados na literatura e que utilizaram metodologia similar à que foi empregada no presente trabalho, a fim de enriquecer as discussões enquanto eram apresentadas as análises.

## CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A seguir, serão apresentados os resultados obtidos nas duas etapas bem como sua análise. As categorias construídas a partir das análises das respostas dadas ao questionário, com o apoio da análise das entrevistas, foram ilustradas com exemplos de respostas dos estudantes. As respostas deixadas em branco não foram contabilizadas nas tabelas de forma que qualquer diferença que houver nas somas percentuais das categorias em relação ao total de 100% se deve a estas respostas.

A primeira questão foi respondida pelos estudantes em dois itens separados, o que levou à divisão da questão, para fins de análise, também em duas partes. Assim sendo, eis a primeira parte da questão: **Na sua visão, o que é ciência?** Foram obtidas as seguintes categorias de respostas em cada etapa:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) A ciência é o estudo dos objetos da natureza (seres, coisas, fenômenos etc.), sendo que cada ciência em particular (física, química, biologia etc.) tem seu objeto específico.	61,3	(a) A ciência é o estudo dos fenômenos visando a compreensão da natureza.	38,7
(b) É o conjunto de informações ou conhecimentos diversos que se tornam específicos quando aprofundados.	16,1	(b) É o conjunto de conhecimentos de forma organizada, que procura explicar os fatos através de idéias.	35,5

(c) É o desenvolvimento de métodos para explicar fenômenos das áreas específicas.	9,7	(c) É um conjunto de procedimentos padronizados para buscar conhecimentos, explicar fenômenos, encontrar novas soluções ou melhorar as soluções já existentes.	22,6
(d) É a comprovação dos fatos estudados visando explicar o mundo.	9,7	(d)	
(e) Respostas não compreendidas.	3,2	(e) Respostas não compreendidas.	3,2

Nota-se que não surgiu qualquer categoria nova na segunda etapa. Entretanto, percebe-se claramente uma mudança na distribuição percentual das categorias. Em outras palavras, houve uma migração das respostas de uma das categorias para as demais. Na primeira etapa, a categoria (a) foi dominante, com 61,3% das respostas, o que mostra que os estudantes, na sua grande maioria, compreendiam as ciências como estudos dos objetos específicos da natureza e, além disso, tinham uma visão geral sobre a demarcação da ciência com base nos seus objetos de estudo. Um exemplo de resposta desta categoria é: *“ciência, quando se fala dela, se refere ao estudo do conhecimento específico de cada ser, objeto ou coisa”*. Esta visão diminuiu visivelmente na segunda etapa, caindo para 38,7%. Tal redução foi compensada pelo acréscimo das respostas nas categorias (b) e (c), que aumentaram, respectivamente, de 16,1% para 35,5%, e de 9,7% para 22,6%.

Embora, na segunda etapa, o percentual de respostas na categoria (a) tenha permanecido ligeiramente maior, em relação às demais categorias – o que significa que a visão da ciência enquanto investigação de objetos específicos

permaneceu dominante –, houve uma distribuição menos desigual dos percentuais das respostas. A visão que identifica a ciência com os seus resultados, manifestada na categoria (b), que foi aumentada em cerca de 19 pontos percentuais, pode ser compreendida como uma maior percepção da ciência não apenas em termos de processos, mas também como um conjunto de conhecimentos sistematizados que procuram explicar a natureza. Eis um exemplo: *“É um conjunto de conhecimentos diversos... necessita de um maior aprofundamento em uma de suas determinadas áreas”*. Esta mudança pode estar associada a um aspecto da disciplina “Fundamentos de Física I”, que tratou da discussão dos processos de mudança, aquisição de novos conceitos, sistematização do conhecimento e adventos tecnológicos trazidos pela mecânica clássica a partir do século XVII.

Ainda, os aspectos epistemológicos da mecânica clássica, o surgimento de métodos, a possibilidade de vários métodos na prática científica, que foram temas de discussões durante a disciplina, parecem justificar o aumento (de cerca de 13 pontos percentuais) das respostas do tipo (c), que apontam para uma certa interseção entre o próprio conceito de ciência e o(s) seu(s) método(s), como mostra o exemplo: *“A ciência é o desenvolvimento de métodos que expliquem ou tentem explicar os fenômenos”*.

As respostas do tipo (d), que identificam a ciência com a comprovação de fatos para explicar o mundo, tratando-se, portanto, de uma visão empirista ingênua, apareceram na primeira etapa com 9,7%, mas não apareceram na segunda. Pode-se concluir que a distribuição menos desigual das categorias na segunda etapa, em relação à primeira, mostrou uma mudança aparentemente influenciada pela disciplina, trazendo, de um modo geral, uma visão mais abrangente acerca do conceito de ciência.

A segunda parte da primeira questão era: **O que torna a ciência (ou uma disciplina científica como a física, a biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo, religião, filosofia)?** Foram assim classificadas as respostas:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) O que diferencia a ciência de outras formas de investigação é o seu objeto de estudo.	19,4	(a) O que a torna diferente de outras formas de investigação é o seu objeto de estudo.	9,7
(b) O que a diferencia é o seu método de estudo. Ela se utiliza da validação experimental de suas teorias, enquanto as outras não.	67,7	(b) O que a torna diferente de outras formas de conhecimento é o seu método, porque busca provar os conceitos (seja usando experimentos ou a razão).	61,3
(c)		(c) O que a torna diferente de outras formas de conhecimento é seu caráter internalista, não permitindo que fatores externos interfiram.	3,2
(d) Religião e filosofia fazem parte da ciência.	6,5	(d) Religião e filosofia também são ciências, só que de maior abrangência.	9,7
(e) A ciência está sempre mudando, a religião não pode ser modificada.	3,2	(e)	
(f)		(f) Respostas não compreendidas.	9,7

Uma mudança percebida nesta questão se verifica na categoria (a), que diminuiu de 19,4% na primeira etapa para 9,7% na segunda. Isso mostra uma redução da visão que atribui a diferença ao objeto de conhecimento tomado por cada uma das formas de investigação. Eis um exemplo: *“o que as torna diferentes são os assuntos, as questões, o conteúdo que nelas são explorados”*.

Não houve mudança significativa na concepção predominante, categorizada como (b) (67,7% na primeira etapa e 61,3% na segunda), que considera como critério de demarcação “o método” que a ciência utiliza. Trata-se de uma visão denominada na filosofia da ciência contemporânea como empirista ingênua (SOLOMON et al., 1992) que atribui à ciência um único “método” que inclui a “prova” das suas idéias como critério de validação<sup>20</sup>. Eis um exemplo: *“... o que a torna diferente é o método... buscando provar os conceitos”*.

Apesar das discussões sobre o papel dos métodos na produção do conhecimento científico, que ocorreram ao longo de parte da disciplina, que procurou reforçar a relação entre o conceito de ciência e seus métodos de produção e afastar o mito da unicidade do método científico quando, por exemplo, abordou-se a obra de Galileo sobre diversas perspectivas, a concepção empirista ingênua se manteve predominante mesmo na etapa final. Portanto, parece se tratar de um foco de resistência à mudança, o que sugere um tratamento mais apurado em relação a este ponto em turmas futuras da disciplina.

Esta análise pode ser corroborada pelos resultados apresentados por CUDMANI e SANDOVAL (2000) em uma pesquisa com estudantes de bacharelado e licenciatura em física. Ao comparar os resultados do pós-teste de dois dos itens que compunham o questionário usado pelas autoras, elas identificaram nos estudantes uma “visão rígida” de um único “método científico”

---

<sup>20</sup> Esta análise está diferente da que foi feita anteriormente por TEIXEIRA, EL-HANI e FREIRE JR. (2001) em função de uma avaliação mais refinada dos autores.

a qual caracterizaram como um “núcleo de dificuldade resistente à mudança”. As autoras afirmam ainda que encontraram resultados similares em trabalhos realizados anteriormente<sup>21</sup>.

A categoria (c), que apareceu somente na segunda etapa, e a categoria (e), que somente apareceu na primeira, foram oriundas de respostas isoladas. Já a categoria (d), que identifica religião e filosofia como ciências, portanto, não reconhecendo demarcação entre ciência e outras formas de investigação, sofreu um ligeiro acréscimo em cerca de 3 pontos percentuais, não sendo o bastante para representar uma mudança significativa neste tipo de visão. Eis um exemplo: “...podemos concluir que tudo está diretamente ligado à ciência, ou seja, a religião, a filosofia e outras formas de investigações são subdivisões científicas”.

A segunda questão era a seguinte: **O que é um experimento?** As respostas foram assim categorizadas:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) Experimento é o procedimento para obter-se a prova, a validação de teorias ou hipóteses.	71,0	(a) Um experimento é uma forma de evidenciar uma teoria para provar a sua verdade.	19,4
(b) É a tentativa de evidenciar o conhecimento como verdadeiro ou como falso. É o teste de teorias através de tentativa e erro.	12,9	(b) É uma das fases do trabalho científico para testar teorias (verificá-las ou falsificá-las), no sentido de manter as aprovadas e abandonar (ou aprimorar) as falsificadas pelo experimento.	12,9

<sup>21</sup> CUDMANI, L. C.; GIL-PEREZ, D. e SALINAS DE SANDOVAL, J. **Enseñanza de las Ciencias**, Número Extra (IV Congreso).



(c) É uma das etapas na construção, formulação de conceitos, aplicação prática de uma idéia ou demonstração, comprovação de determinado conhecimento ou teoria.	16,1	(c) É uma das etapas usadas na produção em ciência, seja na construção, aplicação prática ou verificação de determinado conhecimento ou teoria.	25,8
(d)		(d) É a reprodução de um fenômeno em forma reduzida (por exemplo, em laboratório).	16,1
(e)		(e) Um método de análise de fenômenos físicos.	3,2
(f)		(f) É um método de testar hipóteses, de forma controlada, na investigação de fenômenos.	19,4
(g)		(g) Respostas não compreendidas.	3,2

Esta questão trouxe resultados interessantes. O primeiro deles, foi a drástica redução de uma visão mais ingênua que entende o experimento como forma de validação do conhecimento, que aparece nas categorias (a) e (c) de ambas as etapas. A categoria (c) é, na verdade, uma extensão da categoria (a) e foi destacada por tratar-se de uma visão empírico-indutivista, atribuindo ao experimento um papel também na construção de teorias e, inclusive, na formulação de conceitos conforme encontrado na primeira etapa.

Estas categorias juntas, na primeira etapa, somaram 87,1% enquanto que, na segunda etapa, somaram 45,2%. Isso mostra uma redução de cerca de 42

pontos percentuais na frequência de respostas que apresentaram tal visão. Esta interpretação é comumente disseminada na sociedade, como mostram os comerciais que se valem desta idéia para vender produtos cuja eficácia, uma vez ‘comprovada experimentalmente’, é aceita como indiscutível (ver CHALMERS, 1997:17). Um exemplo de resposta da categoria (a): *“Maneira na qual coloca-se em prática e comprova-se a idéia a qual se defende”*. Um exemplo de resposta da categoria (c): *“... é por em prática o estudo de um determinado assunto; é a fase de comprovação... e é a partir dele que se formula uma nova teoria”*.

Já a categoria (b), na qual não houve mudança, apresentou uma visão reconhecendo o papel do experimento como teste que pode manter ou derrubar teorias. Como exemplo, pode-se citar: *“Experimento é um teste de uma determinada idéia para saber se ela é verdadeira ou falsa”*.

Um outro resultado interessante nesta questão foi o surgimento, na segunda etapa, de duas novas categorias, (d) e (f), com percentuais significativos: em (d), apareceu uma característica do experimento como reprodução de um fenômeno. Como exemplo: *“É quando cria-se (sic) toda uma situação de forma a reproduzir um fenômeno natural em um laboratório”*; já em (f), apareceu a idéia do experimento enquanto um método mediado por controle de condições ou variáveis servindo como auxílio no estudo de fenômenos. Como exemplo: *“Um experimento são (sic) os ensaios científicos que leva (sic) a verificação dos fenômenos que estão sendo abordados no momento. Ensaio estes que são ministrados com muita seriedade, tomando assim à experiência, uma postura controlada”*. A categoria (f), que somente apareceu na segunda etapa, é constituída de uma resposta isolada.

Assim, a visão que predominava na primeira etapa, representada pelas categorias (a) e (c), se reduziu consideravelmente na segunda (embora ainda apareça em maior percentual que as demais) e, em contrapartida, houve o

surgimento de uma maior variedade de categorias e uma distribuição menos desigual das mesmas.

Pode-se, então, considerar que houve uma evolução, em função do surgimento de uma maior diversificação das concepções sobre o experimento e da redução da visão empirista ingênua, mesmo sendo esta ainda predominante. Pode-se considerar como um fator que possivelmente pode ter influenciado para esta mudança, o debate realizado na disciplina sobre o papel do experimento na obra de Galileo, no qual foi discutido o conceito de experimento, no contexto da multiplicidade de interpretações sobre a obra e o(s) método(s) deste cientista italiano. Na ocasião, foi feita, inclusive, uma reprodução, em sala de aula, do experimento do pêndulo simples, um dos experimentos supostamente realizados pelo próprio Galileo.

A terceira questão era: **O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos? Se sim, explique por quê. Dê um exemplo para defender sua posição. Se não, explique por quê. Dê um exemplo para defender sua posição.** Esta questão, que está associada à segunda, se refere ao papel do experimento na produção científica, trazendo à tona concepções sobre os vários métodos de investigação que podem ser empregados em ciência. Foram encontradas as seguintes categorias:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) O desenvolvimento científico requer experimentos, porque estes são o critério de certeza, de veracidade das teorias ou hipóteses.	80,6	(a) O desenvolvimento do conhecimento requer o uso de experimentos para corroborar sua verdade. O experimento solidifica o conhecimento.	54,8

(b) O desenvolvimento científico requer experimentos porque estes servem para mostrar se uma teoria é verdadeira ou falsa. É um teste. Se for verdadeira, há evolução e, se for falsa, serão feitos outros experimentos para novos testes; logo, também há evolução.	6,5	(b) O desenvolvimento científico requer experimentos porque estes servem para mostrar se uma teoria é verdadeira ou falsa. É um teste.	12,9
(c) O desenvolvimento científico não requer necessariamente experimentos, porque há conhecimentos que são obtidos sem a necessidade de comprovação experimental.	9,7	(c) O desenvolvimento científico não requer necessariamente experimentos, porque há conhecimentos que são obtidos sem a necessidade de comprovação experimental.	16,1
(d) O desenvolvimento científico requer experimentos para que se possa reproduzir os fenômenos com o controle de variáveis.	3,2	(d)	
(e)		(e) O desenvolvimento científico requer experimentos para solucionar os problemas no desenvolvimento de uma teoria.	12,9
(f)		(f) Respostas não compreendidas.	3,2

Na primeira etapa, predominaram as respostas classificadas na categoria (a), com 80,6%. Nesta categoria, encontram-se as respostas nas quais o experimento é visto como necessário para o desenvolvimento científico, por tratar-se do critério de validação deste conhecimento. Um exemplo: *“Sim, para buscar a certeza de hipóteses”*. Conforme esperado, em função dos resultados da segunda questão, este percentual também se reduziu consideravelmente na segunda etapa para 54,8%, com uma diminuição de cerca de 26 pontos percentuais da visão empirista ingênua encontrada entre os estudantes investigados.

Outro aspecto apareceu na categoria (b), na primeira etapa, quando os alunos relacionaram a necessidade de experimentos ao papel destes como testes que permitiriam validar ou falsificar o conhecimento científico. Por exemplo: *“Sim, pois o objetivo da ciência ao fazer um experimento é mostrar se uma tese... é verdadeira ou não. Quando ocorre de ser verdadeiro, a ciência tende a uma rápida expansão, caso contrário, ela buscará uma outra... e com isso, também ela irá expandir”*. Houve apenas um ligeiro aumento percentual nas respostas classificadas nesta categoria, que passaram de 6,5%, na primeira etapa, para 12,9%, na segunda. Este resultado está em concordância com o que foi apresentado na categoria (b) da segunda etapa da segunda questão que exprimiu visão similar.

A categoria (e), que só aparece na segunda etapa, apresentou uma visão mais restrita do experimento, embora revelasse uma idéia interessante, a saber, a de que os experimentos teriam o papel de auxiliar no desenvolvimento de teorias. A categoria (d), que só aparece na primeira etapa, embora também tivesse apresentado uma visão interessante, foi constituída de uma resposta isolada.

Os resultados encontrados nesta questão podem ser interpretados da seguinte forma: os estudantes, ao final da disciplina, de fato revelaram uma maior variedade de concepções coerentes sobre o que é o experimento, o que

representou um avanço em relação às concepções iniciais, sobretudo, com a redução da visão empirista ingênua. Contudo, ainda prevaleceu a visão do experimento como forma de validação do conhecimento, mesmo tendo esta visão sofrido uma redução. Assim, de modo geral, os estudantes entenderam que o experimento pode exercer vários papéis na produção do conhecimento, mas a maioria deles continuou a acreditar que o uso do experimento (seja qual for sua função no processo de produção do conhecimento científico) é indispensável para o desenvolvimento da ciência. Trata-se de uma visão centrada no empirismo, que não reconhece a legitimidade de outros métodos científicos em campos diferentes do conhecimento.

Pode-se ainda afirmar que a idéia de validação de teorias através de experimentos parece ser tão forte na visão dos estudantes de física que, embora a freqüência com que apareceu nas respostas dos estudantes tenha sido reduzida na segunda e terceira questões, se manteve predominante a despeito da visão empirista ingênua – comumente encontrada entre professores e estudantes das ciências, conforme discutido no Capítulo 1 – ter sofrido algum abalo, como mostram as respostas da segunda etapa de ambas as questões.

Desta forma, embora a visão empirista ingênua tenha permanecido dominante – o que reforça o que já foi exposto anteriormente, apontando para a existência de um foco de resistência à mudança e reforçando também a sugestão de um tratamento mais direcionado para superar tal dificuldade em turmas futuras da disciplina –, observou-se algum amadurecimento na compreensão dos alunos acerca do papel dos experimentos. As discussões sobre diferentes métodos de produção do conhecimento ocorridas na disciplina podem ter influenciado tal mudança.

Resultado similar foi encontrado por SOLOMON et al. (1992) em um trabalho que buscou investigar a compreensão sobre a Natureza da Ciência de estudantes. Os autores relataram que houve uma mudança significativa,

comparando a pré-instrução com a pós-instrução, em se perceber o papel do experimento menos no sentido empirista e mais em “direção a uma apreciação da natureza interativa de experimento e teoria”. Assim, segundo a compreensão dos estudantes após uma instrução informada por uma abordagem contextual, o experimento, como as teorias, tem o papel de ajudar na tentativa de explicação dos fenômenos.

Deve-se registrar também que, na categoria (c), que apresentou a visão de que o experimento não é indispensável para o desenvolvimento do conhecimento científico, houve um aumento de mais de 6 pontos percentuais. Isso indica um ligeiro incremento na compreensão dos estudantes acerca do conhecimento científico como o produto também de outros métodos empíricos ou de formulações teóricas, sem a necessidade de experimentos, significando um avanço na concepção dos estudantes. Um exemplo: *“Não. Algumas áreas da ciência têm os seus conhecimentos transmitidos e aprimorados sem utilizar-se de experimento, a exemplo da matemática, onde nem tudo que é trabalhado ou formulado pode ser experimentado...”*.

Similarmente, CUDMANI e SANDOVAL (2000) relataram uma diminuição na visão dos estudantes que ressalta a importância da observação e da experimentação e, em contrapartida, um aumento da visão que reconhece o papel dos modelos teóricos na construção de hipóteses.

Na quarta questão, utilizou-se o exemplo do átomo de Bohr para averiguar a compreensão dos alunos acerca da relação entre modelo e realidade: **Livros-texto de ciência freqüentemente representam o átomo como um núcleo central composto de prótons (partículas carregadas positivamente) e nêutrons (partículas neutras), com elétrons (partículas carregadas negativamente) orbitando ao redor daquele núcleo. Qual o grau de certeza que os cientistas têm acerca da estrutura do átomo? Que evidência específica, ou tipos de evidência, você pensa que os cientistas utilizaram**

para determinar com que um átomo se parece? Foi feita a seguinte categorização:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) Os cientistas têm alto grau de certeza, porque os experimentos realizados e o instrumental sofisticado levam a modelos que se aperfeiçoam e que reproduzem bem a realidade.	41,9	(a) Grande grau de certeza, em função dos experimentos sofisticados que foram realizados.	29,0
(b) Os cientistas têm alto grau de certeza, porque utilizaram o modelo do sistema solar como evidência para a forma do átomo, com um núcleo e os elétrons orbitando ao seu redor.	16,1	(b)	
(c) Não se pode atribuir um grau de certeza a algo que não se vê diretamente. Este é o modelo mais aceito atualmente por parecer o melhor, mas está sujeito a mudanças.	9,7	(c) Grau de certeza indefinido, portanto, pode-se apenas ter uma idéia.	19,4



(d) Eles têm um baixo grau de certeza, porque o modelo foi obtido através do desenvolvimento de teorias e experimentos, mas sem muitas garantias de certeza.	25,8	(d) Baixo grau de certeza, porque os experimentos não davam confirmação.	12,9
(e)		(e) Baixo grau de certeza, por tratar-se apenas de um modelo teórico na tentativa de representar o átomo.	25,8
(f)		(f) Respostas não compreendidas.	3,2

Em ambas as etapas, embora existam várias categorias, em função das diferenças de argumentação encontradas nas respostas dos estudantes, foi possível agrupar as categorias em duas idéias básicas:

- (i) a primeira, cujo núcleo central reconhece o modelo como fiel espelho da realidade em função de sua base empírica, é encontrada nas categorias (a) e (b), da primeira etapa, somando 58,0%, e na categoria (a) da segunda etapa, com 29,0%, sofrendo, portanto, uma diminuição considerável de 29 pontos percentuais. Como exemplo: *“... em torno de 100%... utilizaram os microscópios dos mais sofisticados e através de pesquisas e experimentos chegaram a conclusões”*;
- (ii) a segunda, cujo núcleo central está na percepção das limitações dos modelos, visto que se tratam apenas de tentativas de representação da realidade, se encontra nas categorias (c) e (d), da primeira etapa, totalizando 35,5%, e também nas categorias (c), (d) e (e), da segunda etapa, totalizando 58,1%, o que mostra, portanto, um aumento de cerca

de 22 pontos percentuais. Eis um exemplo: *“Por melhores e mais seguras que sejam as teorias, ninguém saberá afirmar com tanta precisão, qual será a verdade a respeito da estrutura atômica, porque nunca será possível enxergar prótons e elétrons com tanta facilidade... Portanto, um modelo científico nos fornece uma aproximação da realidade”*.

Esta mudança pode ser vista como positiva, visto que representou um aumento na percepção da natureza tentativa da ciência e na compreensão da natureza dos modelos, que não podem ser vistos como representações da realidade, uma vez que sua aplicabilidade depende, precisamente, da simplificação da realidade que é a base de sua construção. Em vários pontos da disciplina, foram discutidas as limitações das teorias científicas (e, logo, dos seus modelos) enquanto tentativas de explicação. Isso ocorreu, em particular, em momentos da disciplina em que foram confrontadas teorias oponentes como, por exemplo, a teoria de Galileo e as idéias aristotélicas, ou a teoria de Mach, em contraposição à de Newton. A evolução percebida nas respostas dadas pelos estudantes a esta quarta questão pode ser atribuída a este aspecto da disciplina.

Outra mudança positiva foi a inexistência de respostas da categoria (b), na segunda etapa. Na primeira etapa, alguns estudantes elaboraram respostas nas quais apresentavam, de maneira equivocada, o modelo do sistema solar como evidência a favor do modelo atômico de Bohr. Trata-se de uma visão inadequada comumente disseminada em salas de aula e a disciplina parece ter logrado sucesso em eliminá-la.

Os resultados encontrados nesta questão podem ser corroborados quando comparados com aqueles encontrados por AKERSON, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000) ao investigar a compreensão sobre aspectos da Natureza da Ciência de licenciandos em ciências usando um questionário que continha itens muito similares aos do VNOS(C). Comparando os resultados da pré e da pós-instrução, os autores notaram que, antes, a maioria dos participantes não

fazia uma correta distinção entre observação e inferência atribuindo a certeza dos cientistas na estrutura atômica às observações experimentais. Após a instrução, informada por uma abordagem contextual, a grande maioria passou a apresentar uma visão adequada usando em suas respostas idéias sobre o modelo da estrutura do átomo como “tentativas de explicar como esta estrutura foi obtida”.

A quinta questão serviu para avaliar as visões dos estudantes acerca dos conceitos de teorias e leis científicas incluindo a compreensão das diferenças existentes entre elas. **Há uma diferença entre uma teoria científica e uma lei científica? Ilustre sua resposta com um exemplo.** As seguintes categorias foram encontradas:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) Teorias são estudos, idéias, suposições sem comprovação experimental e leis são estudos comprovados experimentalmente.	25,8	(a) Teorias são fatos não comprovados e leis são fatos já comprovados.	29,0
(b) Leis são mais abrangentes do que teorias. As teorias evoluem progressivamente tornando-se leis quando se têm mais evidências e comprovação experimental de sua validade.	41,9	(b) Leis são mais abrangentes do que teorias. As teorias evoluem progressivamente tornando-se leis quando se têm mais evidências e comprovação experimental de sua validade.	12,9
(c) Teorias sofrem mudanças e leis são imutáveis.	16,1	(c) Teorias sofrem mudanças e leis são imutáveis.	6,5
(d) Não há diferença, têm o mesmo significado.	6,5	(d)	

(e) Leis são comprovadas facilmente e todos percebem, enquanto teorias também são comprovadas, mas não se percebe sua comprovação com a mesma facilidade do que no caso de uma lei.	3,2	(e)	
(f)		(f) Teorias são explicações de fenômenos e leis expressam relações entre os fenômenos.	38,7
(g) Respostas não compreendidas.	6,5	(g) Respostas não compreendidas.	12,9

Na primeira etapa, as visões predominantes foram encontradas nas categorias (a) e (b), com 25,8% e 41,9%, respectivamente. Em (a), apresenta-se a idéia de que teorias são conhecimentos ainda não comprovados, ainda não validados, e leis são conhecimentos comprovados, validados. Em (b), aparece uma visão similar, mas com o agravante de que os estudantes concebem uma evolução de teorias para leis, estabelecendo-se uma relação hierárquica entre esses dois tipos de conhecimento. Como exemplo: *“lei científica é a teoria comprovada e pronta para que seja seguida”*. As visões representadas pelas categorias (a) e (b), que não correspondem a uma concepção adequada de acordo com a filosofia da ciência contemporânea (ver LEDERMAN et al., 2000b), totalizaram juntas 67,7% das respostas na primeira etapa e 41,9% na segunda. Ocorreu, portanto, numa redução de cerca de 26 pontos percentuais em tais concepções inadequadas sobre os conceitos de teoria e lei.

Por outro lado, surgiu uma nova categoria na segunda etapa, (f), abrangendo 38,7% das respostas e mostrando-se, portanto, a categoria predominante.

Trata-se de uma compreensão adequada das teorias como tentativas de explicação de fenômenos e das leis como expressões de relações entre fenômenos. Como exemplo: *“Teoria científica é um caminho para se explicar um fenômeno... As leis do movimento de Newton, é (sic) um exemplo para explicar um dado fenômeno e correlaciona as suas grandezas físicas”*.

Esta mudança na concepção dos estudantes revelou que parece ter havido uma boa compreensão por parte da maioria deles acerca das discussões explícitas, feitas durante a disciplina, sobre esta questão. Outros aspectos favoráveis nessa mudança foram: a redução em mais de 9 pontos percentuais da visão inadequada que aparece na categoria (c) em ambas as etapas, diferenciando teorias de leis pelo fato das primeiras sofrerem mudanças, enquanto as últimas seriam imutáveis. Por exemplo, *“... uma lei científica é algo que não pode ser mudado... Uma teoria científica, pelo contrário, está sempre sujeita a mudanças”*; e a ausência, na segunda etapa, de uma categoria equivalente à (d) da primeira, que aparece com 6,5% e não estabelece diferença entre tais conceitos.

Portanto, na primeira etapa não houve nenhuma resposta dos estudantes que pudesse ser considerada satisfatória quanto ao significado dos conceitos de teorias e leis científicas, enquanto que, na segunda etapa, embora ainda apareçam visões ingênuas, a categoria predominante foi aquela que apresentou uma visão adequada sobre os conceitos em questão. Pode-se inferir que o ensino de mecânica clássica informado por uma abordagem contextual parece ter sido bem sucedido em suscitar mudança neste item importante do conhecimento epistemológico dos estudantes.

Mudanças similares foram também encontradas por AKERSON, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000), que usaram a mesma questão no questionário por eles empregado. Estes autores relataram que quase a totalidade dos participantes estabeleceu uma visão hierárquica entre teorias e leis científicas quando da pré-instrução. Contudo, após a instrução cerca da metade dos

participantes apresentaram visões mais adequadas estabelecendo teorias como formas de explicar os fenômenos e leis como formas de estabelecer relações entre os fenômenos.

A questão seis era a seguinte: **Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), a teoria pode transformar-se? Se você acredita que as teorias científicas não mudam, explique por quê. Defenda sua resposta com exemplos. Se você acredita que as teorias científicas de fato mudam: (a) Explique por que as teorias mudam; (b) Explique por que nós nos preocupamos em aprender teorias científicas. Defenda sua resposta com exemplos.** Esta questão tem relação com a concepção de teoria, estabelecida pelos estudantes na questão anterior, e visava perceber a sua visão sobre a natureza tentativa das teorias científicas, que estão sujeitas a transformações e até mesmo à superação, seja como integrantes de um mesmo paradigma, ou seja fazendo parte de paradigmas concorrentes, portanto, apoiados em pressupostos e concepções diferentes. As seguintes categorias foram estabelecidas:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) Teorias científicas podem sofrer transformações através de novas investigações, aperfeiçoamentos, uso de novas tecnologias, experimentos etc. É necessário aprendê-las para aprimoramento profissional e das próprias teorias.	48,4	(a) Teorias científicas podem sofrer transformações e aperfeiçoamentos através do uso de novas tecnologias, novos experimentos etc. É necessário aprendê-las para o acompanhamento de evolução das próprias teorias.	29,0

(b) Teorias científicas podem sofrer transformações uma vez que, sob a égide de novas concepções e novos pressupostos, pode-se estabelecer novas teorias melhores que as vigentes. É necessário aprendê-las, seja para entender seus equívocos, seja porque elas podem não ser de todo inúteis.	16,1	(b) Teorias científicas podem sofrer transformações uma vez que, sob a égide de novas concepções e pressupostos, pode-se estabelecer novas teorias melhores que as vigentes. É necessário aprendê-las, seja para entender seus equívocos, seja porque elas podem não ser de todo inúteis.	25,8
(c) As teorias científicas mudam por serem limitadas e por causa de mudanças nas necessidades dos homens. É necessário aprendê-las para melhor compreender suas mudanças.	22,6	(c) As teorias científicas estão sujeitas a mudanças por serem limitadas. São tentativas, suposições, mas não verdades demonstradas. É necessário aprender teorias para melhor compreender os novos caminhos traçados devido às mudanças.	38,7
(d) Respostas não compreendidas.	12,9	(d) Respostas não compreendidas.	6,5

As mesmas categorias se repetiram em ambas as etapas. Na primeira etapa, houve uma predominância no percentual de respostas da categoria (a) com 48,4%. A visão revelada em (a) é a mais limitada, por reconhecer as mudanças somente em função do advento de novos dados, ao passo que em (b), que representa 16,1% das respostas, há o reconhecimento de que as mudanças

podem ser devidas ao surgimento de novas concepções e pressupostos que podem levar a novas explicações. Um exemplo de resposta na categoria (a): *“Sim, elas podem ser transformadas através de novos estudos ou investigações que venham aperfeiçoar ou torná-las mais válidas”*. Um exemplo de resposta na categoria (b): *“... A teoria da Relatividade está sendo discutida por considerarem (sic) novos pontos de vista que antes não foram levados em consideração, podendo, assim, confirmar-se ou ser derrubada e substituída por uma outra que melhor explique os acontecimentos”*.

A categoria (c) revelou uma visão interessante, na medida em que reconhece os limites das teorias, sua natureza tentativa e, assim, a possibilidade de que sofram mudanças. Eis um exemplo: *“As teorias mudam, pois elas são suposições admissíveis, prováveis, mas não demonstráveis e como se apresentam com estas características estão sujeitas a serem reformuladas a qualquer momento. Aprendemos teorias científicas porque elas servem de subsídios para enxergarmos melhor as afirmativas e os caminhos a serem tomados ao longo dos estudos”*.

Na segunda etapa, ocorreu uma redução das respostas da categoria (a) em mais de 19 pontos percentuais e, por outro lado, um acréscimo na categoria (b) em mais de 9 pontos percentuais e na categoria (c) em mais de 16 pontos percentuais. Assim, pode-se dizer que houve uma mudança positiva nas concepções dos estudantes sobre a mudança teórica em ciência. As discussões sobre diferentes pontos de vista epistemológicos sobre as teorias científicas, como as de Galileo, suscitadas ao longo da disciplina, podem ter influenciado esta mudança.

Estes resultados podem ser corroborados por aqueles encontrados por AKERSON, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000) ao relatar que a grande maioria dos participantes envolvidos em sua investigação não revelou inicialmente visão adequada estabelecendo que as teorias mudam somente em função de “novas descobertas trazidas por avanços na tecnologia” excluindo,



assim, o papel da re-interpretação dos dados ou de novas idéias na mudança teórica em ciência. Após a instrução foi percebida uma mudança significativa, pois um número maior de participantes passou a apresentar visões adequadas reconhecendo, dentre outras coisas que, novas idéias podem levar à rejeição e ao abandono de algumas teorias científicas.

Da mesma forma, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000b) relataram uma pesquisa voltada para investigar as visões sobre a Natureza da Ciência de estudantes de três cursos de história da ciência. Nesta pesquisa foi usado o mesmo questionário do presente trabalho (com exceção da décima questão que não estava presente na pesquisa acima referida). Os autores relataram que em um dos cursos, o de 'Evolução', houve uma "mudança evidente" na visão de 31% dos participantes, sendo que, em relação a esta sexta questão, doze participantes indicaram inicialmente que as teorias não mudam ou são apenas refinadas. No final do estudo, quatro destes reconheceram que as teorias mudam a partir de novas tecnologias e pesquisas, e cinco reconheceram que novas idéias, crenças, fatores sociais e culturais exercem um papel na mudança teórica em ciência.

Em relação aos três cursos envolvidos na investigação acima citada, os autores relataram que, de um modo geral, não houve mudanças muito grandes nas visões sobre a Natureza da Ciência dos participantes. Entretanto, o curso de 'Evolução', que evidenciou uma maior mudança em tais visões, foi o único dos três no qual o professor expressou um compromisso explícito em "ajudar os estudantes a desenvolver visões adequadas sobre a Natureza da Ciência". Estes resultados reforçam a idéia de que uma abordagem contextual informada explicitamente tem sido mais eficaz em melhorar as concepções sobre a Natureza da Ciência dos estudantes e/ou professores, conforme discutido no Capítulo 1. Reforçam, também, que não há sustentação empírica na idéia de que os cursos de história da ciência podem levar a um aprimoramento das concepções sobre a Natureza da Ciência dos estudantes e/ou professores, conforme também discutido no Capítulo 1.

Conforme já foi argumentado no Capítulo 3, por motivo de cutela foi excluído do presente trabalho o tratamento e análise dos dados referentes à questão sete a fim de evitar que interpretações errôneas fossem suscitadas como consequência de um possível problema neste item do questionário.

A oitava questão se referia ao papel da criatividade e imaginação no processo de produção do conhecimento científico: **Os cientistas realizam experimentos/investigações científicas quando estão tentando encontrar respostas para as questões que eles propuseram. Os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações? Se sim, então em que estágios das investigações você acredita que os cientistas utilizam sua imaginação e criatividade: projeto e planejamento; coleta de dados; após a coleta de dados? Por favor, explique por que os cientistas usam a imaginação e a criatividade. Forneça exemplos, se for apropriado. Se você acredita que cientistas não usam a imaginação e a criatividade, por favor, explique por quê. Forneça exemplos, se for apropriado.** Foram assim tipificadas as respostas:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) Em todos os estágios. É um recurso auxiliar para conseguir bons resultados e facilitar a tarefa. Usam na invenção de aparatos, tomada de decisões, estabelecimento de caminhos possíveis.	16,1	(a) Os cientistas utilizam-se de criatividade e imaginação em todos os estágios da investigação.	45,2

(b) Os cientistas usam sua criatividade e imaginação em parte da sua atividade, seja para proporem novas idéias e novos problemas, seja na coleta de dados etc.	58,1	(b) Usam deste recurso somente em parte da atividade, seja durante o planejamento – na criação e suposição de novas idéias e novos problemas – seja após a coleta de dados ou na experimentação.	51,6
(c) Usam, mas com cautela como instrumento para interpretar aquilo que não é diretamente visível. Na criação de modelos para representar a realidade. Não deve ser usado como critério final definitivo.	12,9	(c)	
(d) Não usam criatividade e imaginação, porque seu trabalho é fundamentado na realidade trazida à tona pela experiência e não em hipóteses mentais.	6,5	(d)	
(e) Respostas não compreendidas.	6,5	(e) Respostas não compreendidas.	3,2

Na primeira etapa, embora várias categorias tenham sido estabelecidas em função das nuances existentes nas respostas, pôde-se agrupar as categorias em dois núcleos centrais: aquele que reconhece o uso de tais fatores no trabalho científico, presente nas categorias (a), (b) e (c), incluindo respostas como a seguinte: *“Sim, eles têm que ter a percepção de como vão adquirir os*

*resultados... com o uso da sua imaginação e investigação eles reduzem essa trajetória”; e aquele que não reconhece o uso de fatores subjetivos como criatividade e imaginação na produção do conhecimento científico, presente na categoria (d). Um exemplo se encontra na seguinte resposta: “Acredito que os cientistas não usam sua imaginação porque o seu trabalho está fundamentado em resultados reais que o experimento é capaz de fornecer e não em hipótese que a mente humana pode transmitir”.*

Em relação ao primeiro núcleo, a soma dos percentuais das categorias (a), (b) e (c) ultrapassam 87%. Portanto, os estudantes reconheciam, predominantemente, a influência da criatividade e da imaginação na ciência. Em relação ao segundo núcleo, representado pela categoria (d), que apresentou uma visão da ciência como atividade estritamente objetiva, sem espaço para a subjetividade, houve incidência de 6,5%.

Já na segunda etapa, apareceram apenas duas categorias. Em (a), com 45,2%, observou-se um reconhecimento do papel da criatividade e da imaginação em todos os estágios da produção científica, e em (b), com 51,6%, houve o reconhecimento deste papel somente em parte desta atividade. Portanto, todos os alunos cujas respostas foram compreendidas reconheceram, nesta etapa, o papel da subjetividade na atividade científica, o que nos leva a concluir que houve uma evolução em relação a esta questão.

Na questão nove, o exemplo da extinção dos dinossauros foi utilizado para averiguar-se a visão dos estudantes sobre a questão das disputas entre teorias, que interpretam de maneira diferente o mesmo conjunto de dados: **Acredita-se que há cerca de 65 milhões de anos os dinossauros se extinguiram. Entre as hipóteses formuladas pelos cientistas para explicar a extinção, duas gozam de maior apoio. A primeira, formulada por um grupo de cientistas, sugere que um imenso meteorito atingiu a Terra há 65 milhões de anos e acarretou uma série de eventos que causou a extinção. A segunda hipótese, formulada por um outro grupo de**

**cientistas, sugere que grandes e violentas erupções vulcânicas foram responsáveis pela extinção. Como essas conclusões diferentes são possíveis se os cientistas de ambos os grupos tiveram acesso a e utilizaram o mesmo conjunto de dados para obter suas conclusões? As respostas foram classificadas conforme as categorias a seguir:**

<b>1ª Etapa</b>		<b>2ª Etapa</b>	
<b>Categorias</b>	<b>%</b>	<b>Categorias</b>	<b>%</b>
(a) É possível o cientista tirarem conclusões diferentes a partir dos mesmos dados porque eles se utilizam da criatividade e imaginação, que são pessoais, e ainda assumem distintos pressupostos teóricos, valores sociais e culturais e ideologias, o que os leva a respostas distintas.	54,8	(a) É possível que os cientistas extraiam conclusões diferentes a partir dos mesmos dados porque se utilizam da criatividade e imaginação e seus valores sociais e culturais, bem como ideologias, são distintos, o que os leva a respostas diferentes.	71,0
(b) Os dados não são evidentes, precisos o suficiente, para que não haja dúvidas sobre as conclusões e, assim, surgem diferentes opiniões.	16,1	(b) Os dados não são precisos o suficiente e favorecem o surgimento de diferentes interpretações.	9,7
(c) Os cientistas nunca estão satisfeitos ou aceitam as coisas como são. Portanto, necessitam de divergir, polemizar.	9,7	(c) A busca por uma resposta, a competição, leva os cientistas a 'empurrarem' uma saída.	3,2
(d) Respostas não compreendidas.	19,4	(d) Respostas não compreendidas.	12,9

Novamente, as categorias se repetiram nas duas etapas. Em ambas as etapas, a categoria (a) mostrou uma visão adequada, na qual a possibilidade de leituras distintas sobre um mesmo fenômeno é explicada em função da influência de fatores de natureza subjetiva e sócio-cultural no trabalho do cientista. Como exemplo: *“... as pessoas podem pensar diferente e construir teorias diferentes ou semelhantes, pelo fato de elas (sic) viverem em épocas diferentes, por depender da criatividade do cientista e dos aspectos ideológicos dos mesmos”*. Houve um aumento, de pouco mais de 16 pontos percentuais, das respostas referentes a esta concepção. Pode-se afirmar que houve uma mudança significativa no que diz respeito a esta categoria.

Na categoria (b), apareceu, em ambas as etapas, uma visão que não reconhece a possibilidade de diferentes leituras para o mesmo fenômeno, e atribui a dupla interpretação à imprecisão dos dados, o que mostra a força de uma visão empirista ingênua entre os estudantes, expressa por uma confiança completa, inquestionável, nos dados empíricos como critérios para as decisões acerca de teorias. Conforme esta visão, se os dados fossem precisos, não haveria possibilidade de múltiplas interpretações. Como exemplo: *“Se eles tivessem as mesmas coletas de dados, eu penso que eles não teriam diferentes conclusões, pois os experimentos seriam baseados em cima desses dados”*. A redução sofrida pela categoria (b), de mais de 6 pontos percentuais, não chegou a ser significativa ao ponto de poder-se afirmar categoricamente que houve uma mudança nas concepções. Entretanto, o significativo acréscimo na categoria (a) juntamente com a leve redução na categoria (b) sugere uma tendência de amadurecimento nas concepções dos estudantes.

Esta análise pode ser corroborada também através da ligeira redução, de mais de 6 pontos percentuais, da categoria (c) que atribui aos cientistas um comportamento pouco responsável. Como exemplo, *“A busca pela consagração resulta em uma rápida finalização nas investigações... os dois grupos provavelmente não chegaram a uma verdadeira conclusão e empurraram para a humanidade uma causa para a extinção dos dinossauros”*.

Caso as avaliações acima sejam procedentes, pode atribuir esta suposta tendência de amadurecimento na concepção dos estudantes às discussões de natureza epistemológica ao longo da disciplina como, por exemplo, a apresentação das diferentes interpretações da obra de Galileo, norteadas por ideologias distintas, bem como os debates sobre os conflitos entre teorias oponentes.

Resultados similares foram obtidos por AKERSON, ABD-EL-KHALICK e LEDERMAN (2000) indicando que, inicialmente, cerca da metade dos participantes apresentaram visões inadequadas não reconhecendo as bagagens instrucionais dos cientistas, suas assunções, preferências etc. como fatores que exercem influência em sua atividade profissional. Tais participantes revelaram uma visão objetiva da ciência e atribuíram a controvérsia tratada na questão (que era similar a esta nona questão do presente trabalho) à insuficiência de dados. No final do estudo, pouca mudança foi observada, apenas um pequeno acréscimo da visão mais adequada que reconhecia a influência dos fatores acima citados no trabalho do cientista.

Estes resultados podem ser corroborados também por aqueles encontrados por SOLOMON et al. (1992) que indicaram que não houve mudança significativa em relação à visão de que os cientistas assumem diferentes teorias porque eles “olham” para os dados de diferentes formas. Esta visão foi predominante tanto na pré-instrução quanto na pós-instrução.

Deve-se salientar também que a posição desta questão no questionário, após a questão oito – que aborda o papel da criatividade e imaginação no processo de produção do conhecimento científico – pode ter exercido alguma influência nas respostas dos alunos à questão nove<sup>22</sup>. Por outro lado, os resultados da questão oito mostraram que, na etapa final, todos os estudantes, cujas respostas foram compreendidas, reconheceram o papel de tais fatores na

---

<sup>22</sup> Esta suspeita suscitou uma inversão da ordem destas duas questões, em uma versão nova do questionário, atualmente em uso pelo prof. Charbel Niño El-Hani.

produção do conhecimento científico, o que pode levar à interpretação de que os resultados da questão nove podem ser vistos como um endosso dos resultados anteriormente obtidos na oitava questão, e não como fruto da influência desta sobre aquela.

A décima questão procurou avaliar o pensamento dos estudantes acerca da existência ou não de algum tipo de impacto de valores sociais e culturais sobre a ciência: **Algumas pessoas afirmam que a ciência é impregnada por valores sociais e culturais. Isto é, a ciência reflete os valores sociais e políticos, as suposições filosóficas e as normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Outras pessoas afirmam que a ciência é universal. Isto é, a ciência transcende as fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos, e pelas normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Se você acredita que a ciência reflete valores sociais e culturais, explique por quê e como. Defenda sua resposta com exemplos. Se você acredita que a ciência é universal, explique por quê e como. Defenda sua resposta com exemplos.** Percebeu-se os seguintes tipos de respostas:

1ª Etapa		2ª Etapa	
Categorias	%	Categorias	%
(a) Culturas distintas possuem formas distintas de pensar, criar, produzir; assim, a produção científica, como parte de uma cultura, também será diferente quando realizada por povos diferentes, refletindo valores culturais, sociais e econômicos.	48,4	(a) Culturas distintas possuem formas distintas de pensar, criar, produzir; assim, a produção científica, como parte de uma cultura, também será diferente quando realizada por povos diferentes, refletindo valores culturais, sociais e econômicos.	42,0



(b) As teorias científicas são analisadas pela comunidade científica do mundo todo, que estabelece o critério de validade de tais teorias, independentemente de onde partam. Uma teoria ou qualquer outro produto da ciência bem aceito, assim o é em qualquer parte do mundo. Portanto, a ciência tem caráter universal.	32,3	(b) As teorias científicas são analisadas pela comunidade científica do mundo todo, que estabelece o critério de validade de tais teorias, independentemente de onde partam. Uma teoria ou qualquer outro produto da ciência bem aceito, assim o é em qualquer parte do mundo. Portanto, a ciência tem caráter universal.	16,1
(c) A ciência goza dos dois aspectos: de acordo com as necessidades regionais, pesquisas são realizadas para atender a tais necessidades; logo, esta produção é local, refletindo e influenciando valores locais; por outro lado, a ciência também produz conhecimentos que são úteis para a humanidade, independentemente de ideologias, culturas e políticas sendo, portanto, universal.	16,1	(c) A ciência goza dos dois aspectos: de acordo com as necessidades regionais, pesquisas são realizadas para atender a tais necessidades; logo, esta produção é local, refletindo e influenciando valores locais; por outro lado, a ciência também produz conhecimentos que são úteis para a humanidade, independentemente de ideologias, culturas e políticas sendo, portanto, universal.	35,5
(d) Respostas não compreendidas.	3,2	(d) Respostas não compreendidas.	3,2

Na décima questão, também não surgiram categorias novas na segunda etapa. A categoria (a), que mostrou a visão de que as teorias são influenciadas por fatores externos, teve uma ligeira redução não sendo o suficiente para ser considerada substancial. Um exemplo foi fornecido pela seguinte resposta: *“... as pesquisas científicas passaram a fazer parte das forças produtivas, políticas... A ciência reflete valores sociais e culturais, uma vez que nem tudo que a ciência propõe é aceito por toda a sociedade... as pessoas não lutam pelo direito de interferir nas decisões das empresas e governos quando estes decidem financiar uma determinada pesquisa em vez de outra. E dessa maneira a ciência torna-se cada vez mais distante de ser universal”*.

A categoria (b), que revelou uma visão da ciência característica do universalismo epistemológico (ver MATTHEWS, 1994), sofreu uma redução significativa de mais de 16 pontos percentuais. Eis um exemplo: *“Universal, os métodos de análise científica podem ser interpretados por qualquer elemento independente da sua localização geográfica, em qualquer período”*.

A categoria (c), que apontou uma interpretação interessante, percebendo aspectos tanto de natureza universal quanto local na produção de conhecimento científico, apresentou um aumento de mais de 19 pontos percentuais. Um exemplo foi encontrado na seguinte resposta: *“Acredito que a ciência contém ambos elementos, pois é universal a partir do momento que compartilha-se as descobertas com outras pessoas, outras comunidades, outros países. Reflete os valores sociais e culturais, pois os referenciais da ética comportamental é estruturado (sic) na pessoa de acordo com a estrutura social ao (sic) qual está inserida”*.

O acréscimo ocorrido na categoria (c), que apresentou visão mais próxima daquela mais freqüentemente encontrada entre os filósofos da ciência na atualidade, bem como a redução significativa percebida na categoria (b), podem levar à conclusão de que houve uma mudança positiva na compreensão dos estudantes sobre os impactos que a ciência sofre dos

valores de natureza social, cultural e ideológica. As discussões realizadas na disciplina sobre a influência de instituições externas à ciência (como a Igreja, por exemplo) podem ter influenciado para essa evolução.

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO**

Esse trabalho se apoiou na hipótese de que o ensino de ciências e, em particular, o de física pode tornar-se mais eficaz quando realizado através de uma abordagem contextualizada histórica e filosoficamente. Com o intuito de investigar esta hipótese, em um estudo de caso, foi feita uma pesquisa de natureza qualitativa com estudantes de uma disciplina inicial do Curso de Física da UEFS usando, como instrumentos, um questionário aberto fornecido aos participantes seguido de entrevistas semi-estruturadas em uma sub-amostra dos mesmos. Procurou-se, com isto, analisar suas concepções prévias sobre alguns aspectos da Natureza da Ciência, as mudanças em tais concepções percebidas no final da disciplina e a influência que uma abordagem contextual usada na disciplina exerceu nessas mudanças.

O primeiro aspecto da Natureza da Ciência abordado no questionário se referiu ao próprio conceito de ciência. Os resultados apresentados mostraram visões diversificadas, entretanto, com substancial concentração em um único tipo de visão que compreendia a ciência apenas como o estudo da natureza.

Após a disciplina ter sido ministrada, houve uma distribuição menos brusca na concentração das respostas com uma diminuição considerável da visão acima citada e com o desaparecimento de uma visão mais ingênua, que associou a ciência à comprovação de fatos. Concomitantemente ocorreu um acréscimo no número de visões, tais como uma que identificou a ciência com um conjunto de conhecimentos sistematizados e outra que a compreendeu como método para explicar fenômenos. Isto levou à conclusão de que parece ter havido uma mudança levando a uma maior abrangência nas concepções, posto que houve um deslocamento na concentração das respostas que, inicialmente, estavam agrupadas eminentemente em um único tipo de visão e que, no final, foram distribuídas de forma melhor, permeando as demais visões, acrescentando ainda que a visão mais ingênua não apareceu no final.

Portanto, esta mudança pode ser considerada positiva representando, aparentemente, uma compreensão mais abrangente por parte dos estudantes e, levando-se em conta que a disciplina tratou de questões relacionadas à formatação da ciência moderna em termos da sistematização do conhecimento, da possibilidade de vários métodos e do advento tecnológico, esta mudança pode ter sido influenciada por este aspecto da disciplina.

Em relação à compreensão dos estudantes quanto ao critério de demarcação da ciência frente a outras formas de investigação, a única mudança considerável foi a redução da visão que estabeleceu como diferença o objeto de estudo de cada uma delas. Não houve mudança significativa na visão predominante que atribuiu a diferença ao método que, no caso da ciência, se vale da “comprovação” de suas idéias. Trata-se, portanto, de uma visão empirista ingênua – conforme atribui a filosofia da ciência contemporânea – que acredita na verdade do conhecimento científico estabelecida pela experimentação.

Pode-se concluir que, apesar das discussões que ocorreram na disciplina sobre os diferentes métodos dos quais pode se valer a ciência, a concepção acima referida se manteve predominante inclusive no final da disciplina, aparentando, portanto, se tratar de um foco de resistência à mudança. Isto sugere um tratamento mais apurado em relação a este ponto em turmas futuras da disciplina.

Um outro aspecto suscitado foi em relação aos métodos de investigação científica, em particular, ao papel do experimento na ciência. Ao comparar as concepções no início e no final da disciplina, se percebeu uma redução significativa da visão empirista ingênua, embora esta ainda permanecesse predominante em relação às demais visões. Por outro lado, houve o surgimento e o acréscimo de outras visões que representavam idéias mais adequadas.

Desta forma, pode-se concluir que, a despeito da concepção ingênua permanecer predominante, a sua brusca redução, juntamente com o substancial aumento de visões mais adequadas, levou a um entendimento de que parece ter havido um amadurecimento na compreensão dos estudantes quanto ao papel que o experimento exerce na produção científica. O tratamento que foi feito na disciplina quanto aos diferentes modos de produção científica de Galileo, segundo as interpretações de diferentes correntes epistemológicas, e também um tratamento dos conflitos quanto à verossimilhança em relação à realização dos experimentos por este cientista, podem ter influenciado para este amadurecimento.

Conclui-se também que a predominância da visão empirista ingênua, reforçando o que já foi exposto anteriormente, aponta para o entendimento de que se trata de um foco de resistência à mudança, o que endossa a sugestão de um tratamento mais direcionado para superar tal dificuldade em turmas futuras da disciplina.

Outra questão que foi suscitada tratou da relação modelo/realidade. Percebeu-se uma redução substancial da visão mais ingênua, que aceita os modelos como retratos fiéis da realidade, ao tempo em que houve um acréscimo da visão que reconhece as limitações dos modelos científicos. Portanto, parece ter havido um ganho na percepção da natureza tentativa do conhecimento científico. O tratamento feito, na disciplina, sobre as limitações das teorias científicas e de seus modelos, enquanto tentativas de explicação e/ou descrição dos fenômenos, no momento em que foram discutidos confrontos históricos entre algumas teorias científicas, parecem justificar este ganho.

Outro aspecto da Natureza da Ciência abordado se referiu às concepções de teorias e leis científicas. Não apareceu qualquer visão adequada na etapa inicial. Já na etapa final, as visões consideradas inadequadas diminuíram e a visão que predominou foi a que compreendia teorias como tentativas de explicação de fenômenos e leis como relações entre fenômenos e/ou

grandezas, portanto, uma visão adequada. Esta mudança favorável pode ser atribuída à discussão explícita que foi realizada durante a disciplina sobre tais conceitos.

Sobre a questão das mudanças nas teorias científicas, a concepção predominante no início era mais limitada reconhecendo tais mudanças em função do acúmulo de novas observações e do uso de novas tecnologias. No final, houve uma redução desta visão com o aumento de visões mais interessantes reconhecendo as limitações das teorias ou a re-interpretação das mesmas como razões para tais mudanças. Portanto, isto pode significar um amadurecimento na compreensão dos estudantes e que pode ter sido influenciado pelas discussões feitas na disciplina quanto aos diferentes pontos de vista epistemológicos sobre determinadas teorias científicas.

Quanto à visão dos estudantes sobre o papel da criatividade e imaginação na ciência, a concepção que predominou nas duas etapas reconhecia a influência destes fatores, de natureza subjetiva, na produção científica. Na etapa inicial, apareceu uma visão ingênua que não reconhecia a presença de tais fatores, contudo, tal visão não apareceu na etapa final. Portanto, o reconhecimento da interferência de aspectos subjetivos na ciência não pareceu ser um ponto de dificuldade na compreensão dos estudantes.

Este mesmo aspecto da Natureza da Ciência, que foi tratado na oitava questão, reapareceu na nona questão levando às mesmas conclusões. Nesta última, os estudantes reconheceram a influência de fatores subjetivos para justificar a controvérsia entre diferentes teorias quando diante de um mesmo conjunto de dados. A questão do conflito entre diferentes teorias que foi tratada em alguns momentos da disciplina pode ter reforçado esta visão.

Sobre a influência de valores sócio-culturais na ciência foi percebido que a visão mais ingênua da ciência “livre de valores sócio-culturais” se reduziu consideravelmente, ao passo que visões mais maduras da ciência, sofrendo

impacto de tais valores, aumentaram levando, portanto, à conclusão de que parece ter havido um ganho na compreensão dos estudantes sobre esta questão. Este ganho pode encontrar uma justificativa nas discussões sobre a influência da Igreja, no século XVII enquanto instituição externa à ciência, na prática desta última.

Finalizando, pode-se concluir que:

- (i) Apesar da existência de um foco de resistência à mudança, parece ter havido, de um modo geral, um amadurecimento na compreensão dos estudantes que participaram da pesquisa acerca dos aspectos da Natureza da Ciência nela abordados;
- (ii) A abordagem contextual, segundo a qual foram tratados os conceitos da mecânica clássica na disciplina, parece ter influenciado em tal amadurecimento;
- (iii) Os instrumentos de coleta de dados usados – apesar de algumas falhas detectadas – bem como a metodologia adotada mostraram-se satisfatórios para que se pudesse cumprir os objetivos do presente trabalho;
- (iv) As conclusões (i) e (ii) apontam para a importância de uma abordagem contextual no aprimoramento das concepções sobre a Natureza da Ciência dos estudantes de física da UEFS que estiveram envolvidos neste trabalho.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABD-EL-KHALICK, F. **The Influence of History of Science Courses on Students' Conceptions of Nature of Science**. 1998. Unpublished doctoral dissertation. Oregon State University, Corvallis.
2. ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Improving Science Teachers' Conceptions of Nature of Science: a Critical Review of the Literature. **International Journal of Science Education**, [S.l.], v. 22, n. 7, p. 665-701, 2000a.
3. ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The Influence of History of Science Courses on Students' Views of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York: John Wiley & Sons, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000b.
4. ABRANTES, P. Problemas Metodológicos em Historiografia de Ciência. In: SILVA FILHO, W. J. (Org.). **Epistemologia e Ensino de Ciências**. Salvador: Arcádia, 2002. p. 51-91.
5. AKERSON, V. L.; ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. Influence of a Reflective Explicit Activity-Based Approach on Elementary Teachers' Conceptions of Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York: John Wiley & Sons, v. 37, p. 295-317, 2000.
6. BELL, R. et al. The Nature of Science and Science Education: A Bibliography. **Science & Education**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, v. 10, p. 187-204, 2001.

7. CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. O Currículo de Física: Inovações e Tendências nos Anos Noventa. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre: IF-UFRGS, v. 1, n. 1, abr. 1996. Disponível em: <www.ufrgs/ufrgs/>. Acesso em: 18 jun. 2002.
8. CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. History, Philosophy and Science Teaching: Some Answers to “How?”. **Science & Education**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, v. 9, p. 427-448, 2000.
9. CHALMERS, A. F. **O que é Ciência Afinal?** Tradução de Raul Fiker. 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1997. 2ª reimpressão.
10. CRUZ, F. F. S. (Coord.). Mesa-redonda: Influência da História da Ciência no Ensino de Física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, n. 5, p. 76-92, jun. 1988. Edição especial.
11. CUDMANI, L. C.; SANDOVAL, J. S. Cambios en las Concepciones de los Estudiantes sobre la Ciencia: Resultados de una Experiencia de Aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 106-113, mar. 2000.
12. FREIRE JR., O.; TENÓRIO, R. M. A Graduate Programme in History, Philosophy and Science Teaching in Brazil. **Science & Education**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, v. 10, n. 6, p. 601-608, 2001.
13. FRENCH, A. P. Setting New Directions in Physics Teaching: PSSC 30 Years Later. **Physics Today**, [S.l.], p. 30-34, sept. 1986.

14. HARRES, J. B. S. Uma Revisão de Pesquisas nas Concepções de Professores sobre a Natureza da Ciência e suas Implicações para o Ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre: IF-UFRGS, v. 4, n. 3, dez. 1999. Disponível em: < [www.ufrgs/ufrgs/](http://www.ufrgs/ufrgs/)>. Acesso em: 18 jun. 2002.
15. LEACH, J. et al. Epistemological Understanding in Science Learning: The Consistency of Representations Across Contexts. **Learning and Instruction**, [S.l.]: Elsevier Science, v. 10, n. 6, p. 497-527, 2000.
16. LEDERMAN, N. G. Students' and Teachers' Conceptions of the Nature of Science: A Review of the Research. **Journal of Research in Science Teaching**, New York: John Wiley & Sons, v. 29, n. 4, p. 331-359, 1992.
17. LEDERMAN, N. G. Teachers' Understanding of the Nature of Science and Classroom Practice: Factors That Facilitate or Impede the Relationship. **Journal of Research in Science Teaching**, New York: John Wiley & Sons, v. 36, p. 916-929, 1999.
18. LEDERMAN, N. G.; WADE, P. D.; BELL, R. L. Assessing the Nature of Science: What is the Nature of Our Assessments? **Science and Education**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, v. 7, p. 595-615, 1998.
19. LEDERMAN, N. G. et al. Preservice Teachers' Understanding and Teaching of the Nature of Science: An Intervention Study. **The Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education**. 2000a. In press.
20. LEDERMAN, N. G. et al. **Questionário: Visões da Natureza da Ciência (Modelo C) – VNOS (C)**. Tradução de Charbel Niño El-Hani. Salvador: IBUFBA, 2000b. Mimeografado. (Texto extraído de: ABD-EL-KHALICK, 1998 e LEDERMAN et al., 2000a).

21. LEWIS, J. L. **O Ensino da Física Escolar**. Tradução de Eduardo Saló. Lisboa: Editorial Estampa Ltda, 1976a. v. 1. Título original: Teaching School Physics.
22. LEWIS, J. L. **O Ensino da Física Escolar**. Tradução de Eduardo Saló. Lisboa: Editorial Estampa Ltda, 1976b. v. 3. Título original: Teaching School Physics.
23. LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.
24. MATTHEWS, M. R. **Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science**. New York: Routledge, 1994.
25. MATTHEWS, M. R. In Defense of Modest Goals When Teaching about the Nature of Science. **Journal of Research in Science Teaching**, New York: John Wiley & Sons, v. 35, n. 2, p. 161-174, 1998.
26. MOSS, D. M.; ABRAMS, E. D.; ROBB, J. Examining Student Conceptions of the Nature of Science. **International Journal of Science Education**, [S.l.], v. 23, n. 8, p. 771-790, 2001.
27. RUTHERFORD, F. J.; HOLTON, G.; WATSON, F. G. **Projecto Física – Unidade 1: Conceitos de Movimento – Texto e Manual de Experiências e Actividades**. Tradução de João Manuel Gaspar Caraça e Paulino Magalhães Corrêa. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1978.
28. RUTHERFORD, F. J.; AHLGREN, A. **Ciência para Todos**. Tradução de Catarina Caldeira Martins. Lisboa: Gradiva, 1995. Título original: Science for All Americans.

29. RUTHERFORD, F. J. Fostering the History of Science in American Science Education. In: CONFERENCE SCIENCE AS CULTURE – INTERNATIONAL CONFERENCE ON HISTORY, PHILOSOPHY, AND SCIENCE TEACHING, 1999, Como - Pavia, Itália.
30. RYAN, A. G.; AIKENHEAD, G. S. Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. **Science Education**, New York: John Wiley & Sons, v. 76, n. 6, p. 559-580, 1992.
31. SEROGLU, F.; KOUMARAS, P. The Contribution of the History of Physics in Physics Education: A Review. **Science & Education**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, v. 10, p. 153-172, 2001.
32. SOLOMON, J. et al. Teaching About the Nature of Science Through History: Action Research in the Classroom. **Journal of Research in Science Teaching**, New York: John Wiley & Sons, v. 29, n. 4, p. 409-421, 1992.
33. TEIXEIRA, E. S. Mersenne e as Cordas Vibrantes. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 11., 1995, Niterói. **Resumos...** Niterói: UFF, SBF, 1995. p. 11-12.
34. TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR., O. A Ciência Galileana: uma Ilustre Desconhecida. In: ENCONTRO DE FÍSICOS DO NORTE E NORDESTE, 14., 1996, Aracaju. **Programa e Resumos...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Física, 1996. p. 39-40.
35. TEIXEIRA, E. S.; FREIRE JR., O. A Ciência Galileana: uma Ilustre Desconhecida. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 16, n. 1, p. 35-42, abr. 1999.

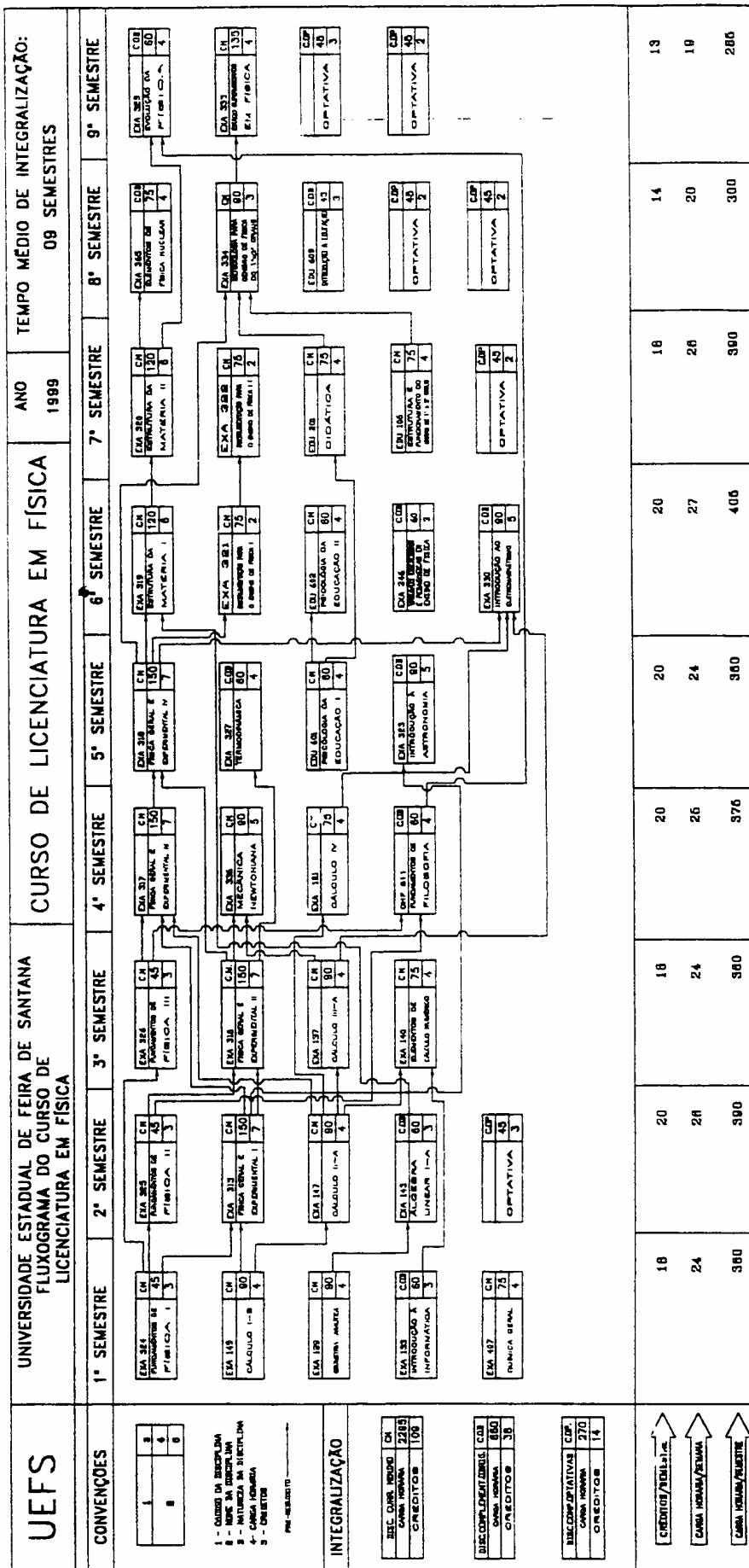
36. TEIXEIRA, E. S. **Quem foi Galileo Afinal?** 2001. 15f. Monografia da Disciplina 'Introdução à História das Ciências' (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia/Universidade Estadual de Feira de Santana, Salvador.
37. TEIXEIRA, E. S.; EL-HANI, C. N.; FREIRE JR., O. Concepções de Estudantes de Física sobre a Natureza da Ciência e sua Transformação por uma Abordagem Contextual do Ensino de Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, [S.l.], v. 1, n. 3, p. 111-123, set./dez. 2001.
38. WANG, H. A.; SCHMIDT, W. H. History, Philosophy and Sociology of Science in Science Education: Results from the Third International Mathematics and Science Study. **Science & Education**, Netherlands: Kluwer Academic Publishers, v. 10, p. 51-70, 2001.

## **ANEXOS**

## **ANEXO A**

### **Fluxogramas do Curso de Física da UEFS (Licenciatura e Bacharelado)**





**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**  
FLUXOGRAMA DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

**ANO 1989**

**TEMPO MÉDIO DE INTEGRALIZAÇÃO: 08 SEMESTRES**

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E FÍSICAS - CUF

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO - DEJ

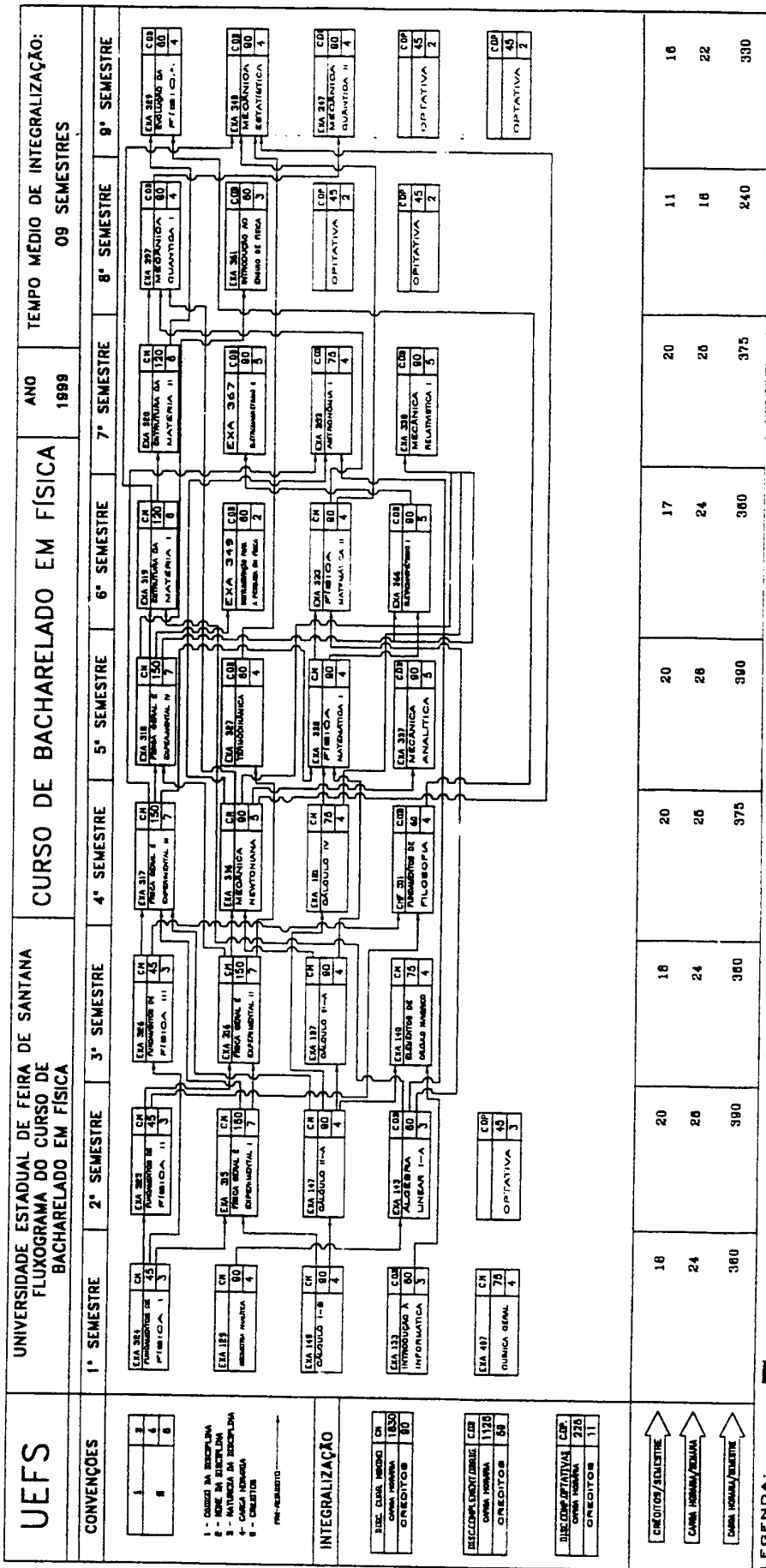
DEPARTAMENTO DE EXATAS - EXA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E QUÍMICA - CUF

- CONVENÇÕES**
- 1 - CURSO DE LICENCIATURA
  - 2 - MAT. DE LICENCIATURA
  - 3 - MAT. DE LICENCIATURA
  - 4 - CARGA HORÁRIA
  - 5 - CREDITOS
- INTEGRALIZAÇÃO**
- |     |    |      |
|-----|----|------|
| 18  | CN | 2245 |
| 24  | CN | 660  |
| 360 | CN | 1108 |
- |     |    |     |
|-----|----|-----|
| 18  | CN | 660 |
| 24  | CN | 75  |
| 360 | CN | 38  |
- |     |    |     |
|-----|----|-----|
| 18  | CN | 660 |
| 24  | CN | 75  |
| 360 | CN | 38  |

**LEGENDA:**

- ↑ CREDITOS/REQUISITO
- ↑ CARGA HORÁRIA/REQUISITO
- ↑ CARGA HORÁRIA/SEMESTRE



DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E FLORESTAS - CH

DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS - CH

MATERIAS OPTATIVAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA E QUÍMICA

Curso Ad200 II - Curso de Física e Quím.

## **ANEXO B**

**Prova da Disciplina 'Fundamentos de Física I' (2000.2)**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
DISCIPLINA: FUNDAMENTOS DE FÍSICA - I  
PROFESSOR: ELDER SALES TEIXEIRA  
ESTUDANTE: \_\_\_\_\_  
DATA: \_\_\_\_\_

PROVA (2000.2)

1. No século XVII, um dos problemas sobre o qual havia divergência de opiniões entre os aristotélicos e Galileo era o seguinte: se um navio está em movimento retilíneo e uniforme e uma pedra for abandonada do alto do mastro, onde ela irá cair? Explique como essas duas correntes de pensamento acima citadas respondiam a esta questão e qual idéia central cada uma delas queria justificar com sua resposta.

2. Explique DETALHADAMENTE os conceitos de movimento, bem como as contribuições mais relevantes para a Física, dos escolásticos do período medieval.

3. Explique, DETALHADAMENTE, a interpretação de cada uma das três principais correntes de pensamento acerca da obra de Galileo.

4. As figuras abaixo representam dois recipientes, contendo fluidos (indicados nas figuras).  $V_1$ , e  $V_2$  representam as velocidades das bolinhas 1 e 2 que serão soltas ao mesmo tempo e à mesma altura nos recipientes.  $R_1$  e  $R_2$  são as respectivas resistências oferecidas pelos fluidos.  $F_1$  e  $F_2$  serão as forças exercidas sobre as bolinhas, cujas massas são  $M_1$  e  $M_2$ . Leia atentamente e faça uma DETALHADA discussão sobre cada uma das afirmativas abaixo justificando-as conforme as idéias aristotélicas de movimento (obs. as respostas só terão validade se estiverem, além de corretas, muito bem justificadas).

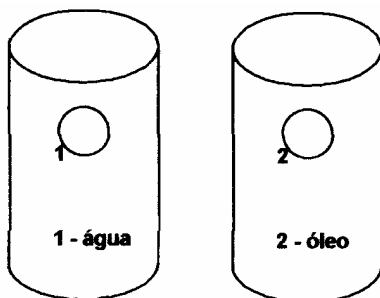


Fig. 1

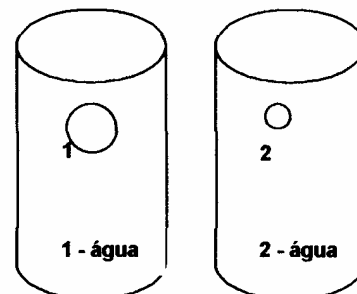


Fig. 2

- (a) Na fig. 1,  $M_1 = M_2$ ,  $R_1 < R_2$ . Segundo as idéias de Anstóteles é correto afirmar que  $V_2 = V_1$ .  
(b) Na fig. 2,  $M_1 > M_2$ ,  $R_1 = R_2$ . Segundo as idéias de Aristóteles é correto afirmar que  $F_1 > F_2$ ,  $V_1 > V_2$ , logo  $V \propto F$ .  
(c) Ambas as afirmativas acima são anacrônicas.  
(d) Segundo as idéias de Aristóteles a velocidade dos corpos é tão maior quanto maior for sua massa. Sendo assim a velocidade da Terra será bem maior que a dos objetos sobre ela, uma vez que sua massa é bem maior que a destes.  
(e) O vácuo é impossível porque senão a velocidade dos corpos seria infinita.

## **ANEXO C**

### **Programa da Disciplina 'Fundamentos de Física I'**

GOVERNO DO ESTADO DA BAHIA  
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

UEFS	PRÓ-REITORIA ENSINO E GRADUAÇÃO DEPARTAMENTO DE FÍSICA	PROGRAMA DE DISCIPLINA
------	-----------------------------------------------------------	------------------------

CÓDIGO FIS-800	DISCIPLINA FUNDAMENTOS DE FÍSICA I	REQUISITOS NÃO TEM
-------------------	---------------------------------------	-----------------------

<b>CARGA HORÁRIA</b> T 45 P 00 E 00 TOTAL 45	<b>CRÉDITOS</b> T 03 P 00 E 00 TOTAL 03	PROFESSOR DA DISCIPLINA ELDER SALES TEIXEIRA
----------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------	-------------------------------------------------

<b>EMENTA</b>	Discussão das Leis dos Movimentos dos Corpos, das Leis de Conservação da Energia e da Quantidade de Movimento, nos aspectos essencialmente conceituais.
---------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>OBJETIVOS</b>	O curso deverá propiciar, ao aluno, um conhecimento dos conceitos acerca da Mecânica Clássica (as Leis do Movimento e Conservação) no que diz respeito ao seu desenvolvimento histórico e epistemológico.
------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>METODOLOGIA</b>	Sugestões: as aulas de exposição e discussão dos temas contidos no conteúdo programático, sendo que os textos referentes a estes deverão ser entregues aos alunos com antecedência; exibição de filmes; utilização de experimentos de demonstração.
--------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<b>AVALIAÇÃO</b>	Seminários proferidos pelos alunos sobre os temas discutidos; prova escrita em forma de dissertação sobre os mesmos; participação dos alunos nas aulas.
------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## CONTEÚDO PROGRAMÁTICO

### Cosmologia e a Física Aristotélicas

- O Modelo Cosmológico de Aristóteles
- Os Mundos Supra e Sub-lunar
- A Concepção do éter associado à Perfeição do Mundo Supra-Lunar
- A Idéia dos Quatro Elementos (Terra, Água, Ar e Fogo) associados ao Mundo Sub-lunar
- Movimentos Naturais e Movimentos Violentos
- A Idéia da busca do “lugar natural” como causa dos Movimentos Naturais
- A Noção de força com causa dos Movimentos Violentos
- A Forma de Produção de Conhecimento Aristotélica baseada na observação dos Fenômenos e no Senso Comum e a Negação da Experimentação da Matematização dos Fenômenos Físicos
- A Preocupação com a Essência das Coisas e com as suas Causas Finais.

### A Física e a Cosmologia de Ptolomeu a Copérnico

- O Modelo Astronômico de Ptolomeu
- O Esquecimento das Obras Científicas Gregas pelo Império Romano
- A Expansão Árabe e o Resgate das Obras de Aristóteles e Ptolomeu
- A Chegada das Obras Islamizadas de Aristóteles e Ptolomeu ao Mundo Ocidental
- A Física e a Astronomia na Idade Média
- O Papel da Igreja Católica (Faz-se necessária a exibição do Filme “O Nome da Rosa”, baseado no Livro de Umberto Ecco)
- O Papel das Escolas de Oxford e de Paris (Os Primeiros Passos na Tentativa de Matematizar Conceitos Físicos)
- O Modelo Heliocêntrico de Copérnico

### A Revolução Científica do Século XVII

- Galileo e a defesa do Modelo Copernicano
- Os Primeiros passos para a Unificação da Física com a Cosmologia
- A ruptura com o Aristotelismo sob o Aspecto Conceitual (Os novos conceitos acerca do Movimento em contraposição aos Conceitos Aristotélicos)
- A ruptura com o Aristotelismo sob o aspecto metodológico (A nova Metodologia introduzida por Galileo através da Matematização e da Experimentação)
- As diferentes interpretações sobre o Método de Produção do Conhecimento Galileano (Os Empiristas, o Racionalista e os Experimentalistas)

- As implicações da Revolução Científica para a Ciência e para a Sociedade (Desenvolvimento de Novos Ramos do Conhecimento Científico a partir do Novo Método de Produção, Mudança da Concepção do Universo, Advento da Tecnologia etc.)

#### O Estudo do Movimento segundo Galileo

- Movimento Uniforme (Sua definição e seus Teoremas, estabelecidos com o uso da Geometria)
- O Movimento Uniformemente Acelerado (Sua definição e seus Teoremas, a Correspondência da queda dos corpos com este tipo de Movimento, a Experiência do Plano Inclinado)
- Os Movimentos dos Projéteis (A Independência dos Movimentos de um Corpo)
- O Conceito de Inércia

#### O Estudo do Movimento Segundo Newton

- As Definições que precedem as três leis, nos “princípios”
- A Primeira Lei de Newton (Os Referenciais inerciais)
- A Segunda Lei, a partir da Definição de Momento (O entendimento de que esta Lei não é uma mera Definição de Força, mas uma Espécie de Programa para a Física Clássica: encontrar as Leis de Forças correspondentes a todas as interações possíveis)
- A Terceira Lei e a Conservação do Momento
- O Conceito de Espaço e Tempo Absolutos
- As Leis de Kepler e a Lei da Gravitação Universal

#### A Crítica de Mach à Inércia de Newton

- Identidade entre Massa Inercial e Massa Gravitacional
- Forças de Inércia
- O Princípio de Mach (A Experiência do Balde Girante)



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. KOYRE, Alexandre. Estudos de História do Pensamento Científico. Ed. Universidade de Brasília, Brasília, 1982.
2. TEIXEIRA, Elder Sales. Galileo: Vida, Obra, Método e Revolução (Monografia). Instituto Física-UFBA, 1996.
3. GALILEI, Galileo. Discursos Sobre as Duas Novas Ciências. Ed. Nova Stella, São Paulo, 1988.
4. BASSALO, José Maria. Crônicas da Física.
5. NEWTON, Isaac. Princípios Matemáticos da Filosofia Natural. Ed. Nova Cultural , São Paulo, 1987.
6. NUSSENZVEIG, Moysés. Curso de Física Básica. Ed. Edgard Blücher, São Paulo, 1988.
7. THUILLIER, Pierre. De Arquimedes a Einstein: A Face Oculta da Investigação Científica. Ed. Jorge Zahar, Rio de Janeiro, 1994.
8. LUCIE, Pierre. Física Básica. Vol. 1. Fundação Cesgranrio, Rio de Janeiro, 1975.

Obs.: Devido a mudanças de códigos do Departamento de Física, a Disciplina Fundamentos de Física - I (EXA 324), será oferecida com o código FIS 800.

## **ANEXO D**

### **Sistema de Avaliação da UEFS**

Art. 49 – O ensino das disciplinas do currículo mínimo não deverá ocupar mais de 75% nem menos de 50% do tempo útil determinado para a duração de cada curso.

#### SECÇÃO IV PLANEJAMENTO DO ENSINO E SUA EXECUÇÃO

Art. 50 – Ao Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão, compete indicar as linhas mestras dos programas de ensino, considerando, quanto aos períodos letivos, o disposto no artigo 107 deste regimento.

Parágrafo único – O plano de ensino disporá, no mínimo, sobre os objetivos de cada disciplina, e material necessário à metodologia requerida, bem como as principais referências bibliográficas.

Art. 51 – O Programa de cada disciplina e o seu plano de execução serão elaborados pelo respectivo professor ou grupo de professores por ele responsáveis.

§ 1º – Os programas e planos das várias disciplinas do curso serão elaborados de acordo com as diretrizes estabelecidas pelo Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão, e os princípios formulados pelo Conselho Universitário, e encaminhados ao Conselho de Departamentos até o dia 15 de dezembro de cada ano, para a aprovação.

§ 2º – A aprovação do programa e do plano de ensino de cada disciplina deverá ocorrer no prazo de 30 dias a contar do seu recebimento.

§ 3º – É obrigatório o cumprimento do programa e do plano de ensino de cada disciplina, nos termos em que os mesmos forem aprovados pelo Conselho do Departamento.

#### SECÇÃO V VERIFICAÇÃO DA APRENDIZAGEM

Art. 52 – Para efeito de avaliação qualitativa dos créditos obtidos, serão adotados os seguintes conceitos, com os respectivos símbolos:

- a) Sem Rendimento (SR)
- b) Insuficiente (IN)
- c) Médio Inferior (MI)
- d) Médio (MM)
- e) Médio Superior (MS)
- f) Superior (SS)

§ 1º – A cada verificação de aprendizagem o professor atribui ao aluno um dos conceitos mencionados neste artigo, tendo em vista o aproveitamento 9k por ele demonstrado.

§ 2º – O conceito final do aluno em cada disciplina será a média dos conceitos obtidos nas verificações sucessivas da aprendizagem, de acordo com a tabela anexa ao presente regimento.

Art. 53 – A verificação da aprendizagem será feita por período letivo, compreendendo obrigatoriamente:

I – apuração da frequência mínima de 75% à aulas, nelas compreendidos os exercícios, trabalhos práticos e estágios supervisionados, conforme a disciplina;

II – determinação dos conceitos obtidos nos exercícios, trabalhos práticos e estágios supervisionados;

III – determinação dos conceitos obtidos nas provas escritas de verificação.

Art. 54 – Durante o período letivo o professor da disciplina atendido ao disposto nos artigos 52 e 53, lançará no diário de classe 2 (dois) conceitos, sendo um correspondente à primeira e o outro à segunda metade do período.

Art. 55 – Até 10 (dez) dias após a conclusão do período letivo, haverá prova final de verificação, cujo resultado se lançará no Diário de Classe para efeito de obtenção do conceito final definido no § 2º artigo 52.

§ 1º – Não poderá realizar a prova final e de logo fica considerado reprovado na disciplina, o aluno que não tiver comparecido no mínimo, a 75% das aulas da respectiva disciplina, ressalvados os casos de gestação e de doença prevista pela legislação específica.

§ 2º – A prova final de verificação será escrita e incluirá assuntos de unidades diversas do respectivo programa procurando obter o máximo de extensão na verificação da aprendizagem.

§ 3º – Será dispensado da prova final de verificação o aluno que obtiver conceito igual ou superior a MS em cada uma das verificações previstas nos artigos 53, inciso III e 54 e tenha comparecido, no mínimo, a 75% das aulas da respectiva disciplina.

Art. 56 – É considerado habilitado na disciplina o aluno que houver obtido conceito final igual ou superior a MM e comparecido, no mínimo, a 75% das aulas da respectiva disciplina.

Art. 57 – Haverá segunda chamada de prova escrita de verificação para o aluno que faltar por motivo de:

- a) condições especiais de saúde, comprovadas por atestado fornecido pelo Serviço Médico da Universidade;
- b) luto, por falecimento de pai, mãe, irmão, filho ou cônjuge e parentes afins, até o 2º grau.

§ 1º – Afora os motivos enumerados no artigo, outros decorrentes de casos fortuitos ou de força maior, poderão ser considerados pelo Colegiado de Cursos.

§ 2º – A segunda chamada da prova escrita, final, a que se refere o Artigo 55, será requerida ao Colegiado de curso, no prazo máximo de 48 (quarenta e oito) horas a contar da data da prova de verificação, cabendo recursos para o Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão em caso de indeferimento, por ofensa a norma expressa da lei, ou deste Regimento.

§ 3º – O requerimento para a segunda chamada, em qualquer caso, poderá ser feito pelo aluno ou, quando comprovado impedimento seu, por terceiro interessado.

Art. 58 – Será atribuído conceito SR ao aluno que:

- a) faltar, injustificadamente, a qualquer das verificações;
- b) não comparecer a segunda chamada mesmo estando inscrito;
- c) abandonar o curso na hipótese prevista na alínea “b” do § 1º deste artigo.

§ 1º – Considera-se abandono:

- a) a não efetivação da matrícula nos prazos fixados pela Universidade;
- b) a ausência do aluno regularmente matriculado, a todos os trabalhos escolares.

§ 2º – No histórico escolar do estudante, na hipótese de reprovação por insuficiência de frequência, a Secretaria Geral de Curso fará constar o símbolo RPF, indicador de reprovação por faltas.

§ 3º – O abandono de três semestres consecutivos, mesmo com a ocorrência de matrícula, importará no cancelamento definitivo do vínculo do estudante com a Universidade.

## SECÇÃO VI CONCURSO VESTIBULAR

Art. 59 – O acesso à Universidade, para os candidatos aos cursos de graduação, será feito por meio de Concurso Vestibular, de acordo com o previsto nesse Regimento e normas complementares baixadas pelo Conselho Superior de Ensino, Pesquisa e Extensão.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
TABELA DE MÉDIAS DE CONCEITOS

SR + SR + SR = SR  
 SR + SR + IN = SR  
 SR + SR + MI = IN  
 SR + SR + MM = IN  
 SR + SR + MS = IN  
 SR + SR + S = MI  
 SR + IN + IN = IN  
 SR + IN + MI = IN  
 SR + IN + MM = IN  
 SR + IN + MS = MI  
 SR + IN + S = MI  
 SR + MI + MI = IN  
 SR + MI + MM = MI  
 SR + MI + MS = MI  
 SR + MI + S = MI  
 SR + MM + MM = MI  
 SR + MM + MS = MI  
 SR + MM + S = MM  
 SR + MS + MS = MM  
 SR + MS + S = MM  
 SR + S + S = MM

---

IN + IN + IN = IN  
 IN + IN + MI = IN  
 IN + IN + MM = MI  
 IN + IN + MS = MI  
 IN + IN + S = MI  
 IN + MI + MI = MI  
 IN + MI + MM = MI  
 IN + MI + MS = MI  
 IN + MI + S = MM  
 IN + MM + MM = MI  
 IN + MM + MS = MM  
 IN + MM + S = MM  
 IN + MS + MS = MM  
 IN + MS + S = MM  
 IN + S + S = MS

MI + MI + MI = MI  
 MI + MI + MM = MI  
 MI + MI + MS = MM  
 MI + MI + S = MM  
 MI + MM + MM = MM  
 MI + MM + MS = MM  
 MI + MM + S = MM  
 MI + MS + MS = MM  
 MI + MS + S = MS  
 MI + S + S = MS

---

MM + MM + MM = MM  
 MM + MM + MS = MM  
 MM + MM + S = MS  
 MM + MS + MS = MS  
 MM + MS + S = MS  
 MM + S + S = MS

---

MS + MS + MS = MS  
 MS + MS + S = MS  
 MS + S + S = S

---

S + S + S = S

Alterado através da RESOLUÇÃO CONSU 03/88, de 19.12.88.

## **ANEXO E**

### **Planejamento da Disciplina 'Fundamentos de Física I' (2000.2)**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO: LICENCIATURA E BACHARELADO EM FÍSICA  
DISCIPLINA: FUNDAMENTOS DE FÍSICA - I  
PROF.: ELDER SALES TEIXEIRA  
PLANEJAMENTO (2000.2)

1. APRESENTAÇÃO DA DISCIPLINA

2. A COSMOLOGIA E A FÍSICA ARISTOTÉLICAS

TEXTOS: PIERRE LUCIE - FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, FUND. CESGRANRIO, RIO DE JANEIRO, 1975, PP. 19-25.

LUIZ O. Q. PEDUZZI - FÍSICA ARISTOTÉLICA: POR QUE NÃO CONSIDERÁ-LA NO ENSINO DA MECÂNICA?. CADERNO CATARINENSE DE ENSINO DE FÍSICA. VOL. 13. Nº 01 ABRIL 1996. PP. 48-63.

ARMANDO GIBERT - ORIGENS HISTÓRICAS DA FÍSICA MODERNA. FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN. LISBOA. CAP.06. 1982.

3. DE ARISTÓTELES A COPÉRNICO

TEXTOS: PIERRE LUCIE - FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, FUND. CESGRANRIO, RIO DE JANEIRO, 1975, PP. 39-46.

ARMANDO GIBERT - ORIGENS HISTÓRICAS DA FÍSICA MODERNA. FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN. LISBOA. CAP.06. 1982.

4. A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA DO SÉCULO XVII

TEXTOS: ALEXANDRE KOYRÉ - ESTUDOS DE HISTÓRIA DO PENSAMENTO CIENTÍFICO, ED. UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, BRASÍLIA, 1982, PP. 181 -1 96.

PIERRE THUILLIER - DE ARQUIMEDES A EINSTEIN: A FACE OCULTA DA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA, TR. M<sup>A</sup> INÊS DUQUE-ESTRADA, ED. JORGE ZAHAR, RIO DE JANEIRO, 1994, PP. 115-145.

ARMANDO GIBERT - ORIGENS HISTÓRICAS DA FÍSICA MODERNA. FUNDAÇÃO CALOUSTE GULBENKIAN. LISBOA. CAP.06. 1982.

ELDER SALES TEIXEIRA - GALILEO: VIDA, OBRA, MÉTODO E REVOLUÇÃO (MONOGRAFIA), INSTITUTO DE FÍSICA - UFBA, 1996.

5. GALILEO: MOVIMENTO UNIFORME E A QUEDA DOS CORPOS

TEXTOS: MOYSÉS NUSSENZVEIG - CURSO DE FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, ED. EDGARD BLÜCHER, SÃO PAULO, 1981, PP. 61-67.

GALILEO GALILEI - DISCURSOS SOBRE AS DUAS NOVAS CIÊNCIAS, TR. L. MARICONDA E P. R. MARICONDA, ED. NOVA STELLA, SÃO PAULO. 1988 PR 153-172

6. REALIZAÇÃO E DISCUSSÃO DO EXPERIMENTO DO PÊNDULO SIMPLES

7. O CONCEITO DE INÉRCIA DE GALILEO

TEXTO: MOYSÉS NUSSENZVEIG - CURSO DE FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, ED. EDGARD BLÜCHER, PP. 106-111.



8. PROVA
9. NEWTON E AS LEIS DO MOVIMENTO  
TEXTOS: PIERRE LUCIE - FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, FUND. CESGRANRIO, RIO DE JANEIRO, 1975.  
MOYSÉS NUSSENZVEIG - CURSO DE FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, ED. EDGARD BLUCHER, SÃO PAULO, 1981.
10. NEWTON E AS LEIS DO MOVIMENTO (2ª PARTE)  
TEXTOS: OS MESMOS ANTERIORES
11. A 3ª LEI E A CONSERVAÇÃO DO MOMENTO  
TEXTOS: MOYSÉS NUSSENZVEIG - CURSO DE FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, ED. EDGARD BLÜCHER, SÃO PAULO, 1981.  
RENÉ DESCARTES - PRINCÍPIOS DA FILOSOFIA, TRADUÇÃO: JOÃO GAMA, EDIÇÕES 70, LISBOA, 1997.
12. O ESPAÇO E O TEMPO ABSOLUTOS DE NEWTON  
TEXTOS: ISAAC NEWTON - PRINCÍPIOS MATEMÁTICOS DA FILOSOFIA NATURAL, TR. C. L. DE MATTOS E P. R. MARICONDA, OS PENSADORES, ED. NOVA CULTURAL, SÃO PAULO, 1987, PP. 151-161.  
ANDRÉ KOCH TORRES ASSIS - UMA NOVA FÍSICA. ED. PERSPECTIVA, SÃO PAULO, 1999.
13. AS LEIS DE KEPLER E A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL DE NEWTON  
TEXTOS: PIERRE LUCIE - FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, FUND. CESGRANRIO, RIO DE JANEIRO, 1975, PP. 315-355.  
MOYSÉS NUSSENZVEIG - CURSO DE FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, ED. EDGARD BLÜCHER, SÃO PAULO, 1981, PP. 312-318.
14. MACH: UMA CRÍTICA À INÉRCIA DE NEWTON  
TEXTOS: MOYSÉS NUSSENZVEIG - CURSO DE FÍSICA BÁSICA, VOL. 1, ED. EDGARD BLÜCHER, SÃO PAULO, 1981, PP. 504-507.  
JOSÉ MARIA BASSALO - CRÔNICAS DA FÍSICA, TOMO 3, ED. UNIVERSITÁRIA UFPA, BELÉM, 1991, PP. 972-974.  
ANDRÉ KOCH TORRES ASSIS - UMA NOVA FÍSICA. ED. PERSPECTIVA, SÃO PAULO, 1999.
15. TRABALHO

## **ANEXO F**

### **Questionário VNOS-C**

## Questionário Visões da Natureza da Ciência (modelo C)

### VNOS (C)

Nome: \_\_\_\_\_

Data: / /

#### Instruções

- Por favor, responda cada uma das seguintes questões. Inclua exemplos relevantes sempre que possível. Você pode usar o verso de uma página se necessitar de mais espaço.
- Não há respostas “certas” ou “erradas” para as seguintes questões. Nós estamos interessados apenas em sua opinião sobre um conjunto de questões acerca da ciência.

1. Na sua visão, o que é ciência? O que torna a ciência (ou uma disciplina científica como a física, a biologia etc.) diferente de outras formas de investigação (por exemplo, religião, filosofia)?

*Nota: Os comentários entre colchetes não são parte do questionário.*

*[Essa questão busca avaliar as visões dos respondentes acerca da ciência como uma disciplina que aborda questões sobre o mundo natural, do papel da ciência na proposição de explicações para os fenômenos naturais e do papel que a evidência empírica desempenha na ciência, separando-a de outras “formas de conhecimento”. As respostas a esta questão frequentemente revelam uma concepção equivocada comum a respeito do uso do “Método científico” por cujo intermédio o conhecimento é descoberto. Esta visão é frequentemente apresentada como uma explicação acerca da maneira como a ciência difere de outras formas de investigação].*

2. O que é um experimento?

3. O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos?

- Se sim, explique por que. Dê um exemplo para defender sua posição.
- Se não, explique por que. Dê um exemplo para defender sua posição.

*[Questões #2 e #3 são usadas em conjunto para avaliar as visões dos respondentes acerca dos processos investigativos na ciência. A questão #3 suscita respostas concernentes à existência de múltiplos métodos de investigação (tais como experimentação envolvendo variáveis controladas, estudos de correlação e investigações descritivas) que não seguem todos o “Método Científico” tradicional ou um conjunto de passos lógicos preestabelecidos que requerem uma hipótese testável. Respostas à questão #2 esclarecem as idéias de “experimento” dos respondentes, na medida em que este termo freqüentemente é definido de maneiras diferentes. A questão #3 é então interpretada em relação à descrição fornecida de “experimento”. A questão #3 também pode suscitar visões acerca subjetividade e da criatividade na ciência].*

4. Livros-texto de ciência freqüentemente representam o átomo como um núcleo central composto de prótons (partículas carregadas positivamente) e nêutrons (partículas neutras), com elétrons (partículas carregadas negativamente) orbitando ao redor daquele núcleo. Qual o grau de certeza que os cientistas têm acerca da estrutura do átomo? Que evidência específica, ou tipos de evidência, você pensa que os cientistas utilizaram para determinar com que um átomo se parece?

*[Essa questão orienta os respondentes para um conceito das ciências físicas para avaliar suas compreensões do papel da inferência e criatividade humanas no desenvolvimento de explicações e modelos científicos baseados nos dados disponíveis, bem como da noção de que modelos científicos não são cópias da realidade].*

5. Há uma diferença entre uma teoria científica e uma lei científica? Ilustre sua resposta com um exemplo.

*[Essa questão avalia as visões dos respondentes acerca do desenvolvimento de, e da relação entre, teorias e leis científicas. A concepção equivocada comum da existência de uma relação hierárquica entre teorias e leis é freqüentemente revelada. Essa concepção equivocada é apresentada através da explicação de uma progressão da teoria para a lei científica com o acúmulo de cada vez mais evidência até que a teoria é “comprovada verdadeira” , quando se torna uma lei. Visões concernentes a distinções entre observação e inferência também são freqüentemente suscitadas. Idéias adicionais são freqüentemente expressas pelos respondentes, à medida que eles tentam descrever as diferenças entre teorias e leis científicas].*

6. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), a teoria pode transformar-se?
- Se você acredita que as teorias científicas não mudam, explique por que. Defenda sua resposta com exemplos.
  - Se você acredita que as teorias científicas de fato mudam:
    - (a) Explique por que as teorias mudam.
    - (b) Explique por que nós nos preocupamos em aprender teorias científicas. Defenda sua resposta com exemplos.

*[Essa questão avalia a compreensão dos respondentes acerca da natureza tentativa das teorias científicas e das razões pelas quais a ciência é tentativa. Os respondentes freqüentemente atribuem a mudança apenas ao acúmulo de novas observações ou novos dados e/ou ao desenvolvimento de novas tecnologias, e eles não consideram mudanças que resultam de reinterpretação de dados existentes de uma perspectiva diferente. Visões da natureza dependente de teorias das investigações científicas, a noção de que as teorias dominantes de uma época influenciam a direção, a condução e a interpretação*

*das investigações científicas, são avaliadas através da explicação do papel das teorias na ciência. Além disso, as respostas freqüentemente indicam visões do papel da subjetividade, criatividade, inferência e da inserção sócio-cultural da empreitada científica, bem como da natureza interdependente destes aspectos].*

7. Livros-texto de ciências definem uma espécie como um grupo de organismos que compartilham características similares e podem cruzar uns com os outros produzindo filhos férteis. Qual o grau de certeza que os cientistas têm acerca de sua caracterização do que é uma espécie? Que evidência específica você pensa que os cientistas utilizaram para determinar o que é uma espécie?

*[Essa questão orienta os respondentes para um conceito das ciências biológicas visando à avaliação de sua compreensão do papel da inferência, criatividade e subjetividade humanas na ciência. As respostas desejadas descrevem a idéia de que 'espécie' é definida por cientistas para explicar relações observadas e inferidas e que as definições bem como os conceitos da ciência são criados por cientistas para serem úteis para seu trabalho. Além disso, essa questão suscita respostas concernentes ao papel dos modelos na ciência e à idéia de que modelos científicos não são cópias da realidade].*

8. Os cientistas realizam experimentos/investigações científicas quando estão tentando encontrar respostas para as questões que eles propuseram. Os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações?
- Se sim, então em que estágios das investigações você acredita que os cientistas utilizam sua imaginação e criatividade: projeto e planejamento; coleta de dados; após a coleta de dados? Por favor, explique por que os cientistas usam a imaginação e a criatividade. Forneça exemplos se for apropriado.
  - Se você acredita que cientistas não usam a imaginação e a criatividade, por favor explique por que. Forneça exemplos se for apropriado.

*[A questão avalia as visões dos respondentes sobre o papel da criatividade e imaginação humanas na ciência, bem como as fases das investigações científicas nas quais os respondentes acreditam que esses aspectos desempenham um papel. Frequentemente, a criatividade é descrita em relação ao planejamento apenas e usualmente no que diz respeito à engenhosidade necessária para propor e conduzir investigações (tal como o projeto de novos métodos de captura no campo). É menos provável que os respondentes reconheçam o papel da criatividade no desenvolvimento de questões, análise de dados, e interpretação de dados. Idéias de “descobertas” versus “padrões criados” são suscitadas].*

9. Acredita-se que há cerca de 65 milhões de anos os dinossauros se extinguiram. Entre as hipóteses formuladas pelos cientistas para explicar a extinção, duas gozam de maior apoio. A primeira, formulada por um grupo de cientistas, sugere que um imenso meteorito atingiu a Terra há 65 milhões de anos e acarretou uma série de eventos que causou a extinção. A segunda hipótese, formulada por um outro grupo de cientistas, sugere que grandes e violentas erupções vulcânicas foram responsáveis pela extinção. Como essas conclusões diferentes são possíveis se os cientistas de ambos os grupos tiveram acesso a e utilizaram o mesmo conjunto de dados para obter suas conclusões?

*[Essa questão avalia a compreensão dos respondentes das razões para a controvérsia na ciência quando cientistas utilizam os mesmos dados disponíveis. Idéias de subjetividade, inferência, criatividade, influências sociais e culturais e natureza tentativa são frequentemente suscitadas. A questão busca avaliar as crenças dos respondentes acerca do que influencia a interpretação dos dados, incluindo preferências e vieses pessoais (subjetividade pessoal), diferentes compromissos teóricos e impactos de valores sociais e culturais].*

10. Algumas pessoas afirmam que a ciência é impregnada por valores sociais e culturais. Isto é, a ciência reflete os valores sociais e políticos, as suposições filosóficas e as normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Outras pessoas afirmam que a ciência é universal. Isto é, a ciência transcende as fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos e pelas normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada.

- Se você acredita que a ciência reflete valores sociais e culturais, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos.
- Se você acredita que a ciência é universal, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos.

*[Essa questão avalia as visões dos respondentes sobre o impacto de valores e expectativas sociais e culturais sobre a empreitada científica. Visões ingênuas são freqüentemente indicadas por respostas que descrevem a ciência como “livre de valores” e afirmam que diferentes culturas e sistemas de crenças não afetam a maneira como a ciência é conduzida ou a interpretação ou o uso do conhecimento científico. Visões das conexões entre influências sócio-culturais sobre a ciência e a subjetividade, a criatividade, a inferência e a natureza tentativa da ciência são freqüentemente suscitadas].*



Aspectos e descrições da NOS que servem como base para a avaliação das respostas ao VNOS

Aspecto	Descrição
Natureza tentativa ( <i>Tentativeness</i> )	O conhecimento científico está sujeito a mudança com novas observações e com reinterpretações de observações existentes. Todos os outros aspectos da NOS fornecem uma base racional para a natureza tentativa do conhecimento científico.
Base empírica	O conhecimento científico é baseado em e/ou derivado de observações do mundo natural.
Subjetividade	A ciência é influenciada e orientada pelas teorias e leis científicas aceitas no presente. O desenvolvimento de questões, investigações e interpretações de dados é filtrado através das lentes da teoria atual. Esta é uma subjetividade inevitável que permite que a ciência progrida e permaneça consistente, bem como contribui para a mudança na ciência quando a evidência anterior é examinada da perspectiva do novo conhecimento. A subjetividade pessoal também é inevitável. Valores, agendas e experiências prévias ditam o que e como os cientistas conduzem seu trabalho.
Criatividade	O conhecimento científico é criado a partir das imaginações e do raciocínio lógico humanos. Essa criação é baseada em observações e inferências do mundo natural.
Inserção social/cultural	A ciência é uma atividade humana e, como tal, é influenciada pela sociedade e cultura na qual é praticada. Os valores e as expectativas da cultura determinam o que e como a ciência é conduzida, interpretada e aceita.

Observações e inferências	A ciência é baseada tanto em observações como em inferências. Observações são coletadas através dos sentidos humanos ou de extensões desses sentidos. Inferências são interpretações dessas observações. Perspectivas da ciência atual e do cientista orientam tanto as observações quanto as inferências. Múltiplas perspectivas contribuem para múltiplas interpretações válidas de observações.
Teorias e leis	Teorias e leis são tipos diferentes de conhecimento científico. Leis descrevem relações, observadas ou percebidas, de fenômenos na natureza. Teorias são explicações inferidas de fenômenos naturais e de mecanismos para as relações entre fenômenos naturais. Hipóteses na ciência podem levar ou a teorias ou a leis com o acúmulo de evidência substancial que as apoiam e aceitação pela comunidade científica. Teorias e leis não progridem uma da outra, no sentido hierárquico, porque elas são tipos distinta e funcionalmente diferentes de conhecimento.

## **ANEXO G**

### **Protocolo de Coleta de Dados**

## Protocolo de Coleta de Dados

No início da disciplina “Fundamentos de Física I” do Curso de Física da UEFS:

- 1 – Aplicação do Questionário VNOS(C);
- 2 – Entrevistas com parte dos estudantes que respondeu ao questionário.

2.1 - Protocolo geral de entrevista:

As respostas dos estudantes ao VNOS(c) são fornecidas para que eles a leiam e revisem.

1. Você poderia ler sua resposta à questão (de 1 a 10) e explicar e elaborar sua resposta?
2. O que você quer dizer com [resposta, escrita ou verbal]?
3. Você poderia fornecer um exemplo do que você quis dizer por [resposta, escrita ou verbal]?
4. Suas visões mudaram desde que você escreveu sua resposta? Se sim, de que maneira?

No final da disciplina “Fundamentos de Física I” do Curso de Física da UEFS:

- 1 – Nova aplicação do Questionário VNOS(C).