

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE MESTRADO EM EDUCAÇÃO

***UMA DISCUSSÃO SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NO
ENSINO MÉDIO: UM EXEMPLO COM A TEORIA DA RELA-
TIVIDADE RESTRITA***

Dissertação apresentada como requi-
sito parcial à obtenção do grau de
Mestre em Educação – Linha de In-
vestigação: Educação e Ciência

JANETE FRANCISCA KLEIN KÖHNLEIN

Orientador: Prof. Dr. Luiz O. Q. Peduzzi

Florianópolis - SC

Julho – 2003

Dedico este trabalho

Ao meu esposo Ramir pelo companheirismo, paciência e carinho.

Aos meus pais, pelas oportunidades que me proporcionaram.

AGRADECIMENTOS

Ao professor orientador Dr. Luiz O. Q. Peduzzi, pela sua dedicação, paciência, colaboração e pela confiança em mim depositada para a realização deste trabalho;

À minha família, pela constante torcida e apoio, em especial ao meu esposo Ramir;

Aos alunos da 4ª Fase 03/2002 da Escola de Educação Básica Artur da Costa e Silva de Xanxerê-SC, que permitiram a realização deste trabalho;

Ao professor Dr. Fernando Lang da Silveira, pela análise estatística realizada neste trabalho;

Aos professores do curso de Mestrado (Linha de Investigação – Educação e Ciência): Demétrio Delizoicov, Luiz O.Q. Peduzzi, Arden Zylbersztajn, José de Pinho Alves Filho, Vivian Leyser da Rosa, Érika Zimmermann, Edel Ern e Maria Luiza Belloni.

Às professoras Sônia Peduzzi e Terezinha Pinheiro, pela confiança em mim depositada desde antes do processo seletivo do programa;

Ao CNPQ, pelo apoio financeiro;

Aos colegas do curso, pela amizade e troca de experiências;

E aos demais que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	6
RESUMO.....	7
INTRODUÇÃO.....	8
CAP. 1 – A INSUSTENTABILIDADE DA VISÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO	
1.1 O EMPIRISMO BACONIANO.....	15
1.2 CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS AO EMPIRISMO-INDUTIVISMO.....	24
1.1.1 Como se desenvolve o conhecimento científico: a concepção kuhiana	32
CAP. 2 – A CONCEPÇÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA E O ENSINO DE CIÊNCIAS	
2.1 DIFUSÃO DA CONCEPÇÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	38
2.2 O PAPEL DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA.....	50
CAP.3 - SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA: UM MÓDULO DIDÁTICO PARA O ENSINO MÉDIO CENTRADO NA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA	
3.1 SOBRE A ESTRATÉGIA USADA.....	56
3.2 O MÓDULO DIDÁTICO	58
3.2.1 Desenvolvimento das aulas.....	59
3.3 QUADRO RESUMO DAS AULAS.....	83

CAP. 4 – APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO E A ANÁLISE DOS RESULTADOS OBTIDOS

4.1	CARACTERIZAÇÃO DA TURMA E DA ESCOLA.....	87
4.2	A APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO.....	89
4.3	AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS ALUNOS NO QUESTIONÁRIO.....	107
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
	BIBLIOGRAFIA	
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	145
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	150
	ANEXOS	
	ANEXO 01 – QUESTIONÁRIO.....	154
	ANEXO 02 – AS AVENTURAS DE ASTRO DISASTRO.....	156
	ANEXO 03 – ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	160

LISTA DE ABREVIATURAS

EM	Ensino Médio
FC	Física Clássica
FM	Física Moderna
FMC	Física Moderna e Contemporânea
FR	Física Relativística
HQ	História em Quadrinhos
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MD	Módulo Didático
MN	Mecânica Newtoniana
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
TRR	Teoria da Relatividade Restrita

RESUMO

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM, 1999) propõem, entre outras coisas, que a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias desenvolva no aluno competências e habilidades que lhe permitam obter uma visão crítica sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico. Considerando-se que esta temática quase não é abordada na disciplina de Física, em particular, devido à pouca disponibilidade de material didático e, muitas vezes, também por dificuldades epistemológicas dos próprios professores, sugere-se neste estudo uma alternativa para levar à sala de aula essa discussão, apresentando um módulo didático centrado em aspectos históricos e filosóficos da Teoria da Relatividade Restrita.

São descritas, inicialmente, as principais características da corrente empirista-indutivista de ciência. Enfatiza-se em seguida que, como forma de descrever o trabalho científico, esta é uma visão considerada inadequada pela filosofia da ciência contemporânea, argumentando-se sobre as suas limitações. Mostra-se também que o método científico encontra-se, ainda, difundido em livros de Física, Química e Biologia do Ensino Médio e de Ciências do Ensino Fundamental, sendo que a concepção empirista da ciência faz parte inclusive do ideal de ciência da maioria dos professores em exercício nestas áreas, é disseminada pelos meios de comunicação e está presente nas idéias espontâneas dos estudantes do Ensino Médio. Nesta direção, visando contribuir com estratégias para levar à sala de aula reflexões baseadas na filosofia da ciência contemporânea, estruturou-se um módulo didático composto de 15 horas-aula, de acordo com os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992): problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Baseada em uma abordagem histórico-filosófica da Teoria da Relatividade, esta proposta foi testada com 31 alunos de uma 4ª fase do Ensino Médio de uma escola pública do município de Xanxerê, no estado de Santa Catarina. Os resultados mostram uma grande receptividade dos alunos em relação às atividades desenvolvidas e indicam que houve mudança em certas concepções de ciência até então vigentes, o que fica evidente pelo aparecimento de uma visão mais crítica da ciência.

INTRODUÇÃO

A partir da nova lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/96, o Ensino Médio passou a constituir a etapa final da Educação Básica necessária a todo cidadão. Sendo assim, este nível de ensino “*tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores*” (LDB, art.22).

Tendo como principal referência legal a LDB, o Ministério da Educação, por intermédio da Secretaria de Educação Média e Tecnológica, elaborou uma proposta de reforma curricular que resultou nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM). Estes propõem para a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias um currículo que tem como objetivo principal o exercício da cidadania e não a formação de especialistas.

O aprendizado deve contribuir não só para o conhecimento técnico, mas também para uma cultura mais ampla, desenvolvendo meios para a interpretação de fatos naturais, a compreensão de procedimentos e equipamentos do cotidiano social e profissional, assim como para a articulação de uma visão do mundo natural e social. (...) Enfim, um aprendizado com caráter prático e crítico e uma participação no romance da cultura científica, ingrediente essencial da aventura humana (PCNEM, 1999, p.208).

Para uma educação científica com esse enfoque, os PCNEM atribuem ao ensino de Física competências e habilidades nas dimensões “*Investigação e Compreensão*” (como, por exemplo, desenvolver a investigação, classificar, elaborar hipóteses, entender a física presente no mundo atual), “*Representação e Comunicação*” (por exemplo, interpretar notícias científicas, aprender a linguagem física adequada para se expressar corretamente, compreender códigos e símbolos) e “*Contextualização Sócio-Cultural*” (por exemplo, compreender que a ciência é uma construção humana, estudar aspectos relacionados com a sua história).

Nesta perspectiva de organização do currículo escolar, é sustentada a inclusão de um objetivo que, em geral, foge da realidade da disciplina de Física: o de proporcionar ao aluno uma visão crítica sobre a natureza da ciência. Conforme consta nos PCNEM (1999), a área de Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias deve contribuir, entre outras coisas, para criar no aluno competências e habilidades que *‘permitam ao educando compreender as ciências como construções humanas, entendendo como elas se desenvolvem por acumulação, continuidade ou ruptura de paradigmas, relacionando o desenvolvimento científico com a transformação da sociedade’* (p.107).

O contexto escolar continua praticamente restrito a uma única concepção de ciência: a posição empirista-indutivista. Apesar de vários filósofos e historiadores contemporâneos da ciência terem reconhecido e exposto as limitações dessa visão, ela ainda tem uma forte influência em nosso meio. Diversos estudos realizados (Porlan et al., 1998; Harres, 1999; Ostermann e Moreira, 1999; Köhnlein e Peduzzi, 2002) indicam que ela ainda está firmemente enraizada nos livros de Ciências, tanto do Ensino Médio quanto do Ensino Fundamental (fazendo parte, inclusive, da concepção de ciência da maioria dos professores em exercício nestas áreas), sendo também propagada pelos meios de comunicação.

Difundir a concepção empirista-indutivista, em geral, é conceber de forma inadequada o trabalho científico. Em função disso, várias imagens distorcidas do conhecimento científico e da natureza da ciência podem estar sendo disseminadas, entre elas a de que existe um método único e infalível (indutivo) de fazer ciência; a de que a ciência começa a partir da observação neutra dos fatos, sendo um conhecimento objetivo; a de que a ciência se refere a uma verdade “absoluta”, porque é algo provado e, finalmente, a de que o desenvolvimento científico ocorre de forma linear e cumulativa.

O que transparece nos currículos de ciências são concepções incoerentes e desajustadas, nomeadamente de natureza empirista e indutivista, que se afastam claramente das que a literatura contemporânea considera fundamentais a propósito da produção científica e do que significa hoje a idéia de ciência (Praia et al., 2002, p.129).

Embora não exista um conceito único sobre o que é ciência, há um consenso entre os filósofos contemporâneos da ciência segundo o qual o conhecimento científico não segue uma seqüência rígida de passos que começa com a observação neutra dos fatos e termina com a elaboração de leis e teorias científicas.

Hoje reconhece-se que, como construção humana, o conhecimento científico não é definitivo e nem uma verdade absoluta; pelo contrário, ele é passível de erros e sofre contínuas transformações. Predomina como visão de ciência o caráter construtivo do saber científico, análogo à concepção construtivista de que o aluno constrói o seu próprio conhecimento. Sendo assim, em ambos os casos podem ocorrer crises, rupturas e transformações nessas construções, uma vez que o processo de produção do conhecimento humano se caracteriza por uma interação entre pensar, sentir e fazer.

A história e a filosofia da ciência permitem reflexões produtivas a respeito das limitações da concepção empirista-indutivista da ciência (Zanetic, 1989; Mathews, 1995; Peduzzi, 2001). Entre os resultados que se pode obter com esta abordagem histórica e filosófica estão: a demonstração de que a ciência é mutável e instável; a desmistificação do método científico, que faz o aluno compreender melhor o trabalho de um cientista; a compreensão de certos episódios fundamentais na história da ciência (por exemplo, as revoluções científicas); o desenvolvimento do pensamento crítico; a motivação dos alunos, que passam a se interessar no estudo da Física; o desenvolvimento da cultura geral dos alunos; a contribuição no sentido de aprender a lidar com a problemática das concepções alternativas etc.

No âmbito do ensino de Física, a utilização de uma abordagem histórico-filosófica já vem sendo há algum tempo amplamente discutida e defendida. Segundo Zanetic (1989),

(...) não basta, para uma compreensão mais completa da física enquanto um ramo estruturado e em evolução, ater-se simplesmente à enunciação de pequenos resumos de teorias e sua aplicação na solução daqueles problemas "clássicos". É necessário também passar -se a idéia da evolução dessas teorias ou, pelo menos, algumas indicações de como deve ter sido realizada a sua construção. A parte formativa, tanto no tocante ao domínio da linguagem e

formalismos matemáticos básicos, quanto aos aspectos experimentais da física, fica incompleta sem um embasamento filosófico adequado, adaptado, é claro, ao nível de abstração e entendimento compatíveis com a faixa etária dos adolescentes que freqüentam o segundo grau (p.61).

Embora pareça indispensável promover a reflexão filosófica no ensino de Ciências, a filosofia da ciência contemporânea em geral ainda não se faz presente nos livros didáticos, em sala de aula, na bagagem cultural dos professores e nos currículos dos cursos de formação de professores da área de Ciências. Com a intenção de contribuir para a construção de concepções mais atuais sobre a natureza da ciência e de sua produção, estruturou-se neste trabalho de pesquisa um módulo didático (MD) para ser usado com alunos do Ensino Médio, na disciplina de Física. Centrada em uma abordagem histórico-filosófica da Teoria da Relatividade Restrita (TRR), a proposta também foi testada junto a um grupo de estudantes de uma escola pública do estado de Santa Catarina.

Pode-se justificar a escolha deste tópico da Física Moderna considerando, entre outras coisas, que:

- ♣ Trata-se de uma teoria que não tem base empírica, isto é, sua formulação não é obtida a partir da experiência; uma fundamentação histórico-filosófica da mesma, associada às idéias de Einstein sobre a prática científica e o nascimento de uma teoria, pode contrastar com a possível concepção empirista-indutivista dos alunos a respeito do conhecimento científico.
- ♣ Uma abordagem histórico-filosófica da TRR à luz da concepção kuhniana de desenvolvimento científico, além de oportunizar ao aluno a compreensão do que é uma revolução científica, se contrapõe à excessiva linearização do conhecimento que, de modo geral, é difundida pelos livros didáticos e em sala de aula. Segundo essa concepção linearizante, o conhecimento é um corpo ao qual se vão acrescentando novas teorias; estas, por sua vez, vão incorporando as anteriores na mais perfeita ordem, sem crises, sem contradições, sem substituições.

- ♣ Com a influência da mídia, do marketing e de artigos de divulgação, entre outros, o ícone Einstein está presente na vida do aluno, embora este não tenha em geral muito conhecimento a respeito de sua contribuição à Física. Por esse motivo, abordar esse tema pode ser uma forma de atrair a atenção do aluno, dando-lhe a oportunidade de conhecer melhor a importância de Einstein no cenário científico.
- ♣ Com a reivindicação a favor da atualização dos conteúdos nos currículos tradicionais de Física no Ensino Médio, inclusive por parte dos PCNEM (1999), os conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) estão sendo pouco a pouco incorporados aos livros didáticos. No entanto, no que se refere à TRR, muitas vezes os materiais didáticos tratam esse assunto como mera curiosidade ou como leitura informativa complementar, sem respeito às regras que regem a apresentação de um conteúdo formal e que possibilitariam uma explicação mais aprofundada, com resolução de questões e problemas. Aparecem, além disso, sérios erros conceituais, os aspectos históricos recebem pouca ênfase, difunde-se uma concepção empirista-indutivista e muitas das características desses materiais não são compatíveis com as novas tendências curriculares (Rodrigues e Oliveira, 1999; Ricci e Ostermann, 2002; Basso e Peduzzi, 2003). Enfim, apesar de haver muitas justificativas para a inserção de tópicos de FMC no currículo escolar, sua efetiva abordagem em sala de aula ainda é problemática e está aberta à pesquisa. Assim, este trabalho pretende contribuir para o aprimoramento do currículo escolar, na medida em que aponta uma estratégia possível para a introdução da TRR na sala de aula.

Tendo como ponto de partida os motivos expostos acima, o objetivo central do módulo didático foi o de abordar aspectos da Teoria da Relatividade Restrita sob uma perspectiva histórico-filosófica, visando despertar o interesse dos alunos pelo tema e propiciar uma visão crítica da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico.

De uma forma geral, pretende-se, com o desenvolvimento desta pesquisa, destacar que o uso didático da história e da filosofia da ciência em sala de aula pode auxiliar, entre outras coisas, na reflexão e discussão sobre a ciência e o seu processo de criação, obtendo assim um ensino voltado para uma visão mais realista e humana da mesma.

No primeiro capítulo, são apresentados alguns elementos do Novo Organum, de Francis Bacon, que explicita a sistematização de uma filosofia empirista-indutivista. Em seguida, com base nas idéias de filósofos e historiadores contemporâneos da ciência, contesta-se, principalmente, o pressuposto da observação neutra e da indução, propondo inclusive um elenco de situações que podem ser usadas em sala de aula com o objetivo de desencadear discussões que exponham as limitações do empirismo-indutivismo, levando o aluno a examinar mais criticamente possíveis idéias relacionadas a esta corrente. Complementando, realiza-se uma abordagem sintetizada da concepção de Thomas Kuhn sobre o desenvolvimento científico, considerando que o desenvolvimento histórico da TRR no módulo didático é retratado sob essa perspectiva.

O segundo capítulo faz uma breve análise dos livros didáticos e da literatura específica, procurando mostrar que o método científico continua sendo amplamente difundido em livros de Física, Química e Biologia do Ensino Médio (e de Ciências do Ensino Fundamental) e que a maioria dos professores em exercício nessas áreas adota uma concepção empirista-indutivista da ciência. Apresenta-se também o resultado de um estudo preliminar que procura investigar as concepções de um grupo de estudantes do Ensino Médio em relação ao trabalho do cientista. Estes representaram suas idéias através de histórias em quadrinhos (HQ) que indicam que esta visão de ciência também está presente entre os alunos.

Ainda neste capítulo, discute-se o papel da história e da filosofia da ciência, destacando que o ensino de Física, em particular, pode se tornar mais eficaz quando contextualizado através de uma abordagem histórica e filosófica.

Considerando as dificuldades que muitas vezes são encontradas na implementação de práticas educativas que visam discutir a ciência e seu processo de

construção na sala de aula, apresenta-se no terceiro capítulo um módulo didático composto por 15 horas-aula. Este módulo foi elaborado de acordo com os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992) — problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento — e está estruturado de tal modo que o processo se inicia com uma prévia identificação de concepções sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico dos estudantes, seguida de uma discussão sobre as características da corrente empirista-indutivista e de diversos exemplos que ilustram as suas limitações. Logo depois, é introduzido o tópico da TRR, enfatizando o desenvolvimento histórico de alguns aspectos a partir da mecânica newtoniana. Ao final, é realizado junto aos alunos um novo levantamento de idéias sobre a natureza da ciência e de sua produção.

O último capítulo trata da análise dos resultados obtidos com a aplicação do módulo didático em uma turma de 31 alunos da 4ª fase do Ensino Médio. Além de descrever aspectos relativos ao desenvolvimento de cada aula (principalmente aqueles que são relevantes para os objetivos da proposta) e apresentar a avaliação dos estudantes em relação ao trabalho feito, realiza-se uma análise das mudanças que ocorreram nas concepções destes a respeito da ciência e de seu processo de criação, mudanças que, pode-se considerar, foram promovidas pela influência do módulo didático.

Por fim, são apresentadas as considerações finais sobre o estudo desenvolvido e as perspectivas de continuidade do trabalho.

CAPÍTULO 1

A INSUSTENTABILIDADE DA VISÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO

O papel de criador da lógica indutiva (do particular ao universal) foi conferido a Aristóteles (384 – 332 a.C.), que atribuiu ao conjunto dos tratados de lógica que as ciências usariam em sua construção a denominação “Organon”. No século XVII, Francis Bacon propôs um novo método para a ciência, apontando a sua verdadeira destinação: tornar-se útil à vida da humanidade. Contrapondo-se à metodologia proposta por Aristóteles, escreveu o “*Novum Organum*”, refazendo a noção de indução. A proposta baconiana se consolidou como “o método científico” que, presente e atuante no cenário científico, foi sofrendo modificações, aperfeiçoamentos e críticas. Caracterizada como concepção empirista-indutivista de ciência, esta visão é considerada ultrapassada por diversos filósofos e historiadores contemporâneos da ciência. Este capítulo, no entanto, não pretende ser uma contribuição à história da filosofia da ciência; seu propósito é apresentar a visão baconiana de produção do conhecimento científico e, em seguida, alguns argumentos que apontam as limitações dessa concepção de ciência.

1.1 O EMPIRISMO BACONIANO

Francis Bacon (1561-1626), considerado o primeiro filósofo moderno, escreveu em 1620 a obra “*O Novo Organum*”, onde fez críticas contundentes à Aristóteles por ter superdimensionado as possibilidades da razão humana, contribuindo para que a ciência ficasse estagnada e não se desenvolvesse, tornando-se inútil para a vida da humanidade. Assim, propôs um novo caminho para a construção do conhecimento científico — a verdadeira indução, uma vez que a lógica até então utilizada não estava contribuindo para o progresso das ciências. Também fez críti-

cas a outros filósofos da época, mas serão tratadas aqui principalmente as que se referem a Aristóteles.

Para que tudo possa transcorrer bem, escreveu ele, é preciso em primeiro lugar preservar o respeito e a glória aos antigos e, em segundo lugar, não colocar por terra as filosofias atuantes, nem recusar as filosofias aceitas na época. Defende, desse modo, a existência de dois caminhos, ligados um ao outro e não inimigos entre si: um que se destina ao “cultivo das ciências” (somente usar as descobertas já feitas e não buscar mais) e o outro à “descoberta científica”. Para Bacon, aquele que quisesse ir além das descobertas já feitas e estivesse interessado em penetrar profundamente na natureza para conhecer a verdade, este deveria juntar-se a ele.

Bacon clamava por uma reforma do conhecimento humano e pelo progresso do saber. Segundo ele, a universalidade do saber e a totalidade da natureza não se encerram dentro de um princípio ou de uma doutrina. O saber também não pode ficar nas mãos de um único indivíduo ou mesmo de poucos: o trabalho científico é algo muito dispendioso e deveria ser realizado por todos os homens. Para isso, Deus lhes confiou uma tarefa: concedeu sentidos firmes e eficientes aos homens para que estudem a natureza. O verdadeiro filósofo deveria espelhar-se na abelha, realizando um trabalho cooperativo baseado na acumulação sistemática de conhecimentos, além de descobrir o método que permite o progresso do conhecimento científico.

“Saber é poder”, afirmou Bacon. O saber é o meio mais fortalecido e seguro de conquistar o poder sobre a natureza (poder no sentido de criar obras para o benefício da humanidade) e representa a ambição mais sábia e nobre que alguém poderia ter, se criasse e ampliasse o poder e o domínio do homem sobre o universo. Mas “*o império do homem sobre as coisas se apóia unicamente nas artes e nas ciências. A natureza não se domina, senão obedecendo-lhe*” (Bacon, 1979, p.88).

Para ele, tanto a mente como as mãos não poderiam ser deixados à solta, como ora acontecia. Se, a confiar nos registros dos livros, as criações das mãos e da mente pareciam numerosas, na verdade tal abundância tudo isso se restringia ape-

nas a um punhado de belas fantasias e ao uso exaustivo de poucos fatos há muito conhecidos.

A verdadeira causa e raiz de todos os males que afetam as ciências é uma única: enquanto admiramos e exaltamos de modo falso os poderes da mente humana, não lhe buscamos auxílios adequados. A natureza supera em muito, em complexidade, os sentidos e o intelecto. Todas aquelas belas meditações e especulações humanas, todas as controvérsias são coisas malsãs. E ninguém disso se apercebe (Bacon, 1979, p.14).

Se a mente humana não trabalhar sobre as obras reais de Deus, ela não encontrará um limite, podendo assim, da mesma forma que uma aranha, tecer teias maravilhosas e admiráveis, mas sem valor. Segundo Rossi (1992), para Bacon, “o saber degenerado dos escolásticos nasceu de seu sólido e agudo intelecto, de sua grande disponibilidade de tempo e escassez de leituras, da pobreza de seus conhecimentos históricos, da insuficiência de suas noções de história natural” (p.68). Assim, acusou os filósofos escolásticos de tornarem a filosofia estéril de obras com resultado prático para a vida do homem e comparou-a a uma mulher que é incapaz de procriar.

Criticou também a interferência da religião cristã em assuntos das ciências naturais. Tal situação teria se tornado ainda pior com os teólogos escolásticos, seus tratados e métodos, que incorporaram à religião a filosofia de Aristóteles. A combinação teologia e filosofia tornou impossível qualquer alargamento dos limites do saber, pois todas as novidades eram vistas com suspeitas e acabavam sendo excluídas. Na sua opinião, a filosofia natural deveria dedicar-se a conhecer as obras de Deus (buscar a verdade na investigação da natureza) e a teologia deveria estudar da palavra de Deus (a Sagrada Escritura — a Bíblia).

Segundo ele, nas instituições escolares, as atividades realizadas dificilmente favoreciam o desenvolvimento de algo diferente daquilo que já estava nos escritos de alguns autores. As doutrinas se apresentavam aos homens como obras perfeitas e acabadas, pareciam esgotar e compreender tudo o que havia para ser compreendido. Segundo Rossi (1992), para Bacon a filosofia natural dos aristotélicos tinha se tornado um saber que não tinha condições de interrogar a natureza, mas

apenas a si mesma, fornecendo sempre respostas satisfatórias às suas próprias perguntas. Neste cenário,

só há espaço para dois personagens: o professor e o discípulo, não há espaço para o personagem do inventor. Esta solidez e esta densidade, para muitos, é apenas aparente. Por trás dessa segurança escondia-se o temor do novo: tudo o que a eles próprios e a seus mestres parece desconhecido e inexplorado, eles colocam fora dos limites do possível e declaram impossível de conhecer-se e de realizar-se (Rossi, 1992, p.148).

Para Bacon, as descobertas alcançadas até então se apoiavam quase que exclusivamente nas noções vulgares que embasavam a percepção dos fatos investigados e, uma vez que estas eram confusas e não absorvidas das coisas através de um procedimento correto, nada que delas dependesse poderia pretender solidez. Tudo o que o homem tinha usado até aquele momento, inclusive na constituição de axiomas, eram aberrações. Este diagnóstico se aplicava principalmente aos axiomas e proposições revelados pelo silogismo, que não serviam de modo algum para a descoberta de novas verdades.

Conforme Bacon, só existiam dois caminhos para a investigação e para a descoberta da verdade. O primeiro, em uso na época, partia das sensações e das coisas particulares diretamente para os axiomas gerais; a partir daí eram descobertos os axiomas intermediários. O outro caminho, a verdadeira indução, partia dos dados particulares e dos sentidos, ascendendo de forma reta e ordenada até chegar aos princípios de máxima generalidade, mas ainda não tinha sido tentado.

Na opinião dele, a via que estava em uso destruía a autoridade dos sentidos e do intelecto que, “*deixado a si mesmo acompanha e se fia nas forças da dialética. Pois a mente anseia por ascender aos princípios mais gerais para aí então se deter*” (Bacon, 1979, p.16). Também os axiomas eram, segundo ele, constituídos a partir de uma experiência pobre e de uns poucos fatos particulares, aqueles que ocorriam com mais frequência. Assim, se alguma instância (ocorrência) antes desconhecida se opunha aos axiomas, era descartada para salvar o axioma.

Por isso, para ele não se tratava de substituir uma filosofia por outra que se movia na mesma direção, *‘mas por uma atitude nova diante da natureza, uma atitude que requer não só um novo método de transmissão de saber e de comunicação entre as mentes, mas também um novo conceito de verdade, uma nova moralidade, uma lenta e paciente obra do refinamento e purificação do intelecto’* (Rossi, 1992, p.64).

Para que o investigador pudesse interpretar a natureza através do verdadeiro caminho da indução, seria necessário em primeiro lugar libertar-se daquilo que Bacon chamou de “ídolos” e noções falsas. Estes estariam bloqueando a mente humana e impedindo o acesso à verdade e também a própria instauração das ciências. Seria muito grande a separação entre os ídolos da mente humana e as idéias da mente divina.

Os ídolos seriam de quatro tipos: da tribo, da caverna, do foro e do teatro.

Ídolos da tribo – Assim chamados porque estariam fundados na própria natureza humana, através dos seus preconceitos, sentimentos, limitações e da incompetência dos sentidos, entre outros fatores. O conhecimento dado pelos sentidos nem sempre seria o verdadeiro: eles poderiam ser iludidos pelo intelecto humano, pois as percepções dos sentidos e da mente fariam analogia com a natureza humana e não com o universo; tais percepções seriam portanto parciais.

O intelecto humano estaria acostumado a fazer correspondências e relações que não existem, como por exemplo a idéia de que no céu todos os corpos se movem descrevendo círculos perfeitos ou a introdução do elemento fogo para compor o conjunto dos quatro elementos ao lado da terra, do ar e da água. Além disso, segundo ele, toda vez que a mente humana adquiria uma convicção, passava a considerar apenas as evidências a ela favoráveis, rejeitando e desprezando as evidências contrárias. Na verdade, deveria considerar tanto as instâncias positivas como as negativas pois, para constituir um axioma verdadeiro, a indução deveria proceder por um processo de exclusão: conhecer as instâncias negativas seria imprescindível para se concluir sobre as positivas.

Quando o intelecto humano não tem um plano, um método (ou seja, um auxílio), ele tende ao abstrato. Assim, o ponto de partida seriam as *‘instâncias (ocorrências) e experimentos oportunos e adequados, onde os sentidos julgam somente o experimento e o experimento julga a natureza e a própria coisa’* (Bacon, 1979, p.26).

Ídolos da caverna (a partir do mito da caverna de Platão) – Cada homem, enquanto ser, teria a sua própria caverna, ou seja, sua própria maneira de interpretar e distorcer a luz da natureza. Esses erros seriam provenientes dos seus hábitos e costumes, da educação e do particular de cada um. Através dos estudos, do zelo por certas épocas ou outros fatores, o indivíduo se apegava às ciências e a determinados assuntos e, ao se dedicar à filosofia e às novas descobertas, arrastava-as em favor de suas fantasias anteriores.

Para Bacon, foi o que Aristóteles fez. Submeteu a sua filosofia natural à lógica e, com isso, tornou-a inútil e sujeita a contestação. Desta forma, foram gerados modos singulares de interpretar a realidade: uns estavam aptos a perceber as diferenças entre as coisas enquanto outros eram capazes de detectar as semelhanças, mas ambos acabavam em visões deformadas. Por isso, o intelecto deveria ser mantido íntegro, para que não se detivesse somente em determinados aspectos da natureza e da experiência.

Ídolos do foro – Estes seriam os mais perturbadores: penetravam no intelecto através do uso vulgar de palavras na relação entre os homens. Esses ídolos seriam de duas espécies: nomes de coisas que não existiam (como por exemplo o primeiro móvel e as órbitas planetárias, originárias de teorias vazias e falsas) e nomes de coisas que existiam mas eram concebidas de forma confusa ou absorvidas de uma forma errada a partir do convívio com as coisas (como por exemplo a palavra úmido, que tinha vários significados). Por isso, era necessário ater-se aos fatos particulares, fazendo observações mais detalhadas para abstrair significados mais precisos. Segundo ele, *“o homem crê que a razão governa as palavras, mas é certo também que as palavras atuam sobre o intelecto, e é isso que torna a filosofia e as ciências sofisticadas e ociosas”* (Bacon, 1979, p.XVI).

Ídolos do teatro – Estes teriam entrado no espírito dos homens através de dogmas e métodos de demonstração provenientes dos diversos sistemas filosóficos. Para Bacon, essas filosofias seriam puras invenções que representavam mundos fictícios e teatrais.

A filosofia estaria fundada numa base de experiência e história natural muito pobre, elaborando os axiomas a partir de poucos dados: “*a escola racional se apodera de um grande número de experimentos vulgares, não bem comprovados e nem diligentemente examinados e pensados, e o mais entrega à meditação e ao revolver do engenho*” (Bacon, 1979, p.31). Fazia-se “*muito a partir de pouco ou pouco a partir de muito*” (Bacon, 1979, p. 31).

Conforme Bacon, outro grande prejuízo à filosofia natural foi o fato dela se limitar ao estudo dos princípios passivos dos quais derivam as coisas e não dos princípios ativos pelos quais se produzem as coisas. Estes princípios finais da natureza só serviam para o discurso, mas para o autor é preciso penetrar na natureza, pois é nos princípios intermediários que se pode descobrir a utilidade prática das coisas.

Em relação às coisas que pareciam comuns, estas eram consideradas fatos admitidos e evidentes; suas causas não eram questionadas. Atentava-se apenas para as causas dos fatos que não ocorriam com tanta frequência e, mesmo assim, somente para adaptá-los às causas das coisas mais comuns. Por isso, seria necessário, segundo Bacon, dedicar-se primeiro ao estudo das causas das coisas que ocorriam com mais frequência e que tinham deixado de fazer parte da reflexão dos homens.

Esses, portanto, seriam os ídolos que perturbam a mente — e que deveriam ser expurgados para que o homem pudesse se tornar igual a uma criança, que tem a mente pura para apreender as coisas. As demonstrações falhas em uso contribuíam para fortalecer os ídolos, enquanto a dialética teria ensinado aos homens apenas como subordinar a natureza ao pensamento humano e este às palavras.

Assim, o melhor método de demonstração seria a experiência, para que a partir delas pudessem ser produzidas novas obras. Para isso, o homem teria que se

dedicar rigorosamente ao experimento. Primeiro, a partir das experiências, deveria descobrir as causas e os axiomas verdadeiros, para depois partir para novas experiências em busca da grande quantidade de obras; ou seja, primeiro deveria buscar os experimentos lucíferos e depois os experimentos frutíferos.

Errados e incompetentes são os que seguem o processo que vai dos sentidos e das coisas diretamente aos axiomas e às conclusões. Esse processo consiste de quatro partes e quatro igualmente são os seus defeitos. Em primeiro lugar, as próprias impressões dos sentidos são viciosas; os sentidos não só desencaminham como levam ao erro. É pois necessário que se retifiquem os descaminhos e se corrijam os erros. Em segundo lugar, as noções são mal abstraídas das impressões dos sentidos, ficando indeterminadas e confusas, quando deveriam ser bem delimitadas e definidas. Em terceiro lugar, é imprópria a indução que estabelece os princípios das ciências por simples enumeração, sem o cuidado de proceder àquelas exclusões, resoluções ou separações que são exigidas pela natureza. Por último, esse método de invenção e de prova, que consiste em primeiro se determinarem os princípios gerais e, a partir destes, aplicar e provar os princípios intermediários, é a matriz de todos os erros e de todas as calamidades que recaem sobre as ciências (Bacon, 1979, p.38).

Para ele, a causa dos erros e de sua resistência à mudanças se deve a diversos fatores que permaneceram ocultos dos homens: o tempo favorável ao progresso das ciências foi pouco; a filosofia natural ocupou uma parte muito reduzida da atividade humana: serviu apenas de ligação e passagem para outras disciplinas, sendo assim considerada abstrata e difícil e abandonada pelos homens; as tarefas realizadas não tinham um objetivo claro, o que resultava em uma aberração; era forte a admiração pelos grandes mestres, o respeito ao consenso e a admiração pelas obras já existentes.

A verdadeira meta a ser atingida pelas ciências deveria ser a de criar obras de utilidade prática, e isso só seria possível se o indivíduo fosse guiado pelo verdadeiro caminho, partindo da observação e da experiência bem fundada, numa união entre as “faculdades racional e experimental” que, da mesma forma que uma abelha, “*recolhe a matéria-prima das flores do jardim e do campo e com seus próprios recursos a transforma e digere*” (Bacon, 1979, p.63).

Em suma, muito se poderia esperar das ciências, se estas seguissem o verdadeiro método da indução, partindo, com a mente purificada, de um grande núme-

ro de fatos particulares e ascendendo de forma contínua para os axiomas menores, depois para os médios e assim sucessivamente, até chegar aos mais gerais. Mas para Bacon, tendo sido obtidos os dados, dever-se-ia começar pelo método da interpretação com base na indução que parte da exclusão, usando para isso “*tábuas de instâncias*”. Primeiro era preciso coletar o maior número possível de situações onde um fenômeno ocorre (*tábua de presença*) e, em correspondência com as instâncias positivas, anotar os casos semelhantes em que o fenômeno não ocorre (*tábua de ausência*), para depois registrar as variações de intensidade na ocorrência desse fenômeno (*tábuas de comparação*). Finalmente, era necessário passar para a indução, excluindo as causas não pertinentes para que restasse apenas a verdadeira causa.

Para garantir isso, os passos que deveriam ser seguidos podem assim ser resumidos, conforme Zanetic (1989):

- I. *O cientista principia fazendo observações e experimentos que lhe forneçam informações controladas e precisas;*
- II. *Essas informações são registradas sistematicamente;*
- III. *Outros cientistas trabalhando na mesma área acumulam mais dados;*
- IV. *Com o acúmulo de dados é possível uma certa ordenação dessas informações, permitindo que o cientista formule hipóteses gerais por meio de enunciados ajustados aos fatos conhecidos;*
- V. *Passa-se a seguir à fase de confirmação ou verificação dessas hipóteses, procurando-se novos experimentos que evidenciem suas afirmações;*
- VI. *Se essa busca de confirmação é bem sucedida, o cientista chega a uma lei científica que passa a ser aplicada em casos semelhantes, buscando-se, dessa forma, ampliar seu campo de aplicação;*
- VII. *Com esse alargamento de aplicação do conhecimento assim obtido, novas leis ligadas a fenômenos semelhantes vão permitir que se construa toda uma teoria (p.64).*

Esse método ficou conhecido como “o método científico” e esteve presente no meio científico, com diferentes ênfases, desde o século XVII.

1.2 CONSIDERAÇÕES CRÍTICAS AO EMPIRISMO-INDUTIVISMO

De um modo geral, a concepção empirista-indutivista enfatiza que a busca da verdade se dá através de rigorosas observações, sendo as teorias científicas construídas via indução. A informação teria início nos sentidos, isto é, a partir da observação dos fatos singulares registrar-se-iam os dados, elaborando uma lista finita de proposições, para a partir daí justificar leis e teorias universais.

O empirismo baconiano passou a fazer parte de uma visão de ciência amplamente aceita. Segundo Oliva (1990) o que prevaleceu do mito baconiano “*foi o princípio metodológico de que teorias empíricas confiáveis só podem ser formadas a partir da observação e só podem ser justificadas por recurso a observações comprovadoras*” (p.26).

Um dos motivos pelos quais a visão empirista-indutivista ficou fortemente arraigada está ligado ao fato de que os cientistas usaram esse método como critério de demarcação entre ciência e não-ciência.

A vigência de tal critério de demarcação fez com que a observação tendesse a ser encarada como a única forma de refrear nosso pendor ao especulativismo fatalmente vazio e de garantir a posse de um conhecimento que, por se basear na “lógica” intrínseca dos fenômenos, pode atuar sobre a natureza transformando-a sempre que possível e desejável (Oliva, 1990, p.13).

A visão “do ideal empirista de ciência”, contribuiu para gerar uma concepção de que o conhecimento científico derivado dos dados da experiência é um conhecimento objetivo e confiável porque é provado. Há confiabilidade porque a verdade das proposições de observação que formam a base da ciência pode ser verificada através dos fatos. Há objetividade porque o observador científico deveria registrar fielmente os dados observados, sem interferência de nenhum elemento pessoal, subjetivo. Isto é, para alcançar a validade das proposições de observação, não se poderia depender do gosto, da opinião, do preconceito, das expectativas do observador. Com base no princípio da indução, partindo do particular para o geral, baseando-se na quantidade e qualidade dos dados obtidos, seria possível obter cada

vez mais leis e teorias universais. O progresso do conhecimento se daria através de um processo cumulativo.

No início do século XVII, a indução foi objeto de uma crítica contundente elaborada pelo filósofo David Hume. Segundo Borges (1996),

A crítica de Hume partia do ponto de vista lógico, mesmo admitindo seu valor psicológico, pois a repetição regular de um fenômeno não implica sua ocorrência no futuro. Desde então, o problema quanto à (im)possibilidade lógica da indução é conhecido como ‘problema de Hume’. Mas o próprio Hume reforçou o pensamento empirista, admitindo que só a experiência permite estabelecer as leis naturais e as causas que produzem determinado efeito (p.23).

Apesar dessas e outras objeções à indução, o “método científico” continuou com uma forte influência no cenário filosófico-científico. No início do século XX, formou-se o Circulo de Viena, cuja doutrina, “o positivismo lógico”, segundo Chalmers (1993), teve a preocupação de dar uma base lógica ao conhecimento científico, tornando-se uma forma extremada de empirismo. Apesar da popularidade do positivismo lógico, foi aproximadamente na metade daquele século que a filosofia da ciência conseguiu produzir argumentos capazes de oferecer fortes objeções às convicções empiristas-indutivistas.

Os desenvolvimentos contemporâneos na filosofia da ciência apontaram uma série de dificuldades associadas à concepção de que a ciência começa com a observação e a experiência, sendo estas uma base segura para o conhecimento científico, e ainda com a idéia de que há um conjunto de regras procedimentais para guiar o cientista, permitindo assim que as teorias científicas daí derivadas sejam provadas verdadeiras.

Alguns dos novos argumentos são baseados, inclusive, em importantes marcos da história da ciência, como as teorias de Einstein e Darwin, que ao serem formuladas, seguiram por caminhos muito diferentes daqueles apontados pelos empiristas.

Do ponto de vista lógico, não há como assegurar a validade de um enunciado geral a partir de enunciados singulares, independente de seu número, pois sempre pode existir uma instância refutadora, não considerada. Obviamente, o

princípio da indução não pode ser inferido de uniformidades observadas, pois a indução não pode ser usada para justificar a própria indução.

A história do peru indutivista, elaborada por Bertrand Russel e citada por Chalmers (1993), mostra que, mesmo a partir de proposições verdadeiras, a indução pode levar a uma conclusão falsa:

Esse peru descobriu que, em sua primeira manhã na fazenda de perus, ele fora alimentado às 9 da manhã. Contudo, sendo um bom indutivista, ele não tirou conclusões apressadas. Esperou até recolher um grande número de observações do fato de que era alimentado às 9 da manhã, e fez essas observações sob uma ampla variedade de circunstâncias, às quartas e quintas-feiras, em dias quentes e dias frios, em dias chuvosos e dias secos. A cada dia acrescentava uma outra proposição de observação à sua lista. Finalmente, sua consciência indutivista ficou satisfeita e ele levou a cabo uma inferência indutiva para concluir: 'Eu sou alimentado sempre às 9 da manhã'. Mas essa conclusão demonstrou ser falsa, de modo inequívoco, quando, na véspera do Natal, ao invés de ser alimentado, ele foi degolado (p.37-38).

Conforme Karl Popper (um dos primeiros filósofos contemporâneos que fez críticas ao método indutivo), por mais comprovada que seja, não é possível provar a verdade de uma teoria, pois esta poderá no futuro mostrar-se falível e, portanto, ser objeto de correção ou ser descartada. Por exemplo, independentemente da quantidade de cisnes brancos observados, não se pode concluir que todos os cisnes sejam brancos. Esta poderá ser uma teoria provisoriamente verdadeira, até que apareça um cisne de uma outra cor.

Ao contrário da filosofia indutivista, que vê na verificação um critério capaz de estabelecer a verdade ou a probabilidade das teorias, *“para Popper, as verificações relevantes são aquelas que colocaram em risco a teoria, aquelas que aconteceram como decorrência de tentativas de teste (de refutação)”* (Silveira, 1996, p.202). Adverte, no entanto, que não está se referindo ao refutacionismo ingênuo que acredita que uma teoria estaria refutada quando fosse incompatível com os resultados da observação e da experiência. O problema poderia estar tanto na teoria como na observação e, portanto, nenhuma teoria pode ser considerada “def i-

nitivamente falsificada”. As falsificações não estão livres de críticas e qualquer uma delas pode ser testada de novo.

Popper ressalta que não há um caminho lógico que leve à criação de uma teoria; ademais, não é tarefa da filosofia da ciência desvendar como um cientista formulou uma dada teoria. Isso em nada contribuiria para estabelecer a validade do conhecimento. As teorias são nossas invenções e idéias, “*tentativas humanas de descrever e entender a realidade*” (Silveira, 1996, p.201). Assim sendo, a construção de novos conhecimentos pode envolver a imaginação, a criatividade, a intuição e a razão. Qualquer fonte pode servir de inspiração para o cientista, inclusive a metafísica.

Isso indica que a observação e a experimentação sozinhas não produzem conhecimento. Segundo Popper, “*uma observação é uma percepção, mas uma percepção que é planejada e preparada*” (Popper¹, citado por Silveira, 1996, p.210). Deste modo, a observação se dá em função de um problema, de expectativas, de algo teórico. São as hipóteses ou teorias que orientam o que observar e permitem selecionar o que é relevante para a solução do problema. As observações estão impregnadas de teoria.

Assim como Popper, outros filósofos reconheceram as limitações da posição empirista-indutivista, como Kuhn, Bachelard, Lakatos, Feyerabend e Hanson. Por maiores que sejam as divergências entre eles, apresentaram em comum uma visão construtivista da ciência. Nesta perspectiva, defendem que as teorias são construções da mente humana e não se originam dos fatos observados. Sendo assim, “*o conhecimento não se encontra nem em nós, nem fora de nós, mas é construído progressivamente pelas interações que estabelecemos*” (Borges, 1996, p.17). Portanto, sendo a ciência uma atividade humana, é construída a partir de todos os defeitos e virtudes do ser humano. O cientista “*procede por tentativas, vai numa direção, volta, mede novamente, abandona certas hipóteses porque não tem equipamento adequado, faz uso da intuição, dá “chutes”, se deprime, se entusiasma, se apega a uma teoria*” (Ostermann & Moreira, 1999, p.133).

¹ POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo**. São Paulo: EDUSP, 1975.

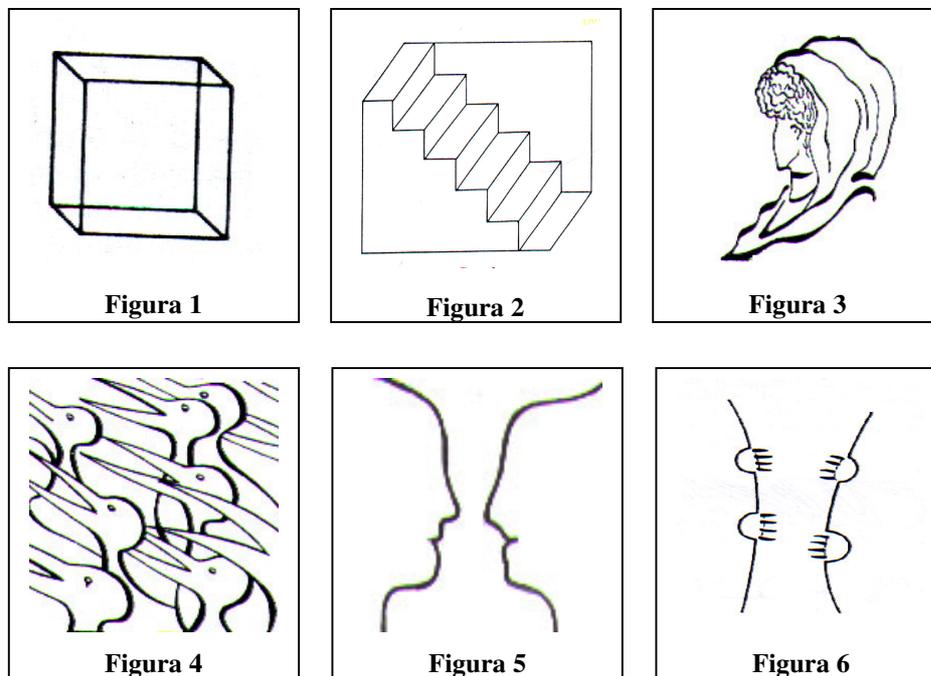
Hanson (1975) também criticou fortemente a idéia da observação neutra defendida pelos indutivistas. Segundo ele, “*são as pessoas que vêem e não seus olhos*”, isto é, no ato de ver há “*algo mais do que aquilo que nos chega aos olhos*” (p.130-131). Deste modo, ele contesta a suposta objetividade da observação científica, enfatizando que não existe primeiro a observação e depois a interpretação. Ambas “caminham” juntas, como a tela e a pintura em um quadro: ao se tentar separá-las, destrói-se a obra.

Para Hanson, no momento da observação acontece, simultaneamente, a interpretação, e é aí que entram os componentes teóricos, a base conceitual do sujeito em ação. Ao se olhar para os ponteiros de um relógio, pode-se saber, imediatamente, as horas; não se observa primeiro a posição dos ponteiros para depois usar um possível conhecimento sobre a medição do tempo a fim de interpretar a hora.

Por outro lado, como enfatiza Hanson, a experiência visual de uma pessoa varia conforme o seu conhecimento e as suas expectativas teóricas. Por isto, a observação e a interpretação se ligam como coisas indissociáveis. Assim, “*é possível compreender, de maneira realista, de que modo dois observadores científicos podem defrontar-se com os mesmos dados – utilizar os mesmos enunciados descritivos – e, apesar disso, retirar conclusões diametralmente opostas quanto ao significado do que tiveram diante de si*” (Hanson, 1975, p.137). Se as conclusões são diversas, certamente estar diante dos mesmos dados não significa observar a mesma coisa.

Há vários exemplos de gravuras que demonstram esta subjetividade da percepção, como é o caso das conhecidas figuras de perspectiva mutável (Figura 1 e Figura 2) e também das figuras reversíveis (Figura 3, Figura 4 e Figura 5). Nestas e em outras situações, as imagens que se formam na retina de diferentes observadores não se modificam, mas é possível enxergar coisas diferentes, devido à alteração da estrutura daquilo que se observa. Assim, na Figura 1, pode-se observar um cubo, ora visto de baixo, ora visto de cima. Já na Figura 3, pode-se observar ora uma velha, ora uma moça. Além disso, há também figuras que podem gerar várias inter-

pretações, como a Figura 6, em que é possível imaginar diferentes tipos de animais atrelados à árvore.



A situação descrita a seguir procura ilustrar que o conhecimento científico não se concilia com a observação neutra. Um crítico em arte e um restaurador, visitando a Capela Sistina, em Roma, olham ambos para a mesma pintura de Michelangelo, que está representada na abóbada. Embora o restaurador veja o que é visto pelo crítico, é possível que não observem a mesma coisa. Isto porque cada um pode estar dirigindo a sua atenção para diferentes aspectos da obra. O crítico olha para a pintura em termos de seus conhecimentos de história da arte, procurando identificar traços relacionados a luz e sombra, à mensagem que a obra transmite, à estética. Já o restaurador pode estar interessado principalmente em aspectos relacionados à sua especialidade, como a técnica usada, as cores, as tintas. Da mesma forma, dois críticos não observam, necessariamente, a mesma coisa, pois um detalhe específico da obra, que talvez seja de grande relevância para um, pode passar despercebido para o outro.

Outro exemplo que, segundo Peduzzi (1998), ilustra claramente o fato de que todas as observações estão impregnadas de teorias, é o das interpretações

sobre as manchas solares propostas por Christopher Scheiner e Galileu a partir de referenciais teóricos diferentes (o aristotélico e o copernicano, respectivamente). Não conseguindo distinguir um padrão de repetição periódica na disposição das supostas manchas solares e impelido, ao que parece, principalmente por suas convicções filosóficas, tal era o seu desejo de “libertar o Sol da ofensa das manchas”, Scheiner descartou a hipótese delas se encontrarem no próprio astro. Segundo ele, as “manchas” observadas no Sol eram, na verdade, sombras projetadas em seu disco por corpos que o eclipsavam — astros que orbitavam a seu redor ou, então, que se situavam “longe” dele, mas entre o observador terrestre e o Sol.

Era, afinal, menos problemático, para o cosmo aristotélico, aceitar a existência de corpos que se colocavam à frente do Sol, ainda que não fossem visíveis, do que admitir gigantescas perturbações em um astro pertencente ao domínio da perfeição. Galileu, ao contrário, sem “preconceitos bloqueadores”, conseguiu divisar um padrão de regularidade na disposição das manchas. Levando em conta que elas variavam em número e forma durante os períodos de observação, interpretou-as, corretamente, como um fenômeno solar (p.341-342).

Em relação à exigência baconiana de coletar e registrar o maior número possível de observações para generalizar com segurança, pode-se objetá-la com algumas perguntas cujas respostas são bastante óbvias. Assim, quantas vezes é preciso jogar resíduos tóxicos em um rio para concluir que suas águas estão sendo envenenadas? Ou disparar uma arma de fogo contra uma pessoa para chegar à conclusão de que isto irá feri-la?

Contudo, as teorias que precedem as observações podem ser falhas e, neste caso, as proposições de observação também podem apresentar falhas. Não se pode garantir, por isso, que a observação é uma base completamente segura para a construção do conhecimento científico. A observação e o experimento se orientam pela teoria e, se esta é falha, o cientista é induzido ao erro. O exemplo a seguir mostra como as proposições de observação dependem da teoria e são portanto sujeitas a falhas:

Alguns participantes de um piquenique no topo de uma alta montanha, dirigindo seus olhares à fogueira, podem observar: “a água está suficientemente quente para fazer o chá”, e descobrir então que infelizmente estavam errados ao experimentarem a bebida resultante. A teoria, erroneamente suposta, foi a de que água fervente é quente o suficiente para se fazer chá. Este não é necessariamente o caso para água fervente sob pressões baixas experimentadas em grandes altitudes” (Chalmers, 1993, p. 57).

Os argumentos apresentados enfatizam que os filósofos contemporâneos defendem que a observação neutra, sem teoria, não existe. Uma investigação sem orientação teórica (uma coleta interminável de dados sem objetivo) seria não apenas um desperdício de tempo, mas algo destituído de qualquer sentido, pois somente as observações relevantes devem ser registradas. Portanto, nesta perspectiva, a observação e a experiência assumem um papel diferente daquele apontado pelos empiristas. Estas são contribuições importantes para a construção do conhecimento, no sentido de corroborar ou mesmo de contradizer uma dada teoria, tal como afirma Feyerabend (1977):

Enfim descobrimos que o aprendizado não se desenvolve da observação para a teoria, mas sempre envolve ambos esses elementos. A experiência aparece acompanhada de pressupostos teóricos e não antes deles; e a experiência sem a teoria é tão incompreensível quanto (supostamente) a teoria sem experiência: eliminemos parte do conhecimento teórico de um ser senciente e teremos pessoa completamente desorientada e incapaz de realizar a mais simples das ações. Eliminemos maior porção de conhecimento e o mundo sensorial dessa pessoa (sua linguagem de observação) começará a desintegrar-se, desaparecerão a sensação de cor e outras sensações simples, até que a pessoa venha a achar-se em estágio mais primitivo que o de um bebê (Feyerabend, p.263).

Outra característica da ciência que foi abandonada é a idéia do conhecimento científico como uma verdade absoluta e conseqüentemente imutável. Ele tem um caráter provisório, sujeito a modificações e substituições. As revoluções ocorridas na Física, como as promovidas por Copérnico, Newton e Einstein, entre outros, são exemplos que ilustram essa provisoriedade do conhecimento.

No entanto, deve-se lembrar que o abandono de uma teoria não é assim tão imediato. Os cientistas são relutantes em descartar as teorias de sua preferência, mesmo quando elas se mostram falhas.

Apesar de haver um consenso a respeito da provisoriedade do conhecimento científico, há diferentes pontos de vista sobre como progride a ciência. Alguns cientistas, historiadores e filósofos acreditam que ela se desenvolve de uma forma contínua e cumulativa; outros defendem que esse desenvolvimento se dá de forma descontínua ou através de grandes saltos.

Considerando que neste trabalho de pesquisa foi adotada como referência a perspectiva kuhniana de progresso científico, apresenta-se a seguir um pouco das idéias desse físico e filósofo:

1.2.1 Como se desenvolve o conhecimento científico: a concepção kuhniana

Thomas Kuhn é um dos autores de maior influência dentro da história e da filosofia da ciência contemporânea. Em seu trabalho intitulado “A estrutura das revoluções científicas”, escrito em 1962, apresenta suas idéias sobre a natureza do progresso científico. Propõe, nesta obra, uma nova visão de ciência, criticando a concepção de que a produção do conhecimento científico se dá por indução, sendo um processo cumulativo e linear, de acordo com a idéia de que o conhecimento é algo que vai sendo acrescido de novas teorias, num contínuo somar, onde as teorias novas vão se incorporando às anteriores e assim sucessivamente. Segundo ele, a forma a-histórica pela qual a ciência é apresentada nos manuais científicos passa a impressão de que:

a ciência alcançou seu estado atual através de uma série de descobertas e invenções individuais, as quais, uma vez reunidas, constituem a coleção moderna dos conhecimentos técnicos. O manual sugere que os cientistas procuram realizar, desde os primeiros empreendimentos científicos, os objetivos particulares presentes nos paradigmas atuais. Num processo freqüentemente comparado à adição de tijolos a uma construção, os cientistas juntaram um a um os fatos, conceitos, leis ou teorias ao caudal de informações proporcionado pelo manual científico contemporâneo” (Kuhn, 1987, p. 178).

Kuhn defende que a ciência progride através de uma seqüência de períodos de “ciência normal” (processo cumulativo), nos quais a comunidade científica adere a um paradigma, interrompidos por “revoluções científicas”, que surgem em função de uma crise sem solução dentro do paradigma dominante (processo descontínuo).

Paradigma é um dos conceitos fundamentais de sua teoria. Kuhn inicialmente definiu como paradigma “*as realizações científicas universalmente reconhecidas que, durante algum tempo, fornecem problemas e soluções modelares para uma comunidade de praticantes de uma ciência*” (Kuhn, 1987, p.13).

Em sua obra, Kuhn utilizou o termo paradigma em diversos momentos e com diferentes significados. Analisando o sentido desta palavra, Margaret Masterman constatou que o autor emprega o termo de vinte e duas maneiras diferentes, nesta 1ª edição do seu livro. Recebendo críticas por parte da comunidade de filósofos e historiadores, Kuhn, em edições seguintes, procurou esclarecer o significado da palavra paradigma. Segundo ele, na maior parte do seu livro o termo é utilizado ou com um sentido mais geral ou com um sentido mais restrito. A partir do primeiro deles, também chamado sentido sociológico do termo, sugeriu a expressão “matriz disciplinar”. Nesta perspectiva, a palavra paradigma indica o conjunto de crenças, valores, modelos, teorias, instrumentos, métodos, etc. compartilhados pelos membros de uma comunidade científica. No seu sentido global, de matriz disciplinar, os componentes principais de um paradigma são:

a) generalizações simbólicas — expressões usadas a-criticamente pela comunidade científica, ora encontradas sob a forma simbólica, como por exemplo $F = m.a$, ora sob forma de palavras, como por exemplo “à uma ação corresponde uma reação igual e contrária”. O poder de um paradigma aumenta com o número de generalizações simbólicas que os seus praticantes possuem à disposição.

b) modelos particulares — compromissos coletivos com crenças em modelos tanto heurísticos como ontológicos, fornecendo aos praticantes as analogias ou metáforas aceitáveis para a explicação ou solução de um enigma. Por exemplo, “às moléculas

de um gás comportam-se como pequeninas bolas de bilhar elásticas movendo-se ao acaso”.

c) valores compartilhados – valores aos quais os cientistas aderem. Os de maior intensidade são: os relacionados às predições, que devem ser precisas e são preferencialmente quantitativas ao invés de qualitativas; os usados no julgamento de teorias completas, que devem permitir a formulação e solução de enigmas, devem ser simples, dotadas de coerência interna, plausíveis e compatíveis com outras teorias difundidas no momento.

Num sentido mais restrito, o termo paradigma é também definido como “exemplar”. Esta perspectiva denota “*as soluções concretas de quebra-cabeças que, empregadas como modelos ou exemplos, podem substituir regras explícitas como base para a solução dos restantes quebra-cabeças da ciência normal*” (Kuhn, 1987, p.218). Nesta acepção se enquadram as soluções dos problemas encontrados pelos estudantes na sua educação científica (como as do laboratório, dos exames, dos manuais científicos) e também as soluções técnicas encontradas nas publicações periódicas.

A adesão estrita e dogmática da comunidade científica a um paradigma, caracteriza o período de ciência normal. Neste período, a comunidade científica está empenhada em solucionar novos problemas a partir dos exemplares já reconhecidos por eles. É inexpressivo o interesse em produzir grandes novidades, tanto no domínio dos conceitos, quanto no dos fenômenos. A atividade científica está voltada para a articulação e resolução de problemas baseados nos fenômenos e teorias já fornecidos pelo paradigma existente. Na metáfora utilizada por Kuhn, ele relacionou a ciência normal à resolução de quebra-cabeças. Segundo ele, o quebra-cabeça indica “*aquela categoria particular de problemas que servem para testar nossa engenhosidade ou habilidade na resolução de problemas*” (Kuhn, 1987, p.59). Estes problemas tipo quebra-cabeças são os únicos considerados como científicos pela comunidade científica, e são estes os que serão resolvidos por seus membros. Para Kuhn, esse é um dos motivos pelos quais a ciência normal parece

progredir tão rapidamente, pois seus praticantes se concentram em problemas que só não conseguem resolver por sua falta de habilidade.

Kuhn acredita que é através da confiança na adequação de um paradigma que se propicia o avanço mais efetivo de um campo científico. Enquanto há uma situação pré-paradigmática, em que ainda não existe um paradigma definido, ocorre a dispersão das atenções havendo uma divergência de interpretações na resolução dos problemas.

O período de ciência normal pode ser caracterizado como o de uma atividade extremamente conservadora, na qual o cientista tem uma postura a-crítica em relação ao paradigma em que está trabalhando. Do ponto de vista kuhniano, isso é uma condição necessária, pois somente quando os membros da comunidade científica estão livres da análise crítica das teorias e dos métodos que utilizam podem-se dedicar à ampliação e ao aprofundamento contínuo do conhecimento. Deste modo, contribuem para aumentar o alcance, a precisão e o poder do paradigma, centrando seus esforços nos problemas enfrentados pelos praticantes de sua área. A confiança no paradigma é tão grande que um fracasso é visto como culpa do cientista, e não como uma falta de adequação do paradigma.

São exemplos de ciência normal: a astronomia durante a Idade Média (paradigma ptolomaico); a mecânica nos séculos XVII a XIX (paradigma newtoniano); a Teoria da Relatividade no século XX (paradigma relativístico).

Entretanto, fenômenos novos e inesperados aparecem como resultado das investigações, trazendo à tona problemas teóricos ou experimentais relevantes que se tornam resistentes à solução, mesmo estando envolvidos os membros mais capazes da comunidade científica. Quando isso acontece, os problemas, ao invés de serem encarados como quebra-cabeças, são vistos como anomalias, resultando assim em um estado de crise na área da pesquisa. Esse período foi denominado por Kuhn ciência extraordinária. Algumas vezes, as anomalias que causaram a crise são resolvidas pelo próprio paradigma, fazendo voltar a confiança no mesmo. No entanto, com a persistência e o aumento das anomalias, os cientistas passam a examinar criticamente a validade das leis e teorias. A seriedade de uma crise se aprofunda

e se apresenta como irreversível quando aparece um paradigma rival. Este deve se mostrar capaz de resolver pelo menos alguns dos problemas que o paradigma anterior não conseguia equacionar e prever a solução de novos problemas.

A emergência de um novo paradigma é as vezes repentina, podendo ocorrer no meio da noite, na mente de um homem que está profundamente concentrado na crise. Normalmente, estes inventores são pessoas que estão menos comprometidas com o velho paradigma.

Quando um paradigma se torna enfraquecido a tal ponto que seus praticantes perdem a confiança nele, adotando um novo, ocorre o que Kuhn definiu como revolução científica. Segundo ele, as revoluções científicas se referem a “*aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior*” (Kuhn, 1987, p.125). Este termo é adotado tanto para alterações radicais na concepção de mundo como para mudanças menores.

Kuhn denominou este período de revolução pela analogia que fez entre um momento de revolução política e a mudança paradigmática. Para ele, ambas surgem da insatisfação de um grupo com situações geradas pelo próprio paradigma. Em ambas, ocorre competição entre os campos, onde uns defendem a permanência e outros a mudança.

Ainda que muitas vezes seja preciso esperar uma geração para que a revolução se realize, as comunidades científicas freqüentemente têm sido convertidas a novos paradigmas. Como exemplos, Kuhn cita o paradigma ptolomaico, o paradigma relativístico e o paradigma de Lavoisier. Do seu ponto de vista, *cada um deles forçou a comunidade a rejeitar a teoria científica anteriormente aceita em favor de uma outra incompatível com aquela*” (Kuhn, 1987, p.25). Alguns cientistas, principalmente os mais velhos e mais experientes, são resistentes às mudanças, mas a conversão ocorre aos poucos, até que morrem os últimos que se opõem e a comunidade científica passa a se orientar pelo novo paradigma.

Durante o período de transição, o antigo paradigma e o novo competem pela preferência da comunidade científica, apresentando concepções diferentes da

natureza. Segundo Kuhn, “*se novas teorias são chamadas para resolver as anomalias presentes na relação entre uma teoria existente e a natureza, então a nova teoria bem sucedida deve, em algum ponto, permitir previsões diferentes daquelas derivadas de sua predecessora. Essa diferença não poderia ocorrer se as duas teorias fossem logicamente compatíveis*” (Kuhn, 1987, p.131). Na perspectiva do novo paradigma, alguns conceitos do velho paradigma perderão importância, ou passarão a ter significados diferentes.

A idéia de que os paradigmas rivais oferecem padrões científicos e definições diferentes por meio dos quais o mundo passa a ser visualizado foi caracterizada por Kuhn pela expressão “incomensurabilidade de paradigmas”, já que ele considera que os defensores de cada um dos paradigmas estarão se expressando com linguagens diferentes, o que inviabiliza, a priori, uma comunicação entre os dois grupos. Portanto, julgou necessário que, nos debates interparadigmáticos, os cientistas buscassem um processo de tradução, que consistiria em compartilhar um vocabulário, ou seja, encontrar uma forma de estar no lugar do outro. No entanto, a tradução não garante a conversão dos paradigmas.

A argumentação de Thomas Kuhn sobre o progresso da ciência gerou diversas críticas por parte de outros filósofos, como Popper e Lakatos, entre outros. Os comentários referentes às críticas que recebeu e à sua defesa não são objeto do presente trabalho.

CAPÍTULO 2

A CONCEPÇÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA E O ENSINO DE CIÊNCIAS

Conforme Silveira (1996), “*sempre há uma concepção epistemológica subjacente a qualquer situação de ensino, nem sempre explicitada e muitas vezes assumida tácita e acriticamente*” (p.225). Nesta perspectiva, a literatura revela que a educação científica ainda tem uma sólida fundamentação na corrente empirista-indutivista. Portanto, este capítulo procura mostrar de uma forma bem sucinta como esta visão se encontra amplamente difundida no ensino de Ciências em geral, aparecendo muitas vezes de maneira bem explícita. Por fim, discute-se a importância da história e filosofia da ciência no ensino de Física: trata-se, entre outras coisas, de uma alternativa possível para levar o estudante a uma posição mais crítica e mais atual sobre a natureza da ciência e do trabalho científico.

2.1 DIFUSÃO DA CONCEPÇÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Uma das tendências das pesquisas no ensino de Ciências nos últimos anos tem sido uma ampla reivindicação para que sejam incorporados aspectos relacionados com a natureza da ciência e da construção do conhecimento científico nos currículos de Ciências. No entanto, constata-se a necessidade de articular este tipo de ensino com perspectivas epistemológicas contemporâneas para possibilitar aos alunos a construção de concepções mais contemporâneas a respeito da ciência e dos cientistas.

A implementação dessa visão mais atual no currículo escolar assume uma relevância maior ainda, devido à importância a ela atribuída pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (1999).

Contudo, as concepções veiculadas por muitos livros didáticos disponíveis para os professores e os alunos ainda estão fundamentadas em aspectos da corrente empirista-indutivista e, portanto, não contribuem para a formação pretendida pelo ensino de Ciências. Principalmente no que se refere ao método científico, essa concepção ainda é bastante difundida:

A Física estuda determinados fenômenos que ocorrem no Universo. O método que utiliza para conhecer esses fenômenos é simplificadaamente o seguinte: observa repetidas vezes o fenômeno destacando fatos notáveis. Utilizando aparelhos de medida, desde o relógio para medir o tempo e a fita métrica para medir comprimentos até instrumentos mais sofisticados, determina a medida das principais grandezas presentes no fenômeno. Com essas medidas, procura alguma relação existente no fenômeno, tentando descobrir alguma lei ou princípio que o rege. Eventualmente, essas leis ou princípios são expressos por fórmulas, como a fórmula da energia apresentada no item anterior. Em resumo, o método da apreensão do conhecimento da Física é o seguinte: a) observação dos fenômenos, b) medida de suas grandezas, c) indução ou conclusão de leis ou princípios que regem os fenômenos. Esse método de conhecimento é denominado método experimental (Ramalho et al., 1997, p.13).

*O método científico é a combinação de três operações que visam descobrir as regras que regem os fenômenos naturais: observação, experimentação e raciocínio. A observação é o primeiro passo para o entendimento de um fenômeno. É um exame cuidadoso dos fatores e circunstâncias que parecem influenciá-lo. Mas nem sempre os fenômenos naturais ocorrem sob as condições desejadas e com a frequência esperada. Por esse motivo, realizam-se várias experiências visando repetir a observação e, desse modo, isolar o fenômeno estudado. Nessa fase de experimentação, podem-se variar as condições, a fim de descobrir mais facilmente como elas afetam o fenômeno. A partir da análise das observações, tenta-se levantar uma hipótese que explique o fenômeno: é a fase do raciocínio. A hipótese leva a uma nova série de experiências que irão confirmar, ou não, a hipótese feita. Se ela se mostrar acertada e puder prever os resultados de uma nova experiência, ela se torna uma **lei natural** (Penteado, 1998, p.4).*

Tendo como referência “a regra”, “o método” através do qual se faz ciência, a exemplificação de seus componentes acontece como decorrência natural. Deste modo, referindo-se a Galileu, Bonjorno et al. (1999) afirmam que “suas co n-

clusões eram baseadas mais em observações e nos resultados dos experimentos do que na lógica dedutiva” (p.12).

Ao tratar dos princípios da Dinâmica, Robortella et al. (1985), procurando explicar que a “Física é uma ciência experimental” que analisa os fenômenos da natureza, citam como exemplo a queda de uma pedra. Os autores afirmam que esse fenômeno é estudado da seguinte forma:

*1^o) pela **observação** cuidadosa e crítica do fenômeno no seu local de ocorrência; 2^o) pela **experimentação**, que consiste na observação do fenômeno em condições preestabelecidas e cuidadosamente controladas – por exemplo, em laboratório, na ausência de ar. O método experimental de análise nos leva a encontrar certas relações – denominadas **leis físicas** – entre as grandezas envolvidas no fenômeno, que neste caso são o espaço, a velocidade, a aceleração da gravidade, o tempo e massa (p.207).*

Uma conclusão semelhante (a queda livre pode ser entendida a partir da observação e da experiência) também aparece em Amaldi (1995), como destaca Bahia (2001).

Tanto em Bonjorno et al. (1999) como em Amaldi (1995), Galileu é considerado o fundador do método experimental, sendo portanto uma figura de destaque.

Um outro conteúdo que também ilustra a divulgação da ciência como um conjunto de generalizações que resultam de induções baseadas em fatos, é o que se refere à gênese da TRR. Amaldi (1995), em um parágrafo introdutório, escreve que, “*para criar a teoria da Relatividade restrita, Einstein partiu da observação experimental de que a velocidade das ondas eletromagnéticas é a mesma em todos os sistemas de referência*” (p.400).

Nesta mesma direção, Basso e Peduzzi (2002) fizeram uma análise da relação estabelecida entre o experimento de Michelson Morley e a Teoria da Relatividade Restrita no livro ‘Física 3’ de Cabral e Lago (2002). Fica constatada a circulação de uma visão empirista-indutivista da ciência quando, por exemplo, o livro didático sugere que o professor descreva os experimentos que levaram à TRR, ou mesmo quando diz que o experimento de Michelson Morley pavimentou o caminho para a formulação da Teoria da Relatividade Restrita.

A disseminação dessa visão limitada do trabalho do cientista não se restringe apenas à área da Física. Ela também é encontrada em livros de Biologia (Soares, 1997; Marczwski, 1999; Favaretto e Mercadante, 1999) e Química (Tito e Canto, 2002; Santos et al., 2003) do Ensino Médio, e no estudo de Ciências (Barros e Paulino, 1997; Canto 1999) do Ensino Fundamental.

Referindo-se ao trabalho de um pesquisador, Marczwski (1999) enfatiza que, *“no desejo de descobrir reside o elemento básico do trabalho do pesquisador. Ele faz uso do método científico, uma série de procedimentos dispostos de forma hierárquica e seqüencial, que direcionam e ordenam em etapas o seu trabalho”* (p.19). Em seguida, faz um comentário sobre cada um desses procedimentos, dizendo que o método científico cumpre o seguinte roteiro: observação do fato, formulação do problema, levantamento de hipóteses, experimentação, análise dos resultados e conclusão.

No capítulo introdutório, Santos et al. (2003) fazem um relato histórico da Química, destacando que a chamada Revolução Química consagrou a experiência como método para a busca do verdadeiro conhecimento. Referem-se a seguir ao estudo da combustão feito por Lavoisier, mencionando que:

a repetição de vários experimentos o levou a concluir que o gás oxigênio era o responsável pela combustão (...) essa forma experimental de repetir o fenômeno, fazendo observações controladas, é uma das características do modo como a ciência busca explicar o Universo. Todo campo de conhecimento que adotou tal método experimental passou a ser considerado ciência. Foi assim que a Física, a Química, a Biologia e a Geologia, por exemplo, passaram a ser reconhecidas como ciências, ou seja, um campo do conhecimento que utiliza o método experimental (p.17).

Este capítulo segue com um tópico que contém uma explanação sobre a “ciência, passo a passo”, apresentando e explicando o método científico usado pelos cientistas, que obedecem uma seqüência organizada de etapas: observação do fenômeno, elaboração de hipóteses, teste das hipóteses, generalização e proposição de uma teoria. Mais adiante, os autores comparam o conhecimento científico com o saber popular, comentando que, em determinadas situações, esse último também é usado, mas normalmente ele não é suficiente para prever e explicar os fenômenos.

O que diferencia os dois tipos de conhecimento é a maneira como é obtido: no caso do saber popular, ele não precisa necessariamente seguir “métodos e técnicas específicos”, procedimento assumido pelos cientistas.

Outra obra que parece estar induzindo o leitor a uma visão empirista-indutivista é destinada ao ensino de Ciências no Ensino Fundamental. Canto (1999) faz inicialmente algumas considerações destinadas ao professor (no exemplar do professor), alertando-o de que o método de ensino não deve ser confundido com o método científico (aquele que os cientistas usam para desenvolver o seu trabalho de uma maneira organizada). No entanto, segundo o autor, “*o método científico pode, isso sim, ser usado com sucesso em momentos de investigações durante aulas e projetos. Sua utilização faz parte do curso de Ciências Naturais como um dos procedimentos a serem aprendidos e que, como já foi exposto ao falar sobre os conteúdos procedimentais, potencializa aprendizagens posteriores*” (p.23).

Ao longo de todo o livro, a seção inicial de cada capítulo mostra uma fotografia ou uma experiência, sendo que um quadro bem destacado abriga uma dessas frases: “observando uma situação”, “fazendo uma experiência e observando”, “observando um fato experimental”. Em seguida, faz um comentário sobre o que foi observado, apresentando novamente um quadro no qual se lê: “aprendendo com as observações”; começa aí a explanação do conteúdo. Essa atitude pode estar levando o aluno ou mesmo o professor a pensar que primeiro deve-se observar para depois formular ou estudar os conceitos.

No entanto, não é objetivo deste trabalho discutir a qualidade dos livros didáticos citados; esse assunto mereceria, inclusive, uma outra pesquisa. O que interessa é mostrar que, ao longo de cada um dos livros, são apresentadas idéias que induzem o leitor (seja ele o professor ou o aluno) a uma visão empirista-indutivista de ciência.

Ainda nessa linha de raciocínio, pode-se mencionar uma análise feita em livros didáticos de Ciências do Ensino Fundamental (1^a a 4^a séries) por Pretto (1995). Este autor realizou, através dos livros mais utilizados nas redes de ensino de Salvador (BA), um estudo que procura examinar como o conceito de ciência é

passado aos alunos. Segundo ele, entre outras características ideológicas marcantes, as obras: apresentam um enorme vazio de informações; estão baseadas na repetição do conteúdo, induzindo à memorização; apresentam o conhecimento de forma fragmentada; representam a ciência se utilizando da natureza como uma fonte inesgotável de recursos; mostram o método que a ciência utiliza, considerando a experiência como a base de tudo; não comentam nenhuma contradição, ou seja, tudo parece estar em perfeita harmonia; retratam o cientista como um indivíduo especial, absolutamente diferente do homem comum; difundem a experimentação como palavra final, sem vínculos com os modelos teóricos; reproduzem a atitude autoritária dos que sabem em relação aos que “nada” sabem.

Tendo em vista o fato de que o livro didático é muitas vezes a principal (se não única) fonte de consulta utilizada pelo professor na preparação de suas aulas (já que o acesso a periódicos e outras referências, em muitas situações, é inviável), e que nos cursos de formação, e mesmo de atualização, a discussão de aspectos ligados à história e filosofia da ciência, em geral, inexistente, não surpreende que muitos professores assumam a postura empirista em suas aulas.

A concepção empirista-indutivista é, de fato, a que prevalece em um expressivo número de docentes, independente do seu nível de atuação, como mostram vários trabalhos que têm investigado as concepções de professores sobre a natureza da ciência (Borges, 1991; Praia e Cachapuz, 1994; Porlan et al., 1998; Harres, 1999; Almeida et al., 2001).

A fim de diagnosticar as concepções de ciências dos professores do ensino de Ciências (Física, Química, Geografia, Biologia e Ciências da Terra) do ensino básico e secundário em Portugal, Praia e Cachapuz (1994) realizaram um estudo com uma amostra de 464 professores. A análise aponta a predominância das perspectivas empiristas no que tange à relação entre teoria e observação (74,4%), bem como à natureza do método científico (79,3%). Também analisaram a relação entre as concepções de ciência e as variáveis ‘disciplina lecionada’ e ‘experiência profissional’. Constataram que as concepções empiristas independem dos conteúdos ensinados e do tempo de atuação na função de professor. Segundo os autores,

os argumentos empiristas desses professores podem impedi-los de usar estratégias de ensino que promovam e desenvolvam a criticidade e a criatividade do aluno, dois objetivos fundamentais da educação científica. E acreditam que esta visão de ciência que predomina entre os professores não é apenas característica dos professores portugueses, mas também dos profissionais de outros países.

Harres (1999) evidencia isto em uma pesquisa com 534 professores do Ensino Médio (das quatro disciplinas científicas) e do Ensino Fundamental (1^a a 4^a série, disciplinas de ciências e matemática) do Rio Grande do Sul, constatando, ademais, que entre os professores que apresentam uma concepção menos empirista-indutivista estão os de Física, enquanto entre os professores de Biologia essa tendência é mais clara. Citando Popper (1987)², Harres também destaca como diferem, em geral, os artigos científicos escritos por físicos e biólogos, no que se refere a este assunto. Assim,

a concepção relativamente mais empirista comum na área de Biologia, pode ser constatada pela forma como é feita, geralmente, a introdução de artigos escritos por biólogos. Estes apresentam inicialmente os resultados das observações e só depois aparecem as discussões teóricas. Entre os artigos escritos por físicos, ao contrário, Popper identificou uma tendência geral das considerações teóricas antecederem os resultados encontrados (Harres, 1999, p.174-175).

Segundo Praia e Cachapuz (1994), estão surgindo hoje “*evidências claras de que as concepções dos professores acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico e do que é o método influenciam a forma de abordar um determinado conteúdo e portanto a imagem de ciência dada ao aluno*” (p.350). Este resultado é corroborado por outros estudos (Porlan et al., 1998; Harres, 1999; Ostermann e Moreira, 1999; Almeida et al., 2001).

Investigando as visões de ciências naturais e a influência destas no trabalho docente, Almeida et al. (2001) realizaram um estudo com um grupo de 195 professores de 1^a a 4^a série do Ensino Fundamental da rede municipal do Recife. Destes, 52,8% apresentaram uma visão de ciência essencialmente empiris-

² POPPER, K. R. **O realismo e o objetivo da ciência**. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

ta/positivista, 4,1% mostraram uma visão mais atual e 43,1% mostraram uma visão eclética. No entanto, em relação às práticas desses professores, os autores concluem que ocorre uma aproximação entre as suas visões epistemológicas. Para os autores, a pesquisa revela a necessidade da capacitação continuada destes professores no que se refere às questões epistemológicas propostas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Como a concepção empirista-indutivista é a que prevalece, em geral, na prática didática dos professores, é natural que estes utilizem o laboratório como um recurso para desenvolver nos alunos atitudes e habilidades como observar, medir, comparar, anotar e tirar conclusões; enfatizem apenas o produto das descobertas científicas; reportem-se aos grandes cientistas como seres excepcionais, de inteligência superior, usualmente isolados em seus laboratórios, envolvidos em descobertas; apresentem o conhecimento científico como algo acabado e certo, etc.

Pinheiro (1996) apresenta o resultado de uma pesquisa conduzida em 1994 com um grupo de 97 estudantes da 1ª série do Ensino Médio, cujo objetivo era saber quais as suas concepções de ciência. Em sua investigação, a autora classificou as respostas dos alunos através de categorias³ definidas anteriormente por Ledbetter (1993)⁴. Conforme a pesquisadora, os argumentos usados pelos alunos tendem à idéia de que a ciência é algo que está presente no mundo (na natureza) e que é descoberto pelo homem. Do seu ponto de vista, isso leva à interpretação de que as concepções estão fortemente inspiradas no empirismo-indutivismo.

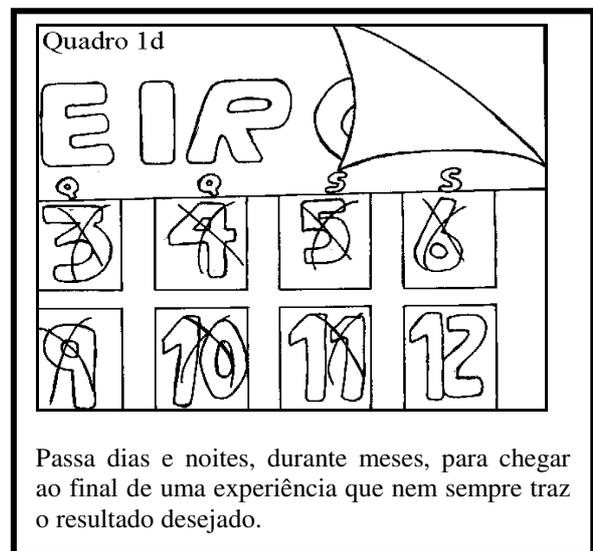
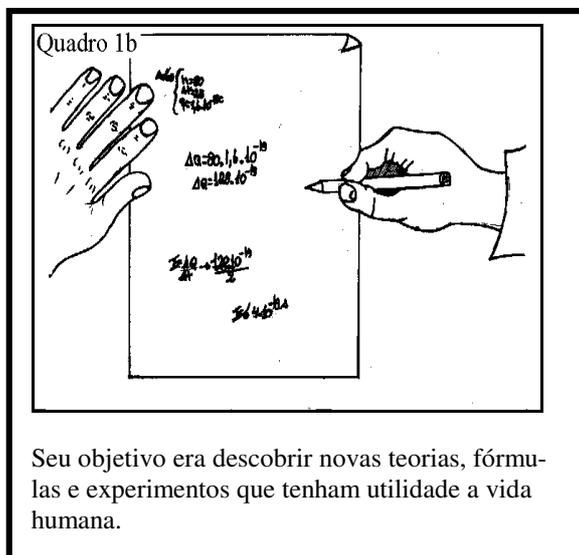
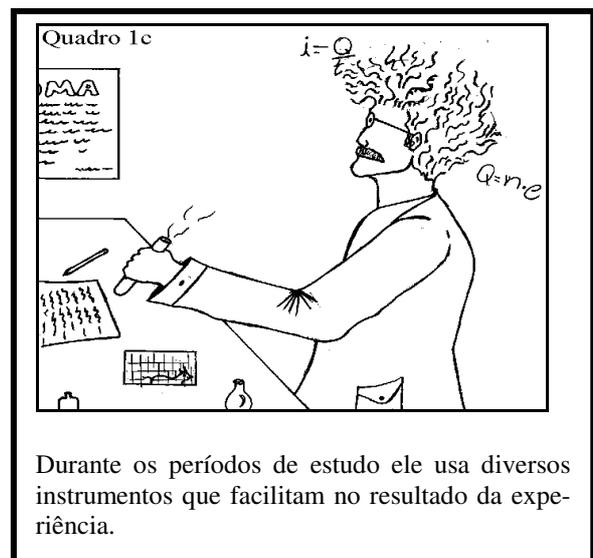
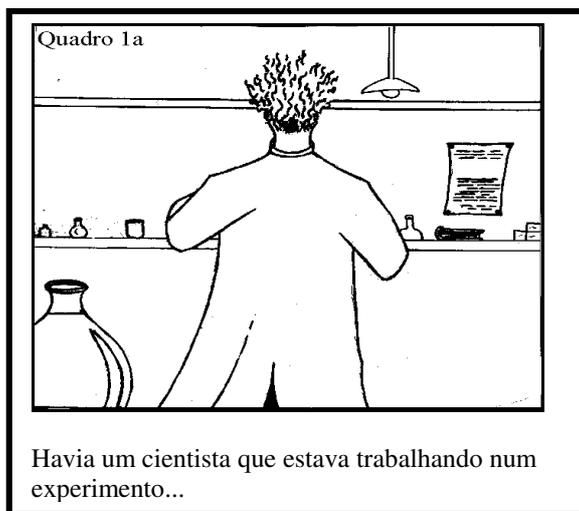
Para o presente trabalho, considerando a hipótese de que os livros didáticos e os professores contribuem para transmitir essa concepção de ciência aos alunos (sem no entanto desconsiderar o papel e a influência de outras “fontes” neste processo), no segundo semestre de 2001 foi realizado um estudo preliminar com um grupo de estudantes da 3ª série do Ensino Médio da escola em que o módulo didático foi aplicado (ver capítulos 3 e 4). A proposta dirigida aos alunos consistia

³ São elas: descoberta, atividade centrada na escola, fenômenos e seus efeitos, atividade de raciocínio e método científico, entre outros.

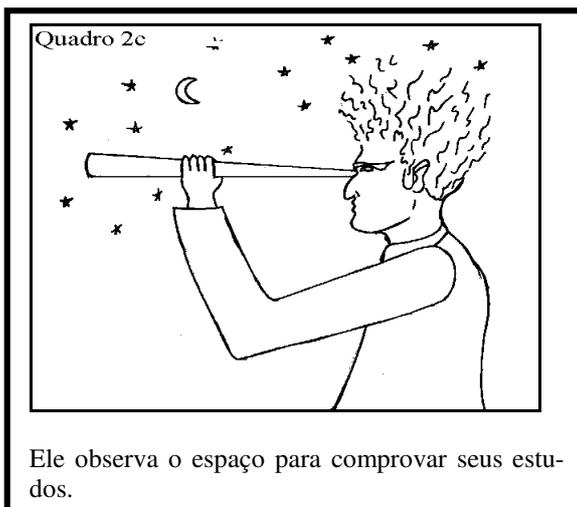
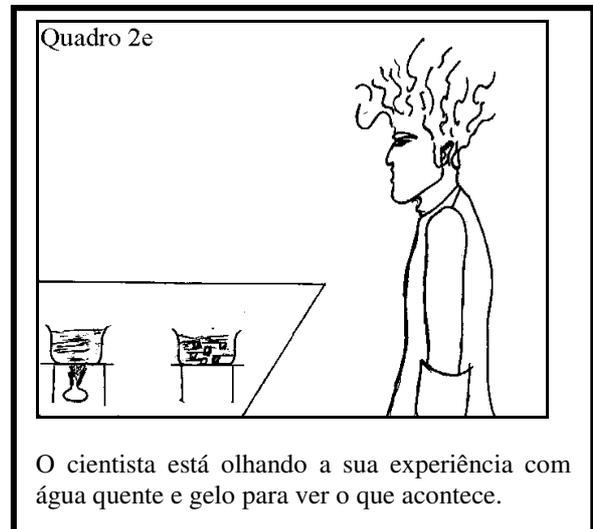
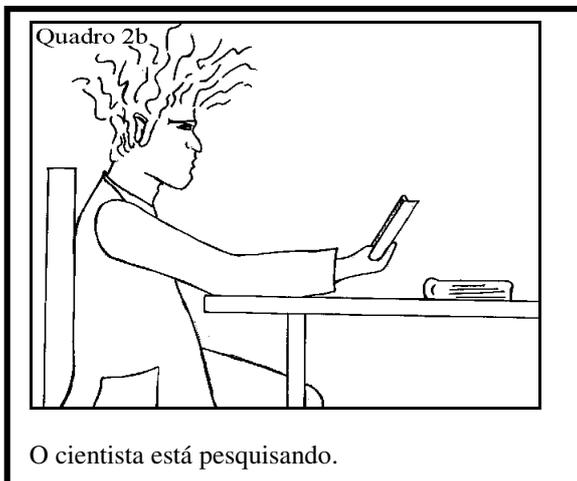
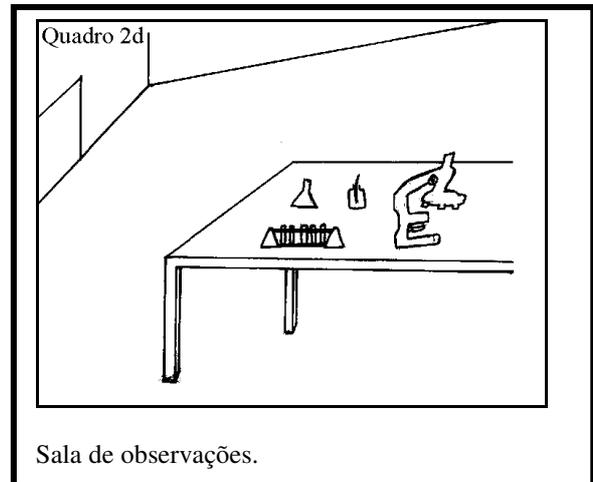
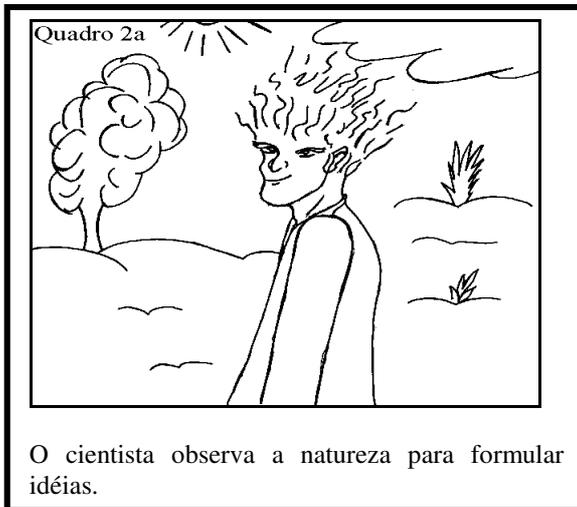
⁴ LEDBETTER, C. E. Qualitative comparison of students' constructions of science. *Science education*, 77 (6), p. 611-624, 1993.

na criação de uma pequena história em quadrinhos que mostrasse como eles conce-
biam o trabalho de um cientista. Para desenvolver esta atividade, os alunos dividi-
ram-se espontaneamente em grupos de cinco (em média), que trabalharam em am-
bientes distantes entre si. As histórias 01, 02 e 03, a seguir, mostram os resultados
obtidos, após três aulas de trabalho em grupo.

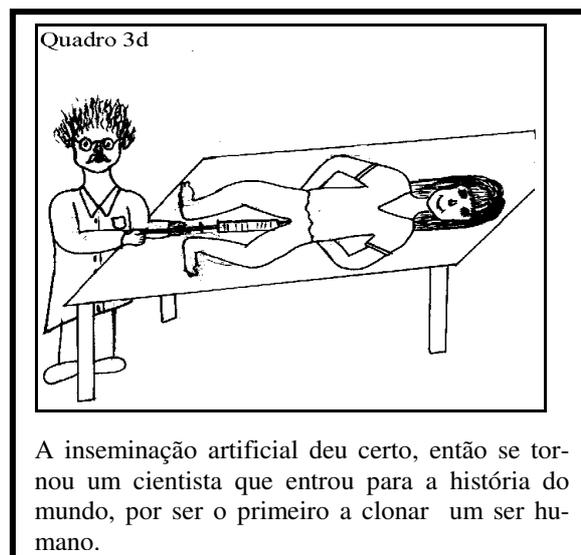
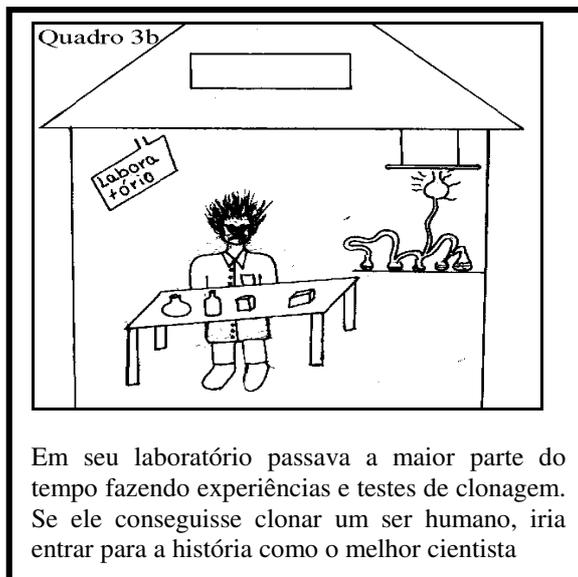
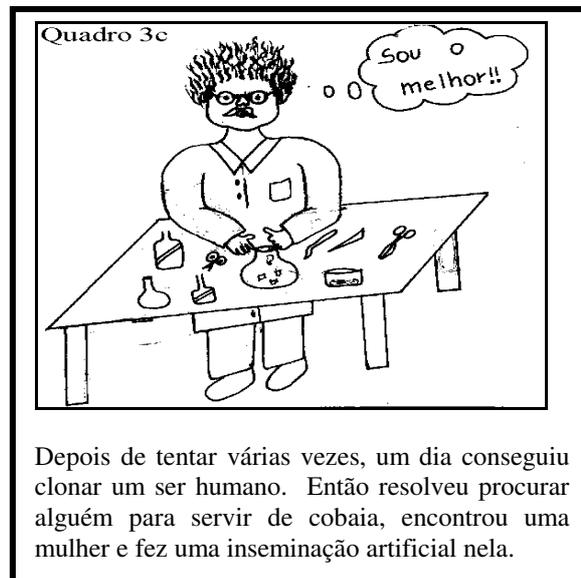
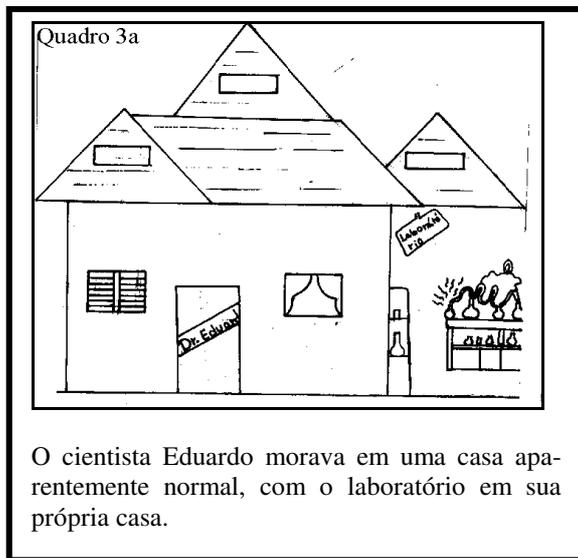
História em Quadrinhos 01



História em Quadrinhos 02



História em Quadrinhos 03



Através das representações dos alunos, percebe-se que os estudantes entendem que o cientista trabalha no laboratório e se envolve em experiências e observações. O cientista também aparece como um atento observador da natureza. Sempre com os cabelos despenteados, como que esquecido de si mesmo em função da sua pesquisa, ele parece personalizar a imagem de um sujeito solitário, que procura fazer descobertas que sejam úteis à humanidade.

Durante a fase de elaboração dos desenhos (e mais tarde, em conversas informais com os estudantes), constatou-se que as respostas à questão formulada estavam em grande parte inspiradas em programas transmitidos pelos meios de comunicação de massa. Além de lembrarem de experiências de laboratório realizadas em sala de aula, recordaram-se principalmente de personagens de novela ('O Clone', 'Roque Santeiro' e 'Serafim'), ou mesmo de filmes ('O jovem Einstein', 'O óleo de Lorenzo') e também de reportagens jornalísticas mostrando cientistas em laboratórios, fazendo testes com cobaias, etc.

Os meios de comunicação, em suas diferentes formas e através dos mais variados tipos de programas (desde o simples entretenimento à divulgação científica), reforçam ainda mais esta visão equivocada do trabalho do cientista. Estes exercem um grande fascínio sobre o indivíduo e, cada vez mais, têm um papel determinante no processo de socialização.

Tendo a mídia uma importante contribuição na transmissão de cultura, cabe então à escola o papel de desenvolver no aluno competências e habilidades para uma atitude crítica e uma percepção consciente das mensagens veiculadas por estes meios.

Esta atividade mostra como pode ser impactante o papel dos meios de comunicação nos resultados de uma tarefa desenvolvida pelos alunos em sala de aula. Se à concepção empirista da ciência disseminada por estes canais se associar acriticamente o professor e o livro didático, o resultado será uma visão muito parcial do trabalho científico, para dizer o mínimo.

Kosminsky e Giordan (2002) também investigaram, em uma escola paulistana de Ensino Médio, o que os estudantes pensam a respeito das ciências e de como procedem os cientistas no seu dia-a-dia. Na primeira etapa, um grupo de 15 alunos respondeu por escrito a três questões: para que servem as expressões numéricas e fórmulas usadas nas ciências? a natureza obedece às leis das ciências? o que é ciência? Em seguida, alguns desses alunos receberam um material (que deveria ser devolvido dois dias depois) para que desenhassem as ações de um cientista nos

três dias propostos: segunda-feira, quinta-feira e domingo. E ainda nos diferentes horários da quinta-feira: às 10:00, 16:00 e 23:00 horas.

Em sua análise, os autores constatam que, embora haja uma tendência por parte das correntes atuais de considerar a ciência como linguagem ou construção humana que estabelece relações com o mundo, “*não se nota menção alguma à comunidade científica, predominando visões reducionistas e escolarizadas nos registros dos alunos*” (p.14). Conforme os autores, essa visão, além de ser influenciada pela maioria dos livros didáticos e sustentada pelos argumentos dos professores, também é moldada pelos veículos de comunicação, e de divulgação científica, que têm um papel determinante.

Referindo-se aos desenhos dos estudantes, evidenciaram que:

em todas as representações, observa-se um cientista do sexo masculino, solitário e interagindo somente com o seu mundo. Nas únicas cenas em que representam outras pessoas, elas são vistas como objetos; tanto o homem como cobaia, como a mulher na foto da parede. Representativa disto é a figura do domingo no primeiro conjunto, na qual o cientista está isolado e perdido no papel vazio. Nota-se a preponderância do caráter experimental dado ao agir do cientista, desconsiderando, aparentemente, a troca de informações entre os pares, as elaborações teóricas e as próprias ciências não experimentais. Há uma flagrante ausência de menção às comunidades científicas como foro de troca de idéias e de legitimação do conhecimento. A única referência a elementos de identidade das comunidades científicas limita-se a uma gravura, na qual aparece a revista de divulgação “Globo Ciência” (p. 14-15).

2.2 O PAPEL DA HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NO ENSINO DE FÍSICA

De um modo geral, o ensino de Física ainda acaba apresentando o conhecimento científico de uma forma bastante operacional, desconsiderando a filosofia e a história, por julgá-las uma perda de tempo. Para o professor, o importante é que o aluno aprenda rapidamente a teoria e aplique-a na resolução de problemas. O aluno praticamente se obriga a memorizar uma grande quantidade de fórmulas e conceitos que ele nem sabe o que significam. Assim, não há prazer nem interesse

em estudar a Física. O estudante passa a acreditar que este conhecimento é acessível apenas às pessoas muito inteligentes ou aos próprios cientistas.

Conforme aponta Taglieber (1984), “um currículo de ciências sem os aspectos sócio-histórico-filosóficos inseridos em seu corpo, seria um corpo morto e que provavelmente não seria capaz de atrair a atenção e a motivação do aluno” (p.107).

Na tentativa de suprir esta lacuna, os livros didáticos muitas vezes fazem uma breve descrição da vida e da obra dos cientistas, fornecendo algumas ilustrações de cientistas famosos ou de instrumentos, além de datas importantes. Quanto ao contexto e ao processo de criação do conhecimento, praticamente não são mencionados. Apresentada dessa forma caricata, a história pode apenas auxiliar na sustentação de um perfil distorcido da ciência. Segundo Zanetic (1989),

É preciso “datar” a física, mostrar que ela tem uma história vinculada ao desenvolvimento social, influenciada e influenciando a transformação social. É preciso que a chamada “física escolar” dê uma visão a mais viva possível da física enquanto parte integrante de uma cultura que precisa ser dominada para poder ser transformada em instrumento de compreensão e intervenção na realidade que está aí (p.52).

A história da ciência, integrada à filosofia da ciência, pode ser uma estratégia importante no sentido de despertar o interesse dos estudantes nas aulas de Física. No entanto, ela não contribui apenas para um melhor aprendizado dos conceitos científicos, mas também para o enriquecimento cultural do aluno, constituindo uma forma de conhecer o trabalho científico e de desenvolver o pensamento crítico. A proposta de um ensino mais histórico busca contrapor-se a um ensino que alimenta a imagem de um conhecimento científico cumulativo e linear, algorítmico e exato, que enfatiza o produto final da ciência, neutro, descontextualizado, individualista, caracterizado como uma construção de grandes gênios e conhecimento não falível, entre outros elementos.

Para Matthews (1995), autor de referência entre os que buscam fundamentação teórica nesta área, essa reaproximação entre o ensino de Ciências e a história, a filosofia e a sociologia, é bastante oportuna, num momento em que este en-

sino está em crise e gera, pela sua má qualidade, um alto índice de analfabetismo em ciências. Assim,

a história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral da matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas (Matthews, 1995, p. 165).

Há, sem dúvida, críticas à utilização da história e filosofia da ciência no ensino de Física, mas prevalece na literatura os argumentos favoráveis a esta abordagem em sala de aula. Já existe, inclusive no Brasil, uma ampla produção que analisa a sua importância como recurso didático (Barros e Carvalho, 1998; Bastos, 1998; Bizzo, 1992; Peduzzi, 1998, 2000, 2001; Zanetic, 1989, 1997; entre outros).

Entre os que defendem essa alternativa para o ensino de Ciências (e, mais especificamente, para o ensino de Física), prevalece a idéia de que a história e a filosofia da ciência, articuladas entre si e relacionadas com os conteúdos que compõem o currículo de Física, permitem reflexões que podem levar a uma visão mais realista do trabalho científico e, ao mesmo tempo, melhorar a qualidade do ensino.

Segundo o levantamento feito por Laranjeiras⁵ (apud Barros e Carvalho, 1998), duas grandes tendências de abordagem histórica no ensino de Ciências podem ser constatadas: uma delas concebe a história da ciência como um instrumento que auxilia a compreensão de teorias científicas, enquanto a outra entende a história da ciência como parte integrante da própria ciência.

⁵ LARANJEIRAS, C. C. **Redimensionando o ensino de Física numa perspectiva histórica**. 1994. Dissertação (Mestrado em Educação) – Instituto de física e Faculdade de Educação da USP, São Paulo.

A idéia de que uma abordagem histórico-filosófica em sala de aula pode propiciar discussões sobre a natureza e o processo da Ciência é bastante contemplada pelos pesquisadores desta área. A concepção de ciência de origem empirista-indutivista ainda está fortemente enraizada no ensino de Ciências e, como consequência, a escola acaba por reafirmar uma imagem pouco realista da atividade científica. Por isso, tratar os conteúdos sob o enfoque histórico-filosófico, apesar de não mudar completamente os aspectos distorcidos dessa visão superada, pode ser relevante no sentido de desencadear discussões que levem os estudantes a uma visão crítica da ciência, de acordo com idéias de filósofos mais atuais (Solbes e Traver, 2001; Teixeira et al., 2001).

A introdução de aspectos históricos do desenvolvimento científico em sala de aula permite, por exemplo, que o aluno compreenda como os cientistas trabalham e como o conhecimento é obtido. É possível, assim, desmistificar o método científico entendido como o processo investigativo que é usado na ciência. Através desse novo entendimento, pode-se perceber também que o cientista está envolvido num processo de construção do conhecimento que se dá por meio de um trabalho coletivo.

Conforme Koyré (1991), a história da ciência

nos revela o espírito humano no que ele tem de mais alto, em sua busca incessante, sempre insatisfeita e sempre renovada, de um objetivo que sempre lhe escapa: a busca da verdade, itinerarium mentis in veritatem. Ora, esse itinerarium não é dado por antecipação e o espírito não o percorre em linha reta. O caminho na direção da verdade é cheio de ciladas e semeado de erros e nele os fracassos são mais freqüentes do que os sucessos. Fracassos, de resto, por vezes tão reveladores e instrutivos quanto os êxitos. Assim, cometeríamos um engano se desprezássemos o estudo dos erros; é através deles que o espírito progride em direção à verdade (p. 377).

Apresentando ao aluno uma história que mostre tanto os acertos quanto os erros, pode-se discutir também quais critérios levam à substituição de uma teoria por outra, enfocar certos episódios que ocorreram na história do pensamento cientí-

fico (revoluções científicas) e constatar que as teorias científicas não são definitivas, mas objeto de constante revisão, entre outras possibilidades. Enfim, dessa maneira o estudante poderá compreender que a ciência é uma atividade humana, e que o cientista é um ser falível.

Outra possibilidade consiste em permitir que os alunos penetrem no campo da ética, da cultura e da arte. Para Zanetic (1989, 1997), a história da ciência, no Ensino Médio, tem muito a contribuir, pois transforma a Física em uma disciplina de interesse geral ao colaborar para aquilo que chama de “cultura científica”. Sobre isso, argumenta:

parto da premissa de que a ciência tem vários componentes culturais que podem ser trabalhados em sala de aula. Desta forma as diferentes dimensões segundo as quais o currículo escolar pode explorar a física, além do algoritmo e da experimentação costumeiramente presentes, sua história, sua filosofia, sua relação com outras áreas do conhecimento, suas implicações ideológicas e políticas podem despertar o interesse mesmo daqueles indivíduos que normalmente detestam a física escolar dominante. O professor de física deveria ser capaz de mostrar inclusive a um futuro poeta que física poderia ser de seu interesse. Afinal, física também é cultura (Zanetic, 1997, p.47).

Outro aspecto no qual a história e a filosofia da ciência podem auxiliar é na construção dos conhecimentos científicos em sala de aula, já que nesse processo é preciso lidar com as concepções alternativas. Contextualizar o conhecimento, mostrando ao aluno como este emergiu, quais foram as motivações dos cientistas, quais eram as suas ferramentas conceituais, como e porque o contexto se modificou na forma atual de conhecimento: todas essas tarefas podem ser importantes para que se possa dar significado ao conhecimento científico e para que o aluno perceba que algumas de suas explicações são semelhantes às que foram usadas por alguns cientistas no passado, mas que hoje estão superadas.

Por outro lado, conhecer a evolução das idéias científicas possibilita ao professor uma maior segurança ao trabalhar o conhecimento, pois permite que ele desenvolva melhor seus temas, lidando com construções mais elaboradas e, ao mesmo tempo, ajuda-o a entender melhor as dificuldades de seus alunos e as suas

idéias prévias sobre certos conceitos, já que alguns desses erros são análogos àqueles mostrados pela história da Física.

Outra contribuição relevante do uso didático da história e da filosofia da ciência se dá no sentido de desenvolver o pensamento crítico do aluno. Isso é fundamental numa educação científica voltada para a cidadania. Portanto, ensinar a Física dentro de um contexto histórico-filosófico pode preparar o aluno para que ele seja capaz de, a partir de uma leitura mais crítica do mundo em que vive, atuar como um agente de transformação.

De uma forma geral, utilizar a história e a filosofia da ciência torna-se indispensável no ensino de Física, pois a contribuição dessas perspectivas é inestimável e enriquece sobremaneira o processo de ensino-aprendizagem. Segundo Pretto (1995), o ensino deve ter como espinha dorsal a própria história, mas “*uma história que não seja meramente factual, mas que discuta o surgimento de um novo conhecimento e de suas relações com a sociedade, constituindo assim, novos sistemas de saber científico*” (p.23).

No entanto, é preciso ter um certo equilíbrio ao usar este tipo de abordagem em sala de aula pois, conforme Peduzzi (2000), “*uma história da ciência ‘simplificada em demasia’ pode apresentar grandes lacunas e se mostrar de má qualidade; uma história da ciência explorada com muitos detalhes pode chatear e desinteressar o estudante*” (p.3).

Contudo, não devemos olhar para a história e a filosofia da ciência como se elas fossem a panacéia que vai resolver todos os problemas do ensino de Física. Essa visão nos levaria a conclusões e posturas equivocadas.

CAPÍTULO 3

SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA: UM MÓDULO DIDÁTICO PARA O ENSINO MÉDIO CENTRADO NA TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA

No ensino de Ciências em geral, o que definitivamente não pode persistir é o predomínio de uma única visão de ciência, principalmente quando se constata que é consenso entre os filósofos da ciência contemporâneos o fato de que o conhecimento científico não segue uma seqüência rígida de passos, começando com a observação neutra dos fatos e terminando com a elaboração de leis e teorias científicas. Uma boa maneira de proporcionar uma visão mais crítica sobre a natureza da ciência consiste em introduzir a história e a filosofia da ciência no ensino de Ciências e, em particular, no ensino de Física. Partindo desta perspectiva, estruturou-se um módulo didático (MD) para o Ensino Médio, usando um conteúdo da Física Moderna: a Teoria da Relatividade Restrita. O módulo representa uma tentativa de levar para a sala de aula um conteúdo com uma abordagem diferente daquela que é tradicionalmente adotada com os conteúdos da Física Clássica.

3.1 SOBRE A ESTRATÉGIA USADA

A posição filosófica segundo a qual as observações científicas estão impregnadas de teoria traz implicações para o ensino. Uma delas é que essa visão leva o professor a rejeitar a idéia de que o aluno é uma tábula-rasa. Quando chega à escola, o estudante já tem idéias prévias sobre o assunto a ser estudado.

Para o professor que se preocupa com a aprendizagem efetiva do aluno, é importante saber o que ele pensa a respeito de determinado assunto. Assim, poderá sistematizar as idéias dos alunos, provocando debates e discussões entre o co-

nhecimento escolar e o do aluno, dando a ele a oportunidade de construir o seu próprio conhecimento e despertando também o seu interesse. No caso das concepções sobre a natureza da ciência, isto não é diferente. Segundo Pinheiro (1996), “*se pretende que o aluno passe a entender o caráter construtivo da Ciência, é imperativo que suas concepções de Ciência sejam consideradas no processo de ensino, de modo que eles possam vivenciar práticas que encaminhem para uma modificação de suas concepções*” (p.70).

Nesse sentido, pensou-se em utilizar uma metodologia de ensino que possibilitasse desenvolver atividades em sala de aula considerando como ponto de partida as concepções dos alunos. Nos livros “Física” (1992) e “Metodologia do Ensino de Ciências” (1994), ambos de Angotti e Delizoicov, é apresentada uma estratégia que permite abordar conteúdos de Ciências Naturais levando em consideração o conhecimento do aluno. Trabalhos que usaram esta opção metodológica (Chaves et al., 2001; Köhnlein, 2001) sugerem que ela representa uma boa alternativa para tratar conteúdos de Física em sala de aula, por envolver o aluno em discussões e atividades, despertando assim o seu interesse pelas aulas e possibilitando uma efetiva aprendizagem.

Diferentemente da forma usual com que os livros didáticos apresentam os conteúdos, essa proposta segue uma dinâmica que contempla a problematização e permite que o professor se apóie em diversos materiais didáticos para planejar e desenvolver suas aulas. Sugere que a atividade educativa seja desenvolvida em três momentos pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento.

Primeiro momento: problematização inicial

Este é o momento inicial em que o professor propõe aos alunos questões ou situações relacionadas com o tópico a ser estudado. Além de ser uma forma de motivar os alunos para as aulas, é possível que o professor identifique quais as noções que os alunos têm sobre o assunto. Por outro lado, esta situação problematizadora pode levar o aluno a perceber que ele deve adquirir conhecimentos que ainda

não possui. Angotti e Delizoicov sugerem que o papel do professor deve ser o de questionar os alunos e não o de fornecer respostas ou explicações.

Segundo momento: Organização do conhecimento

Neste momento, o professor propõe diversas atividades para que os alunos possam compreender o tema a ser estudado. Os aspectos históricos, as definições, leis e fórmulas são explicadas e aprofundadas. Enfim, trata-se do momento reservado para desenvolver as mais diversas atividades, para alcançar os objetivos a que o professor se propôs com o estudo do tema.

Terceiro momento: Aplicação do conhecimento

Esta última etapa segue o mesmo procedimento do segundo momento. Destina-se a aplicar o conhecimento incorporado pelo aluno na análise e interpretação tanto das situações ligadas ao assunto como de outras que não estejam diretamente ligadas a este, mas que podem ser explicadas com o mesmo conhecimento.

3.2 O MÓDULO DIDÁTICO

Com base no enfoque metodológico descrito anteriormente, elaborou-se um módulo didático constituído de 15 horas-aula para ser usado na disciplina de Física do Ensino Médio. Este módulo foi planejado para introduzir aspectos teóricos da Teoria da Relatividade Restrita por meio de uma discussão sobre a natureza do trabalho científico, pois esse é o foco central da proposta. O desenvolvimento histórico deste tema é feito a partir da ruptura entre o paradigma newtoniano e o relativístico, de modo que a sua exploração também facilita a compreensão do caráter provisório das teorias científicas. Esta visão se refere à concepção de Thomas Kuhn; partindo do ponto de vista de outros filósofos, esse tópico receberia outras interpretações. É o caso, por exemplo, de Karl Popper, que vê a mecânica newtoniana como um caso particular da mecânica relativística.

A seguir, apresenta-se uma descrição das atividades tal como planejadas, com os objetivos e os comentários relativos a cada aula. Elas foram pensadas para um período de 45 minutos de duração e, em cada uma delas, descreve-se detalhadamente o assunto a ser abordado. O módulo pode ser aplicado a qualquer turma do Ensino Médio, porém recomenda-se que os alunos já tenham estudado o conteúdo de Dinâmica, principalmente a parte que se refere às Leis de Newton.

3.2.1 Desenvolvimento das aulas

Problematização Inicial

1ª Aula

Inicialmente, cada aluno recebe um questionário (anexo 01) para ser respondido individualmente. Este instrumento consiste num conjunto de 11 questões que abordam aspectos relacionados à natureza da ciência, envolvendo algumas idéias empiristas-indutivistas e outras que se enquadram na visão construtivista de ciência. Algumas questões foram criadas especificamente para a pesquisa, outras foram retiradas ou adaptadas de dois questionários já existentes na literatura (Peduzzi, 1998; Harres, 1999)⁶. Cada um dos itens está acompanhado da seguinte codificação: CF (concordo fortemente), C (concordo), I (indeciso), D (discordo), DF (discordo fortemente). Além de optar por uma destas alternativas, o aluno justifica por escrito a sua opção.

Os alunos não podem fazer nenhum tipo de consulta. É natural que ocorram reações pelo fato de que esse assunto não foi estudado anteriormente. Por isso, é preciso deixar claro que esta atividade é importante para que o professor possa saber quais são as idéias dos alunos sobre as questões formuladas para, em função disso, estruturar as demais aulas.

⁶ O questionário do primeiro autor foi elaborado para ser aplicado junto a alunos do curso de Licenciatura em Física, enquanto o do segundo foi elaborado para professores da área de Ciências Naturais.

É bastante provável que, depois de respondido o questionário, os alunos demonstrem curiosidade sobre a pertinência de suas respostas. Isso, ao menos, foi o que ocorreu quando da validação do mesmo junto a um grupo de 60 estudantes do Ensino Médio da mesma escola em que este MD foi posteriormente aplicado. Neste caso, cabe ao professor esclarecer porque isto não será feito de imediato, já que o instrumento é apenas uma etapa de uma série de atividades a serem desenvolvidas; comentar as questões poderia invalidar o objetivo das atividades seguintes. Explica-se também ao aluno que, no decorrer das aulas, o assunto do questionário será discutido, e que ele poderá formar a sua própria opinião em relação a cada uma das questões.

Objetivos e comentários:

Esse instrumento, além de levar o aluno a refletir sobre o trabalho científico, também serve para que o professor identifique as idéias que os alunos têm sobre os aspectos relacionados à natureza da ciência, verificando quais estão de acordo com uma concepção empirista-indutivista. Dessa forma, ele será capaz de, no decorrer das aulas, enfatizar as limitações características dessa visão.

O questionário será respondido individualmente pelo aluno, pois servirá como instrumento de avaliação do MD. As respostas dos alunos serão posteriormente comparadas com aquelas que irão apresentar quando do término do módulo.

2ª e 3ª Aula

A turma é dividida em grupos de 5 alunos (em média) e cada equipe fica em um ambiente diferente para evitar contato entre as mesmas. Sem nenhum tipo de consulta, cada grupo constrói uma pequena História em Quadrinhos (HQ) com o seguinte título: *Como um cientista trabalha?*

Solicita-se que as equipes construam uma história com no máximo 5 quadrinhos, pois esta atividade deve ser realizada em uma hora e meia. Como as equipes não podem consultar nenhum tipo de material, é necessário que esta atividade se dê em duas aulas-faixa.

Os alunos deixam o seu material na sala de aula e utilizam ambientes como a biblioteca (sem consulta ao acervo), a sala de informática, as salas de aula desocupadas, o pátio da escola, etc. O papel do professor é o de circular entre os grupos para acompanhar o trabalho e ficar atento às suas discussões.

Estas HQs são então expostas em um painel e usadas como material de apoio nas discussões que irão acontecer nas aulas seguintes.

Objetivos e comentários:

Além de ser uma atividade na qual os alunos expressam suas idéias sobre o trabalho científico de uma forma lúdica, as HQs podem ser úteis como um instrumento auxiliar nas discussões em sala de aula, despertando o interesse dos estudantes por se tratar de um trabalho que contém suas próprias representações.

Embora seja um instrumento capaz de contribuir para identificar as idéias que os alunos têm sobre o trabalho de um cientista, principalmente as que estão relacionadas a uma concepção de natureza empirista-indutivista, esta atividade tem uma característica distinta da apresentada anteriormente (capítulo 2). É bastante provável, aqui, que alguns aspectos do questionário aplicado na 1ª aula tenham influência nas discussões que visam a elaboração das HQs. A reflexão já realizada pode, por exemplo, fornecer argumentos para essa nova discussão a respeito da natureza do trabalho científico.

4ª Aula(1ª Parte)

Nesta aula, o professor necessariamente já fez uma análise detalhada das respostas dos alunos ao questionário e das representações presentes nas HQs, pois isto é um pré-requisito indispensável para a seqüência das aulas. Com base nos dados obtidos e nos aspectos investigados, os alunos são questionados com o objetivo de despertar a curiosidade dos mesmos em relação ao tema que está sendo tratado até o momento. São exemplos de questionamentos que podem ser utilizados: será que a investigação científica exige que o cientista utilize sempre um mesmo método? a ciência é uma construção de modelos explicativos para a realidade ou é um retrato da própria realidade? podemos afirmar que a ciência é um conhecimento

capaz de provar a verdade necessária e universal de seus enunciados, sem deixar qualquer dúvida possível?

Organização do conhecimento

Os aspectos a serem estudados a partir deste ponto se relacionam com as idéias apresentadas pelos alunos nas atividades de problematização.

4ª Aula(2ª Parte)

A próxima tarefa consiste em apresentar idéias ligadas à concepção empirista-indutivista de ciência, expondo as características do método científico proposto por filósofos como Francis Bacon e seus seguidores para a busca da verdade sobre a natureza. Alguns aspectos vão ser enfatizados:

- ♣ A origem do conhecimento na observação e na experiência bem fundada, livre de sentimentos pessoais, intuições, teorias, etc.;
- ♣ O método da indução e o conhecimento da verdade;
- ♣ O reconhecimento desse método como o ‘método científico’;
- ♣ O significado da expressão empirismo-indutivismo.

Objetivos e comentários:

A primeira atividade a ser realizada nesta aula ainda pode ser caracterizada como parte do momento da problematização. No entanto, não se trata mais de querer saber quais as concepções dos alunos sobre a natureza da ciência, mas de partir delas para direcionar os questionamentos.

Como a intenção, no decorrer das aulas, é discutir aspectos que contrastam com a concepção empirista-indutivista, é fundamental que os alunos tenham primeiro uma compreensão clara dessa visão; caso contrário, não poderão perceber as suas limitações e nem os traços que a diferenciam da concepção einsteiniana de ciência, discutida mais adiante. Acredita-se que os estudantes trazem consigo um expressivo número de idéias empiristas-indutivistas; esse fato ficou evidenciado quando da validação do questionário, que foi aplicado a um grupo de alunos da mesma escola em que o MD foi posteriormente testado. Evidentemente, só faz sen-

tido desmistificar uma concepção indesejável sobre a natureza da ciência se ela está presente entre os alunos.

5ª Aula

Nesta aula, as atividades e discussões visam apontar algumas limitações da posição empirista-indutivista. Os exemplos usados são aqueles que foram descritos ao longo deste trabalho: a história do “peru indutivista”, de Bertrand Russel; o exemplo dos “cisnes”, de Popper; as figuras de perspectiva mutável: a “escada” e o “cubo”; as figuras reversíveis: “velha ou moça” e “patos ou coelhos”; o exemplo das manchas solares interpretadas diferentemente por Galileu e Christopher Scheiner e o do piquenique no topo de uma alta montanha (que pede uma rápida explicação). Esta atividade também possibilita que outros exemplos sejam criados pelos alunos ou pelo professor.

A discussão vai ressaltar que:

- ♣ A partir de proposições verdadeiras, a indução pode levar a uma conclusão falsa;
- ♣ Estar diante do mesmo fenômeno físico não significa observar a mesma coisa;
- ♣ Toda observação está impregnada de teoria;
- ♣ A observação e o experimento se orientam pela teoria.

Objetivos e comentários:

O objetivo desta aula é discutir situações que explicitam as limitações da visão empirista-indutivista, para que o aluno passe a examinar mais criticamente as idéias relacionadas a esta corrente de pensamento. Uma discussão mais geral sobre a natureza da Ciência, baseada nas idéias da filosofia da ciência contemporânea, será realizada durante e após o estudo dos aspectos históricos e conceituais da Teoria da Relatividade Restrita.

6ª Aula

São introduzidos aqui alguns conceitos da Teoria da Relatividade Restrita. O ponto de partida é a mecânica newtoniana (MN). É importante destacar que, em 1687, Newton publicou o *Principia* (Princípios matemáticos de filosofia natural), obra na qual descreve a mecânica do universo. A aceitação e o desenvolvimento das idéias ali apresentadas estabeleceu a mecânica newtoniana como paradigma do conhecimento. Para alguns cientistas da época, a ciência do nosso mundo podia ser criada apenas uma vez, e foi Newton o seu criador.

Dando início ao estudo de conceitos no âmbito da mecânica newtoniana, submete-se os estudantes à seguinte situação: Rafael está sentado em um ônibus que se movimenta com velocidade constante e Daiane está parada no ponto de ônibus. Ambos observam uma lâmpada presa ao teto do ônibus. Para Daiane, tanto a lâmpada quanto Rafael estão em movimento, juntamente com o veículo. Entretanto, do ponto de vista de Rafael, a lâmpada e o ônibus encontram-se em repouso, enquanto Daiane está se deslocando em sentido contrário ao do movimento do ônibus sobre a estrada. Qual o ponto de vista correto?

Com isso, inicia-se uma discussão sobre a questão do referencial e do movimento relativo. Para complementar a ilustração desse assunto, também são usados outros exemplos.

A seguir, são feitas algumas considerações sobre o referencial absoluto newtoniano. Trata-se de destacar que o espaço absoluto, segundo Newton, é o sistema de referência privilegiado (referencial absoluto), em relação ao qual seria possível conhecer o “verdadeiro” movimento ou repouso de um corpo. Esse espaço absoluto seria uma espécie de espaço vazio, sem matéria, e sua observação não é possível. Newton sugere algumas experiências para detectar a sua presença (como a experiência do balde e a do pensamento dos globos em rotação), mas elas não são discutidas em sala de aula.

A tarefa seguinte consiste em apresentar exemplos para caracterizar um sistema de referência inercial. Inicia-se a atividade com uma situação envolvendo dois trens: um que está em movimento retilíneo e uniforme e o outro parado em relação ao solo. Sem considerar problemas técnicos como trepidações ou vibrações,

o comportamento dos objetos, quando observado no primeiro trem, é o mesmo que se observa no segundo. Por exemplo, uma bola atirada para cima cairá sempre em nossas mãos, tanto no trem com velocidade constante como no que está parado. Da mesma forma, nestas condições, se estivermos no trem que está em movimento e este não possuir janelas para olharmos para fora, tudo se passará como se estivéssemos parados.

Estes e outros exemplos enfatizam que:

- ♣ Um referencial inercial (ou sistema de referencial inercial) é um sistema no qual a primeira lei de Newton (a lei da inércia) é válida. Quando livres de forças externas, os corpos, nesse sistema, se encontram em repouso ou em movimento retilíneo e uniforme (MRU). Qualquer outro sistema de referência que se desloque em MRU ou que esteja em repouso em relação a este também é um referencial inercial;
- ♣ Não existe um referencial especial: se as leis da mecânica são válidas em um sistema inercial, então elas são válidas em qualquer outro que se encontra em repouso ou que se mova uniformemente em relação ao primeiro. Em outras palavras, as leis da mecânica são as mesmas em todos os sistemas de referencial inercial (Princípio da Relatividade de Galileu ou da Física Clássica).

Objetivos e comentários:

Os conceitos a serem discutidos nesta aula são importantes para que o estudante possa compreender a função das leis de transformação na mecânica clássica e entender o que significa o Princípio da Relatividade. Quanto ao conceito de espaço absoluto (referencial absoluto), é necessário que o aluno tenha clareza do que representava para Newton na época, inclusive porque isso vai facilitar sua compreensão da questão do éter, tratada mais adiante.

O assunto dessa aula envolve alguns conceitos que já foram estudados pelos alunos em fases anteriores, como o movimento relativo e as Leis de Newton.

No entanto, o desenvolvimento da mesma vai depender do conhecimento que eles têm sobre estes aspectos, podendo extrapolar o período de uma aula.

7ª Aula

Esta aula tem início com o estudo da transformação de Galileu, retomando o exemplo do ônibus, utilizado na aula passada. Serão considerados dois referenciais: um no ônibus e o outro no solo, além da emissão de um flash de luz como um evento que ocorre no espaço. A discussão terá início com as coordenadas espaciais atribuídas ao evento por dois observadores, um no ônibus e o outro no solo. Os dois sistemas de referência inerciais possuem eixos e origens coincidentes no instante $t=0$. Em seguida, admitindo o movimento do ônibus como o referencial em movimento em relação ao solo (referencial em repouso), explica-se como será descrito o flash na passagem de um sistema para outro, deduzindo as equações.

Neste momento, é preciso enfatizar que:

- ♣ A transformação de Galileu (transformação da mecânica newtoniana) representa matematicamente como passar de um sistema inercial para outro, ou seja, em relação ao mesmo evento, o observador que se encontra em um referencial inercial consegue determinar o que é observado por aquele que se encontra em outro referencial;
- ♣ Todos os sistemas de referência inerciais são apropriados para a descrição de um evento;
- ♣ A medida do intervalo de tempo de duração de um evento é sempre a mesma, quer seja efetuada em relação a um referencial em repouso ou em movimento, ou seja, o tempo passa da mesma forma em todos os referenciais (tempo absoluto).

Em seguida, são estudadas as propriedades que resultam dessa transformação. A primeira é a adição de velocidades, enfatizando que a velocidade depende do referencial adotado e que, de acordo com as equações, não há limite para o valor da velocidade. O exemplo inicial é o de um menino que caminha com uma

velocidade constante de 2m/s no convés de um navio que, por sua vez, se move com velocidade constante de 15m/s em relação à costa. A intenção, aqui, é discutir a diferença entre a velocidade percebida por um observador situado no referencial ligado à costa e a velocidade observada por alguém que está no navio, tanto com o menino e o navio se deslocando no mesmo sentido quanto em sentidos contrários. Para ilustrar esse tópico, também será usado um exemplo como o da emissão de um feixe de luz.

Objetivos e comentários

O assunto desta aula se torna importante por dois motivos: primeiro, é preciso preparar o aluno para, mais adiante, entender a crise que aconteceu no final do século XIX; em segundo lugar, é essencial comparar esses itens com os da mecânica relativística e discutir as diferenças.

Ao estudar os tópicos desta aula e da seguinte, é preciso sempre lembrar aos alunos que esta é a explicação dada pela Física Clássica (FC).

8ª Aula

Dando seqüência às situações resultantes da transformação entre sistemas de referência inercial, é discutida a invariância do comprimento para dois observadores em movimento relativo. O exemplo usado é o seguinte: um caminhão que transporta um carro se desloca uniformemente em relação ao solo, com uma velocidade de 80Km/h. Tanto para Bruno, que se encontra no solo, como para Marcelo, que se encontra sobre o caminhão, o carro tem o mesmo comprimento. Para fazer a dedução matemática, as extremidades do carro são comparadas com dois pontos.

A seguir, é discutida a invariância das leis da mecânica frente à transformação de Galileu, ou seja, as leis da mecânica são as mesmas em todos os sistemas de referencial inercial. A demonstração matemática para chegar à igualdade das acelerações não é feita. Contudo, deve-se destacar que, através da transformação de Galileu, a aceleração de um corpo, tal como percebida por dois observadores que se deslocam um em relação ao outro com velocidade constante, é a mesma.

Isso é ilustrado com exemplos como o da variação de velocidade de um carro ou de uma fruta caindo de uma árvore: em ambos os casos, elas são idênticas para dois observadores inerciais.

Complementando a discussão, é preciso mencionar que a massa de um corpo é uma invariante na mecânica clássica.

Retomando a segunda lei de Newton, mostra-se ao estudante que, considerando a massa absoluta e a igualdade da aceleração, as equações de movimento são as mesmas em dois sistemas de referencial inercial. Isso é igualmente válido para a 3ª Lei de Newton, pois esta se refere apenas a forças (de contato ou de ação à distância). Novamente, enfatiza-se o fato de que as leis da mecânica são as mesmas em todos os sistemas de referencial inercial e que, embora as coordenadas e as velocidades se alterem ao se passar de um sistema de referência para outro, as leis da mecânica são invariáveis frente à transformação de Galileu.

Daqui em diante, a intenção é discutir de forma geral o declínio do conceito mecânico, até chegar aos postulados da TRR.

É importante destacar os seguintes pontos:

- ♣ Depois da mecânica newtoniana ter sido definitivamente aceita, foi muito grande a confiança da comunidade científica nesta teoria. Assim, ela serviu de base para explicar fenômenos em outras áreas da Física, como a termodinâmica, a hidrodinâmica, a ótica, a eletricidade e o magnetismo. Para exemplificar, deve ser feita uma comparação, através das fórmulas, entre a lei da gravitação e da Lei de Coulomb;
- ♣ Com o avanço dos estudos na eletricidade e no magnetismo, alguns físicos perceberam que havia uma estreita ligação entre estes dois segmentos, desencadeando-se assim o estudo do eletromagnetismo. Na segunda metade do século XIX, o físico James Maxwell deu uma estrutura matemática ao eletromagnetismo como um todo, surgindo assim uma nova e poderosa teoria científica com amplo poder explicativo, que derrubou a crença de que todos os fenômenos pudessem ser explicados através da mecânica.

Objetivos e comentários:

Os objetivos pretendidos com os tópicos abordados no início desta aula são os mesmos da aula anterior. A discussão que se segue tem como objetivo enfatizar a concepção kuhniana de desenvolvimento científico, caracterizando um período de ciência normal, em que a comunidade científica aderiu ao paradigma newtoniano, seguido de um período de crise.

9ª Aula

Nesta aula, discute-se a questão da luz e do éter na FC, enfatizando que:

- ♣ No estudo da ótica, Christian Huygens estabeleceu que a luz é uma onda. De acordo com a mecânica, toda onda exige um meio para se propagar, assim como acontece com o som (onda mecânica). A luz também deveria pressupor um meio de propagação, e este seria o éter, um meio transparente e sem peso que preencheria todo o universo;
- ♣ Ao calcular a velocidade com que se propaga uma onda eletromagnética, Maxwell encontrou um valor muito próximo àquele que tinha sido obtido anteriormente por outros físicos, para a velocidade de propagação da luz no ar, que é de aproximadamente 300000Km/s. Deste modo, admitiu que o suposto meio em que a luz se propagava (o éter) e o meio eletromagnético seriam na verdade um só. Reconheceu-se então que a onda luminosa é uma onda eletromagnética.
- ♣ Como a luz foi identificada como um fenômeno eletromagnético, então as demais ondas eletromagnéticas, como as ondas de rádio e os raios x, também se propagavam no éter. Embora a teoria de Maxwell estabelecesse que uma onda eletromagnética poderia se propagar no vazio, os físicos da época, acostumados como estavam aos modelos mecânicos da física newtoniana, ignoraram esta idéia; à semelhança de todas as ondas até então conhecidas, as ondas eletromagnéticas também deveriam oscilar em um meio: o éter. Este foi considerado um meio constituído por uma matéria muito rarefeita que,

como a água e o ar, apresentava propriedades elásticas para transportar o distúrbio eletromagnético. Contudo, esse suposto meio não deveria oferecer resistência à propagação dessas ondas;

- ♣ As conclusões do estudo dos fenômenos eletromagnéticos foram sintetizadas por Maxwell em quatro leis, expressas matematicamente. Estas equações estão para o eletromagnetismo assim como as leis de Newton estão para a mecânica (as equações são apresentadas ao aluno a título de ilustração);
- ♣ Ocorre, porém, que as leis do eletromagnetismo não são invariantes frente à transformação de Galileu, isto é, as leis do eletromagnetismo não se mostraram as mesmas em todos os sistemas de referência inercial, quando usadas as equações de transformação da mecânica newtoniana (o princípio da relatividade de Galileu). Esta constatação de que, para dois observadores que se encontram em dois sistemas de referência inercial em movimento relativo, as leis do eletromagnetismo não são as mesmas, trouxe de volta a discussão do referencial absoluto na Física;
- ♣ Acreditando-se que o éter seria o referencial absoluto, no qual se poderia estabelecer o repouso absoluto ou movimento uniforme absoluto, a comprovação experimental da existência deste fluído se tornou necessária. Uma das previsões da teoria de Maxwell era a de que o deslocamento da Terra através de um éter estacionário (referencial absoluto) poderia ser constatado através de experimentos no campo da ótica, ou mesmo da eletricidade. Entre as investigações experimentais realizadas com o intuito de observar este movimento, uma delas que se notabilizou tanto por sua engenhosidade experimental como pela acuidade de seus resultados: foi a experiência de Michelson-Morley. Realizada pela primeira vez, apenas por Albert Michelson, em 1881, não mostrou qualquer velocidade da Terra em relação ao éter. Depois de reformulada a experiência e corrigidas as falhas detectadas no primeiro experimento, uma nova tentativa teve lugar em 1887, contando com a ajuda de Edward Morley. Para surpresa geral, o resultado foi o mesmo do experi-

mento efetuado anteriormente. Estes físicos, não se conformando com os resultados, realizaram o experimento ainda por diversas vezes, sem que a existência do éter pudesse ser detectada. Mas a idéia do éter não foi abandonada de imediato;

- ♣ A experiência de Michelson-Morley também mostrava que a velocidade da luz é a mesma em todas as direções, contradizendo assim a adição galileana de velocidades (a base da composição de velocidades da Física Clássica). A velocidade da luz mostrou-se sempre a mesma em todos os sistemas de referencial inercial, independente da fonte de luz estar ou não em movimento e independente também de como essa fonte de luz se movia. Esse aspecto é discutido novamente mais adiante, ao se tratar da adição relativística de velocidades;
- ♣ Surge assim, no final do século XIX, uma situação de crise na Física. Havia uma série de contradições e dificuldades a serem solucionadas, como por exemplo a questão da existência ou não do meio de propagação de uma onda eletromagnética, a concepção da existência de um referencial absoluto, o princípio da Relatividade de Galileu (que não é válido para as leis do eletromagnetismo) e a adição de velocidades da mecânica newtoniana (que é incompatível com a constância da velocidade da luz);
- ♣ Esses impasses foram equacionados por um jovem de 26 anos de idade, que em 1905 publica um artigo na revista alemã *Annalen der Physik*, sobre a Teoria da Relatividade Restrita. Este jovem era Albert Einstein.

Objetivos e comentários

O objetivo desta aula é discutir, de forma geral, a crise que aconteceu no final do século XIX pois, de acordo com o espírito mecanicista, todos os fenômenos poderiam ser mecanicamente explicados. Porém, com a teoria eletromagnética, isso não foi válido.

Para o aluno que estiver interessado em maiores detalhes a respeito dos temas abordados (como por exemplo a experiência de Michelson Morley), oferece-

se um horário extra classe, já que esses detalhes exigem mais tempo para explicação. Isso também é válido para as aulas que seguem, em que as deduções matemáticas não serão feitas.

10ª Aula

A tarefa para esta aula é a de discutir os postulados da Teoria da Relatividade Restrita e alguns aspectos da concepção einsteiniana de ciência, começando pelos pressupostos básicos desta teoria, com os quais Einstein resolveu a situação de crise que ocorreu na Física no final do século XIX, envolvendo a mecânica e o eletromagnetismo:

As leis da Física são as mesmas em todos os sistemas de referência inercial.

A velocidade da luz no vácuo tem o mesmo valor para todos os observadores inerciais.

A partir destes princípios fundamentais da TRR, destaca-se que:

- ♣ O primeiro postulado generaliza a toda a Física o princípio da relatividade de Galileu, que era aplicável apenas à mecânica. Isto quer dizer que não somente as leis da mecânica são válidas em todos os sistemas de referencial inercial, mas também as leis da ótica, do eletromagnetismo, etc. Como a hipótese da existência do éter não foi comprovada, foi descartada a idéia da existência do referencial absoluto na Física. Desta maneira, não há um referencial privilegiado, mas existe uma classe de referenciais igualmente bons para a descrição dos fenômenos físicos: a classe dos referenciais que se movem uniformemente uns em relação aos outros.
- ♣ O enunciado do segundo postulado estabelece que a velocidade da luz no espaço vazio tem sempre um valor-padrão, independente do estado de movimento da fonte luminosa. Na TRR, a velocidade de propagação da luz tornou-se uma constante da natureza, representando o valor limite para qualquer velocidade. Isto diferencia a concepção einsteiniana da FC, onde não há um valor limite para a velocidade atingida por um corpo: sob a ação de uma

força, um corpo pode variar a sua velocidade a partir do repouso até um estado qualquer. Nesse momento, por uma questão de esclarecimento, pode-se explicar ao aluno a diferença entre uma onda eletromagnética e uma onda mecânica;

- ♣ O que Einstein fez foi estabelecer os princípios gerais de sua teoria e, a partir destes, extrair conseqüências, isto é, previsões e explicações. Einstein enfatiza a importância da formulação dos princípios básicos para a dedução de uma teoria. As conseqüências advindas dos princípios gerais por ele propostos são: a dilatação temporal, isto é, o tempo não decorre igualmente para dois observadores que se encontram em movimento relativo um em relação ao outro; a contração de um objeto na direção do movimento; as equações de transformação de um sistema de referência inercial para outro são diferentes das de Galileu; a adição de velocidades também não é feita da mesma forma que na Física Clássica, resultando na velocidade-limite, que é a da luz; a massa aumenta conforme a velocidade; a eliminação do éter; a relatividade da simultaneidade e a equivalência massa-energia, entre outros conceitos. Algumas destas conseqüências são estudadas em aula posterior;
- ♣ Surge assim uma nova teoria que representa uma outra maneira de ver e entender o universo. A TRR nasceu por causa de contradições sérias e profundas presentes na velha teoria, para as quais parecia não haver saída. A nova teoria ganhou força porque resolveu algumas das mais sérias dificuldades encontradas pela Física Clássica no final do século XIX;
- ♣ Para filósofos como Thomas Kuhn, a transição que se deu da mecânica newtoniana para a mecânica relativística ilustra uma revolução científica. Antes dela, a comunidade científica acreditava na mecânica newtoniana mas, como a nova teoria mostrou-se melhor nas suas explicações e previsões, ela foi substituída. Ao contrário do que pensavam os empiristas-indutivistas, a mecânica de Newton não foi pura e simplesmente abandonada. Dependendo da situação física em questão, ela continua sendo usada. Em geral, um dos mo-

tivos pelos quais as pessoas têm dificuldade em acolher a nova teoria, reside no fato de que os efeitos relativísticos começam a ser percebidos apenas com velocidades superiores a 10% da velocidade da luz, sendo que aqui na Terra lidamos habitualmente com corpos que se movem com velocidades inferiores a este valor;

- ♣ De acordo com a concepção empirista, a Teoria da Relatividade Restrita teve origem na experiência de Michelson Morley. Isto é divulgado em alguns artigos ou livros didáticos. No entanto, segundo Einstein, esse experimento não teve influência no seu trabalho, pois nem o conhecia na época. Ao contrário, estava firmemente convencido de que o movimento absoluto não existia.

Considerando o que foi tratado sobre a origem da TRR, é feita, a seguir, uma discussão sobre a concepção einsteiniana de ciência, confrontando-a com a concepção empirista-indutivista. Para esse debate, são usados extratos de textos escritos pelo próprio Einstein ou por autores de renome que escreveram sobre ele. Como alguns podem eventualmente apresentar uma linguagem não acessível ao aluno, cabe ao professor os esclarecimentos necessários. No entanto, é preciso ter cuidado para não enfatizar um refutacionismo ingênuo, pois isto não ocorre na ciência. Os extratos sugeridos são os seguintes:

Nenhum caminho lógico conduz das percepções aos princípios de uma teoria (Einstein, 1981, p.140).

É na realidade todo o nosso sistema de suposições o que tem de ser provado ou desaprovado pela experimentação (Einstein & Infeld, 1988, p. 35).

O supremo juiz, reconhecemo-lo, continua a ser o fato experimental (Einstein, 1981, p.172).

Os conceitos físicos são criações livres da mente humana, não sendo, por mais que possa parecer, singularmente determinados pelo mundo exterior (Einstein & Infeld, 1988, p.36).

A 'intuição' a ' livre criatividade do espírito desempenham, também, papel decisivo. Não equivale isso a dizer que o cientista, como cientista, possa lançar-se a arbitrarias fantasias acerca do universo. Em última instância, todas as especulações, para serem significativas, deverão de resultar em proposições suscetíveis de verificação experimental (Bernstein, 1973, p. 52).

No final desta aula, os alunos são divididos em 5 grupos, e o professor fornece a cada um deles um material que descreve um pouco a vida de Albert Einstein. São abordados 5 tópicos e cada equipe ficará responsável por um deles, devendo comentá-lo na 14ª aula. O tipo de apresentação fica a critério dos grupos. Estes recebem auxílio extra-classe para esclarecimentos sobre o assunto, bem como uma orientação sobre os aspectos que devem enfatizar em cada tópico.

Objetivos e comentários:

O objetivo desta aula é mostrar ao aluno a formulação de uma teoria que não seguiu os passos do suposto método científico e discutir as idéias de Einstein, que se opõem à concepção empirista-indutivista.

Esta aula tem como base a concepção de ciência apresentada principalmente no capítulo V do livro *Como vejo o mundo*, escrito por Einstein. Este capítulo traz uma discussão sobre o trabalho científico.

11ª Aula

Esta aula tem início com a transformação de coordenadas da mecânica relativística. Sem demonstrar como é deduzida a transformação de Lorentz, as equações são comparadas com as da transformação da Física Clássica (transformação de Galileu) para ilustrar que, na TRR, quando o movimento relativo dos dois sistemas inerciais se dá na direção X, as equações são diferentes, e a variável tempo assume um caráter relativo e não absoluto.

Na mecânica relativística, as situações que resultam dessa transformação diferem daquelas descritas pela mecânica newtoniana. A velocidade da luz no vácuo é igual para todos os observadores inerciais e representa o valor-limite para todos os objetos materiais. Assim, na FR, a adição de velocidades não se dá da mesma forma que na FC. Não se trata mais da simples soma e subtração de veloci-

dades, mas a diferença entre as duas maneiras de calcular só é percebida quando as velocidades são mais próximas à da luz.

Retomando os exemplos apresentados na aula 7, entre outros, a intenção é ilustrar a adição de velocidades na mecânica relativística, comparando-a com a forma de calcular da mecânica newtoniana e discutir as diferenças. Os alunos também farão alguns problemas, calculando-os de acordo com o ponto de vista apresentado pelas duas teorias.

A partir desta aula, solicita-se aos alunos que façam, como atividade extra-classe, um quadro comparativo entre a FC e a FR, explicando e exemplificando as idéias apresentadas sobre os seguintes itens: a questão do éter; as equações de transformação de coordenadas de um sistema de referencia inercial a outro, que se encontra em movimento relativo; a variável tempo e espaço; e o limite de velocidades.

Objetivos e comentários:

Com esta aula, pretende-se apresentar algumas das conseqüências extraídas a partir dos novos postulados (que resultam em um novo ponto de vista físico) e discutir as diferenças em relação à Física Clássica. Espera-se que o aluno compreenda que houve uma mudança de paradigma, ou seja, formulou-se uma nova teoria.

Para o quadro comparativo, os alunos irão elaborar seus próprios exemplos para explicar situações como a adição de velocidades, o tempo relativo, etc. Essa atividade será usada na 13ª aula, quando acontecerá uma discussão final com os alunos.

12ª Aula

Dando continuidade às conseqüências resultantes da transformação de Lorentz, nesta aula são estudadas a dilatação temporal e a contração dos objetos na direção do movimento (conhecida como contração de Lorentz-FitzGerald). Embora esses dois tópicos já tenham sido comentados nas duas últimas aulas, a intenção aqui é discutir exemplos e resolver alguns problemas.

Usando novamente a situação de dois sistemas de referência inercial que se encontram em movimento relativo e de um evento que ocorre no espaço, é enfatizado que:

- ♣ Supondo que existam dois relógios idênticos, um em cada referencial, para o observador que se encontra em repouso os ponteiros do seu relógio parecem se movimentar mais rapidamente do que os do relógio que se encontra no referencial em movimento, ou seja, o relógio em movimento lhe parecerá atrasado. Isto é, o intervalo de tempo atribuído ao evento pelo observador que se encontra em repouso é maior do que aquele que lhe confere o observador que está no referencial em movimento. Deste modo, ocorre uma dilatação temporal, já que o tempo para o observador que se encontra no referencial em repouso parece passar mais depressa. O tempo é relativo.

Em seguida, ainda considerando os dois sistemas de referência, será discutido o efeito do movimento sobre as dimensões de uma régua, enfatizando que:

- ♣ Para o observador que a vê em movimento, o comprimento dela parece menor do que para um observador que está parado em relação à régua. Ou seja, ocorre a contração de um objeto na direção do movimento. O comprimento é relativo.

Para complementar essa discussão, mencionam-se também situações como: naves espaciais que se movem em altas velocidades, partículas radioativas que têm o seu tempo de vida aumentado quando atingem velocidades próximas à da luz, a longa vida do múon, etc.

O próximo passo consiste em mostrar como a dilatação temporal e a contração do comprimento podem ser calculados, a começar pelo seguinte exemplo: suponha que o cozimento de um ovo demore 16 min dentro de uma nave espacial com 10m de comprimento, quando a mesma se encontra em repouso na Terra. Admita, a seguir, que a nave se encontra em movimento em relação à Terra, com uma velocidade v que corresponde a 60% da velocidade de propagação da luz no vácuo. Para um observador fixo na Terra, dispondo apenas de um potente telescó-

pio e não levando em consideração o tempo de propagação da luz, determine as medidas encontradas por ele para: (a) o tempo de cozimento do ovo; (b) o comprimento da nave.

No final da aula, os alunos recebem uma lista com mais três problemas de cada para serem resolvidos em casa.

Objetivos e comentários:

Com o mesmo propósito da aula anterior, objetiva-se aqui mostrar que há uma diferença entre a mecânica clássica e a mecânica relativística no que se refere aos conceitos de tempo e espaço. Acredita-se que esta aula pode gerar muitas discussões e perguntas por parte dos alunos.

A dedução matemática para demonstrar como se chega às equações que indicam que o tempo e o comprimento são relativos não deve ser feita em aula. Conforme já foi mencionado anteriormente, o aluno que tiver interesse pode ser beneficiado com um horário extra-classe.

13ª Aula(1ª Parte)

Ainda como forma de ilustrar e discutir a dilatação temporal e a contração do comprimento, inicia-se a aula com a leitura de uma estória sobre “*As aventuras de Astro e Disastro*”, adaptada do texto “*Uma introdução à relatividade restrita*” (anexo 02).

13ª Aula(2ª Parte)

Em seguida, considerando o quadro comparativo sobre os aspectos da Física Clássica e da Física Relativística solicitado aos alunos na 11ª aula, é feita uma discussão para revisar os principais tópicos tratados e esclarecer bem as diferenças entre a velha teoria e a nova. No final, será necessário lembrar que a TRR também tem outras conseqüências que não serão estudadas, como por exemplo o aumento da massa com o aumento da velocidade.

Concluindo a parte específica sobre os tópicos da TRR, são comentados os seguintes extratos de textos:

Não há teorias eternas em ciência. Sempre acontece que alguns dos fatos previstos pela teoria são desaprovados pela experiência (Einstein & Infeld, 1988, p. 67).

Em nossa grande história de mistério não há problemas totalmente resolvidos e solucionados para sempre. Após trezentos anos tivemos de voltar ao problema inicial do movimento, para rever o procedimento da investigação, para encontrar novas pistas que haviam sido descuidadas, chegando, assim, a um novo quadro do universo (Einstein & Infeld, 1988, p. 39).

Dificuldades desse tipo, obstáculos repentinos e inesperados ao triunfante desenvolvimento de uma teoria, surgem freqüentemente em ciência. Por vezes uma generalização de velhas idéias parece ser, pelo menos temporariamente, uma boa saída. No entanto é com muita freqüência impossível remendar uma velha teoria, e as dificuldades ocasionam a sua queda e a ascensão de outra nova (Einstein & Infeld, 1988, p. 78).

Objetivos e comentários:

Com os aspectos abordados nesta aula, objetiva-se fazer, de uma forma bastante geral, uma síntese do que foi apresentado sobre a TRR neste módulo. A intenção é possibilitar que o aluno compreenda que há diferenças entre as duas teorias discutidas, isto é, que elas constituem dois paradigmas distintos.

Obs: A segunda parte da 13ª aula pode ser caracterizada como parte da **Aplicação do Conhecimento**, e por isso ela aparece dividida. No entanto, reservou-se esse título para 15ª aula, porque a próxima aula ainda faz parte da organização do conhecimento.

14ª Aula

Continuando a atividade proposta na aula 10, neste momento os alunos poderão conhecer um pouco da história de um personagem que deixou uma marca importante na história da ciência: Albert Einstein.

Os tópicos abordados são os seguintes:

- ♣ A infância de Einstein e a sua relação com a ciência - data e local de nascimento, filiação, atividades da infância, a experiência com a bússola, interes-

se pela matemática e ciência, sua atuação como estudante, casamento, filhos, formação, etc.;

- ♣ O contexto da formulação da TRR - ano de publicação, idade de Einstein ao escrever o artigo, onde trabalhava, a aceitação da TRR, alguns cientistas que influenciaram a sua pesquisa, outros trabalhos publicados no mesmo ano, etc.;
- ♣ O prêmio Nobel - o que é o prêmio Nobel, por qual teoria Einstein recebeu o prêmio, o ano, por quem foi indicado, etc.;
- ♣ A relação com a bomba atômica – a carta escrita por Einstein para Roosevelt, o arrependimento, a defesa da paz, etc.;
- ♣ Einstein no Brasil – o que veio fazer, como foi recebido, o entendimento de sua teoria pelo público, etc.

Cada apresentação deve durar no máximo 10 minutos. Não se trata de fazer um amplo estudo dos aspectos mencionados acima, apenas discutir de uma forma geral algumas idéias relevantes sobre estes tópicos.

Esse levantamento bibliográfico envolve os textos que se seguem. As referências completas das obras aparecem no final deste trabalho de pesquisa.

- ♣ *“Albert Einstein”*. In: Gigantes da Física: uma história da Física Moderna através de oito biografias. Richard Brennan, Jorge Zahar Editores;
- ♣ *“Isaac Newton”*. In: Gigantes da Física: uma história da Física Moderna através de oito biografias. Richard Brennan, Jorge Zahar Editores;
- ♣ *“Einstein, o homem que mudou o mundo”*. In: Revista Super Interessante, nov/97;
- ♣ *“Sobre fissão nuclear e armas atômicas; e é claro, mais variedades”*. In: Einstein esteve aqui. Abraham Pais, Editora Nova Fronteira;
- ♣ *“Como Einstein ganhou o prêmio Nobel”*. In: Einstein esteve aqui. Abraham Pais, Editora Nova Fronteira;

- ♣ “*Sobre Albert, Mileva e a teoria da relatividade*”. In: Einstein esteve aqui. Abraham Pais, Editora Nova Fronteira;
- ♣ “*O menino Einstein*”. In: www.if.ufrgs.br/einstein, texto elaborado por C. A. dos Santos;
- ♣ “*Einstein no Brasil*”. In: www.if.ufrgs.br/einstein, texto elaborado por C. A. dos Santos;
- ♣ “*A genial contribuição de Einstein para a evolução da Física*”. In: www.if.ufrgs.br/einstein, texto elaborado por C. A. dos Santos.

Objetivos e comentários:

Conforme já foi mencionado anteriormente, fica a critério de cada grupo planejar a sua apresentação. Para as possíveis dúvidas e orientações, é oferecido um horário extra-classe.

Durante a atividade, o professor também comenta e discute as perguntas feitas pelos alunos sobre os tópicos e, eventualmente, traz curiosidades que envolvem outros aspectos.

Embora a revista Super Interessante não seja um periódico científico, ela está à disposição do leitor leigo e de muitos alunos que a lêem. Isso justifica o seu uso neste trabalho.

Em geral, as aulas de Física ignoram os aspectos biográficos dos cientistas e isso faz com estes personagens sejam apenas nomes, distantes do contexto do aluno. O contato com esses aspectos, além de proporcionar ao estudante um conhecimento maior sobre a participação e contribuição destes personagens para a ciência, permite que ele perceba que a ciência também é construída por seres humanos não muito diferentes deles próprios, pessoas que pensam, que sentem. Acredita-se que isso seja uma forma de despertar o interesse do aluno não só para as aulas, mas para a própria ciência.

O ícone Einstein, em geral, está presente na vida do aluno, porém, quando se trata de aspectos biográficos sobre este personagem, os estudantes sabem pouco ou, muitas vezes, têm uma imagem distorcida da pessoa humana que deu

origem a tanta discussão. Isso também foi evidenciado em outra ocasião, no segundo semestre de 2001, quando se solicitou a um grupo de 55 alunos do Ensino Médio da escola em que este MD foi posteriormente aplicado que citassem os cientistas que conheciam de ouvir falar e o que cada um tinha feito. Deste grupo, 44 alunos citaram Einstein, mas apenas 16 escreveram algo sobre o que ele fez e, apesar de mostrarem um certo conhecimento, mencionaram aspectos que não se referem a ele, como por exemplo: descobriu a energia elétrica; inventor da bomba atômica; a sua contribuição foi somente na química, onde vários de seus experimentos estão adotados no nosso dia-a-dia; etc.

Aplicação do conhecimento

15ª Aula

Nesta aula, é aplicado o mesmo questionário da 1ª aula (anexo 01). Como complemento, solicita-se que o aluno faça uma avaliação das aulas ministradas, com a pergunta: *como você avaliaria o trabalho desenvolvido com o tópico da Teoria da Relatividade Restrita?*

Objetivos e comentários:

O objetivo de aplicar o mesmo questionário é o de analisar se ocorreu uma mudança nas idéias dos alunos em relação ao conhecimento científico, ou mesmo se os alunos apresentam uma posição mais crítica sobre a ciência.

3.3 QUADRO RESUMO DAS AULAS

Problematização Inicial

- 1ª Aula** ♣ Aplicar o questionário (no anexo 01) composto por 11 questões sobre a natureza da Ciência.
- 2ª e 3ª Aula** ♣ Solicitar a elaboração de uma história em quadrinhos com o seguinte título: *Como um cientista trabalha?*
- 4ª Aula (1ª Parte)** ♣ Depois de feita uma análise detalhada das respostas dos alunos ao questionário e de suas representações nas HQs, o professor questiona os alunos, visando despertar o seu interesse em relação ao assunto em questão.

Organização do Conhecimento

- 4ª Aula (2ª Parte)** ♣ Discutir as características da visão empirista-indutivista de ciência.
- 5ª Aula** ♣ Apresentar situações que explicitem as limitações da visão empirista-indutivista, usando os exemplos descritos no capítulo 1.
- 6ª Aula** ♣ Tratar de aspectos relacionados aos seguintes itens:
- ⊗ Referencial;
 - ⊗ Movimento relativo;
 - ⊗ Referencial absoluto newtoniano;
 - ⊗ Sistema de referencial inercial;
 - ⊗ Princípio da Relatividade de Galileu ou da Física Clássica.

7ª Aula

♣ Discutir a Transformação de Galileu e as seguintes situações resultantes da mesma:

- ⊗ O tempo absoluto;
- ⊗ Adição de velocidades.

8ª Aula

♣ Continuar o assunto da aula anterior, discutindo:

- ⊗ A invariância do comprimento;
- ⊗ A invariância da 2ª lei de Newton frente à Transformação de Galileu.

♣ Desenvolver uma abordagem geral sobre o declínio do conceito mecânico, até chegar aos postulados da Teoria da Relatividade Restrita, comentando os seguintes itens:

- ⊗ A confiança na mecânica newtoniana;
- ⊗ O surgimento do eletromagnetismo;
- ⊗ A luz como onda eletromagnética;
- ⊗ O éter como suposto meio de propagação das ondas eletromagnéticas;
- ⊗ A não invariância das leis do eletromagnetismo frente à Transformação de Galileu;
- ⊗ O éter como referencial absoluto;
- ⊗ A experiência de Michelson-Morley;
- ⊗ A situação de impasse na Física no final do século XIX, no âmbito das teorias discutidas neste trabalho;
- ⊗ Os impasses equacionados pelo jovem Albert Einstein.

9ª Aula

♣ Continuar a abordagem dos aspectos descritos na aula anterior.

- 10ª Aula** ♣ Introduzir os dois postulados da Teoria da Relatividade Restrita e comentar alguns aspectos da concepção einsteiniana da ciência envolvidos nos mesmos.
- 11ª Aula** ♣ Discutir a Transformação de Lorentz (sem fazer a dedução matemática das equações) comparando-a com a de Galileu da Física Clássica.
 ♣ Estudar a adição de velocidades na Física Relativística.
- 12ª Aula** ♣ Continuar o assunto da aula anterior, com o estudo da:
 ⊗ Dilatação temporal;
 ⊗ Contração do comprimento.
- 13ª Aula (1ª Parte)** ♣ Solicitar a leitura do texto: “As aventuras de Astro Diastro” (anexo 02) e debater o mesmo com os alunos.
- 13ª Aula (2ª Parte)** ♣ Discutir a diferença entre a Física Clássica e a Física Relativística, em relação aos seguintes aspectos:
 ⊗ A variável tempo e espaço;
 ⊗ A adição de velocidades;
 ⊗ A questão do éter;
 ⊗ A transformação de coordenadas;
 ⊗ O limite de velocidades.
- Obs: A segunda parte da 13ª aula pode ser caracterizada como parte da Aplicação do Conhecimento, por isso ela aparece dividida.
- 14ª Aula** ♣ Estudar um pouco da história do personagem Albert Einstein, discutindo os seguintes tópicos:
 ⊗ A infância de Einstein e a sua relação com a ciência;

- ⊖ O contexto da formulação da TRR;
- ⊖ O prêmio Nobel;
- ⊖ A relação com a bomba atômica;
- ⊖ A presença de Einstein no Brasil.

Aplicação do Conhecimento

15ª Aula

- ♣Aplicar novamente o mesmo questionário (anexo 01), que foi respondido na 1ª aula.
- ♣Solicitar ao aluno que faça por escrito uma avaliação das aulas, respondendo a seguinte pergunta: *Como você avaliaria o trabalho desenvolvido com o tópico da Teoria da Relatividade Restrita?*

CAPÍTULO 4

A APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO E A ANÁLISE DOS RESULTADOS

No capítulo anterior, apresentou-se um módulo didático para o Ensino Médio. O presente capítulo visa comentar a aplicação desse módulo e analisar as transformações produzidas por esta proposta nas concepções dos estudantes sobre a natureza do trabalho científico. Essa tarefa se concentrará nas ações diretamente ligadas ao objetivo pretendido com o módulo didático, ou seja, despertar o interesse do aluno pelo tema e proporcionar uma visão crítica sobre a natureza da ciência e do conhecimento científico.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA TURMA E DA ESCOLA

O módulo didático foi aplicado pela própria pesquisadora em uma turma com 31 alunos da 4ª fase (turno matutino) do Ensino Médio de uma escola pública, com alunos cuja idade varia entre os 16 e os 18 anos. A instituição escolhida foi a Escola de Educação Básica Presidente Artur da Costa e Silva, localizada no município de Xanxerê no estado de Santa Catarina. A opção por esta escola, se justifica porque a mesma visa uma prática educativa que vem ao encontro dos interesses da proposta elaborada. Segundo consta no Projeto Político Pedagógico (PPP) da escola, sua filosofia determina que as ações de todos os segmentos da escola visem:

Promover o aluno, para que o mesmo tenha consciência crítica, sendo sujeito do processo educacional, sabendo escolher, decidir e resolver situações problemas (PPP, 2002, p.7).

Assegurar a todos os alunos igualdade de condições e domínio de conhecimentos sistematizados e o desenvolvimento de suas capacidades intelectuais,

encaminhando-os para a continuidade dos estudos e para as tarefas sociais e profissionais. Que através desse conhecimento, o aluno esteja preparado para participar da história da sociedade e da transformação da realidade (PPP, 2002, p.7).

Esta escola fez parte do reordenamento (uma política adotada pelo MEC) no ano de 2000, sendo enquadrada dentro do padrão da “escola jovem”. Desta maneira, passou a atender somente alunos a partir da 7ª série. No Ensino Médio, a organização curricular passou a ser semestral, com duração de 3 anos, ou seja, 6 fases. Na 1ª fase a disciplina de Física não consta na grade curricular e, nas demais, estão previstas 3 aulas semanais.

No segundo semestre de 2002, estavam em andamento na escola as 2ªs, 4ªs e 6ªs fases. Entre essas três etapas, optou-se por uma 4ª fase, pois nesta o aluno já tem noções sobre diversos conceitos físicos, entre eles os relacionados às Leis de Newton; além disso, por não se tratar do último ano do Ensino Médio, a preocupação do aluno ainda não está muito voltada aos conteúdos cobrados no vestibular. Evita-se assim uma situação de conflito que poderia ser gerada com a interferência da pesquisadora.

Antes de começar o trabalho com a turma, a pesquisadora acompanhou duas aulas ministradas pela professora titular da disciplina; não foi preciso um acompanhamento maior para evitar problemas relacionados com a troca de professor, pois os alunos já conheciam o trabalho da pesquisadora, que já havia sido professora da turma na 2ª fase.

A professora titular não participou diretamente do trabalho desenvolvido, mas acompanhou o trabalho, já que a avaliação da turma permaneceu sob sua responsabilidade. Algumas de suas observações também contribuíram para a avaliação do módulo didático.

4.2 A APLICAÇÃO DO MÓDULO DIDÁTICO

Inicialmente, ao entregar o questionário para os alunos na 1ª aula, houve reação imediata quanto ao número de questões a serem respondidas no período de uma aula. Também estranharam o assunto do qual tratava este instrumento e mostraram uma certa preocupação em respondê-lo corretamente. Embora estivessem um tanto inquietos no início, tudo transcorreu calmamente depois de explicado o objetivo do instrumento e explicitado o fato de não haver “certo” ou “errado” em relação às questões propostas. Nenhum aluno deixou de fazer a atividade e nem tentou pesquisar em algum material. As respostas dos alunos foram organizadas em tabelas e são analisadas mais adiante.

Mesmo depois de finalizada essa atividade, a preocupação com as suas respostas ainda estava presente, pelo menos para um grupo de estudantes, que procurou a pesquisadora para saber o que aconteceria com as suas avaliações, caso suas idéias não estivessem de acordo com as dela. Foram tranquilizados com a justificativa de que cada um tem o seu ponto de vista e de que, neste questionário, todas as respostas seriam consideradas, pois se tratava de conhecer as visões existentes sobre o assunto. Percebe-se, aqui, que o aluno sempre mostra uma certa aflição com relação à nota: para ele tudo é motivo de avaliação e o medo de “errar” está sempre presente.

Embora não se possa dizer qual foi o grau de influência, o questionário interferiu nas discussões dos alunos quando, na 2ª aula, foram estimulados a criar histórias em quadrinhos sobre o trabalho do cientista. Esse aspecto será comentado depois da apresentação das histórias construídas pelos grupos, realizada a seguir. A numeração segue a seqüência proposta no capítulo 2:

História em Quadrinhos 04

Quadro 4a



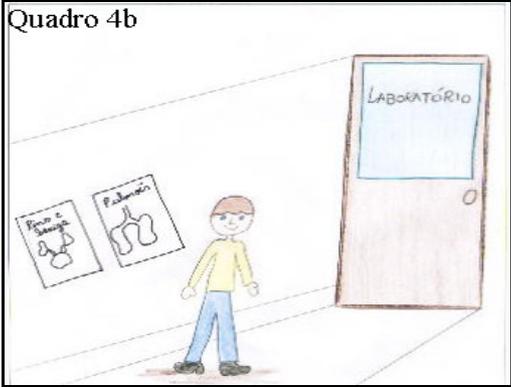
Rafael é aluno da UNOESC, faculdade do oeste catarinense. Ele está cursando a faculdade de Física e resolveu acompanhar um dia de um cientista por sua grande curiosidade e de pensar em um dia ser um. Segunda-feira pela manhã, ansioso pelo seu dia de aprendiz, Rafael vai para a faculdade, ao chegar lá, encontra-se com seu professor e com o cientista, o qual encaminhará ele para o seu dia como aprendiz.

Quadro 4c



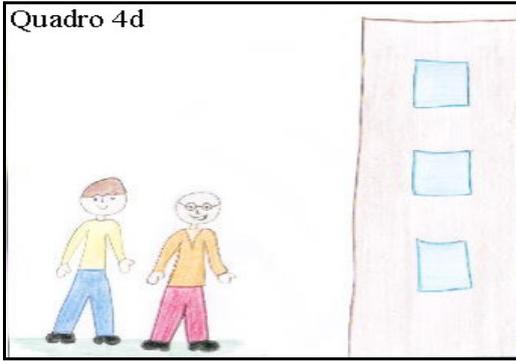
Chegando lá arrumam o acampamento e começam as observações. Para fazer uma pesquisa e posteriormente apresentar os resultados, um cientista precisa: observar, analisar os resultados, formular uma teoria e apresentar os resultados da sua pesquisa.

Quadro 4b



Ansioso, parte com seu tutor para o laboratório, lá eles organizam os equipamentos necessários para a pesquisa. Os equipamentos necessários seriam: barraca, comida, câmera fotográfica, caderno para anotações, binóculo... e assim partem para o local da pesquisa.

Quadro 4d



Após terminarem o seu trabalho de campo, o cientista e seu aprendiz Rafael voltam para o laboratório satisfeitos com o que conseguiram.

Elaboração:
Grupo 04 – Adriana, Thayse, Raquel,
Rafael B., Beatriz.

Quadro 4e



Assim, Rafael se convence de que quer mesmo ser um cientista.

História em Quadrinhos 05

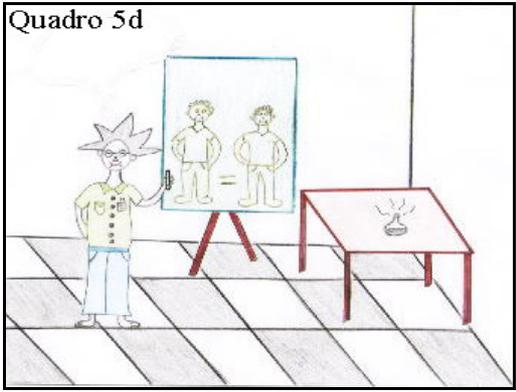
Quadro 5a



Umberto Aurélio em... Como trabalha um cientista.

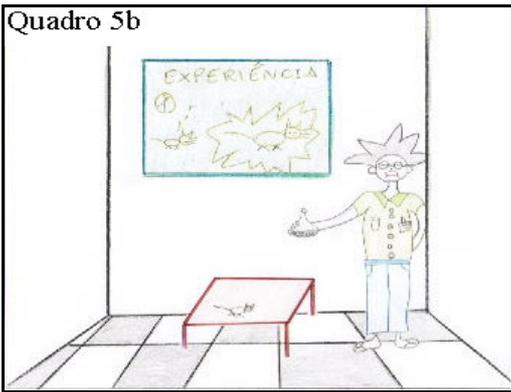
Eu me chamo Umberto Aurélio, trabalho em meu laboratório tentando desvendar mistérios da física.

Quadro 5d



Dentro da genética, desenvolvo projeto sobre a clonagem humana. Será que ela vai ser possível ou já aconteceu? Quais as consequências e benefícios?

Quadro 5b



(Mostrando o seu laboratório e seus projetos.)

Quadro 5e



(A experiência sobre clonagem não teve boas conclusões!!)

Quadro 5c



Crio novas substâncias químicas que uso em diversas experiências.

Elaboração:
Grupo 05 - Cristiane, Vanessa, Liziane, Katiuska, Gracieli.

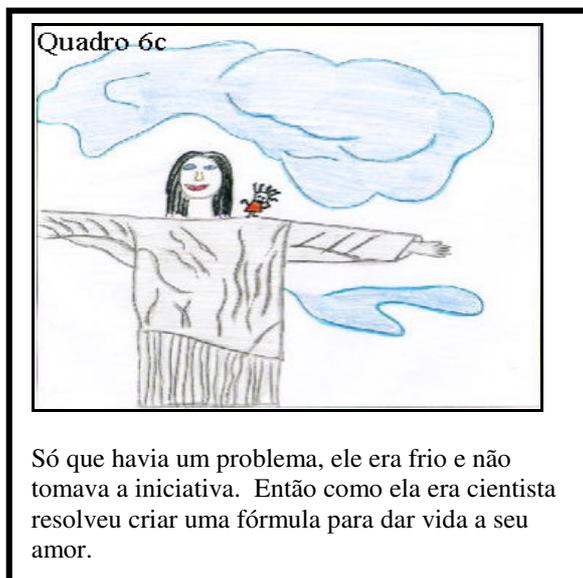
História em Quadrinhos 06



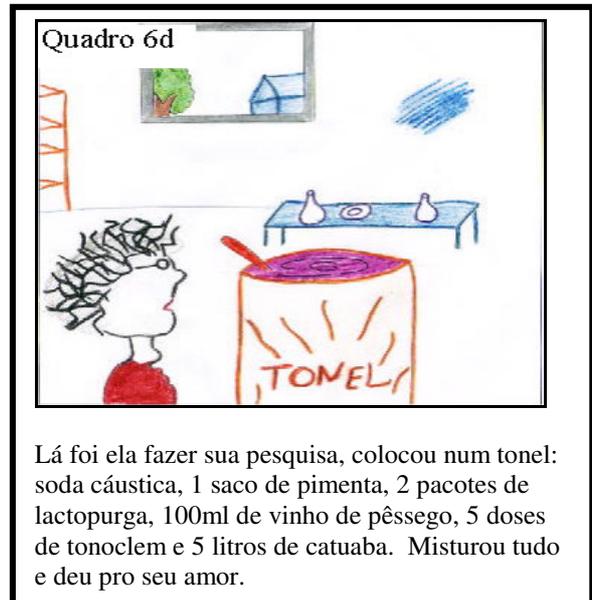
Certo dia uma cientista chamada Teresaine Ne-reyde estava analisando um fórmula para fisgar um namorado.



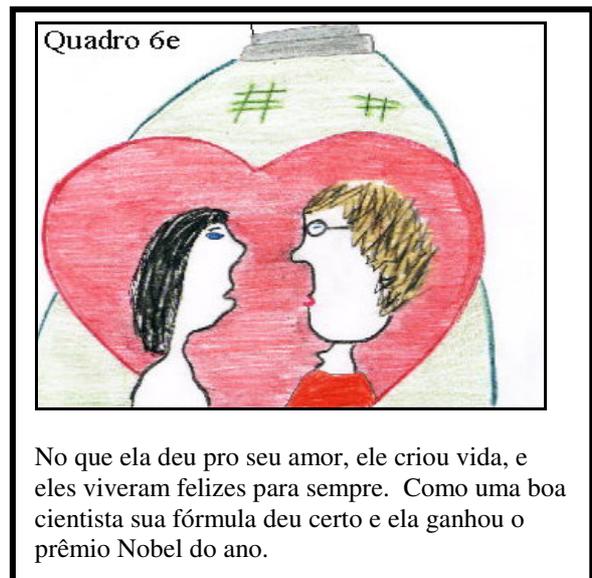
Resolveu que tinha de ser alto, forte, poderoso e que sempre a recebesse de braços abertos. Como estava no Rio de Janeiro resolveu que ia fisgar o Cristo Redentor.



Só que havia um problema, ele era frio e não tomava a iniciativa. Então como ela era cientista resolveu criar uma fórmula para dar vida a seu amor.



Lá foi ela fazer sua pesquisa, colocou num tonel: soda cáustica, 1 saco de pimenta, 2 pacotes de lactopurga, 100ml de vinho de pêssego, 5 doses de tonoclem e 5 litros de catuaba. Misturou tudo e deu pro seu amor.

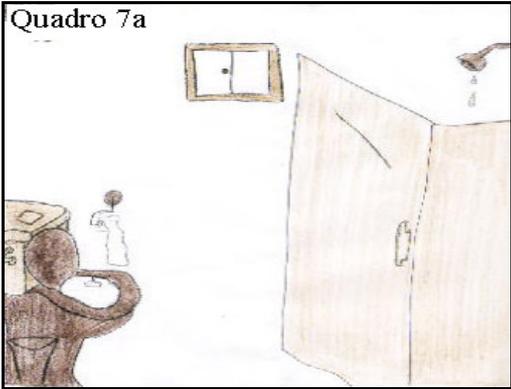


No que ela deu pro seu amor, ele criou vida, e eles viveram felizes para sempre. Como uma boa cientista sua fórmula deu certo e ela ganhou o prêmio Nobel do ano.

Elaboração:
Grupo 06 - Andressa, Samanta, Mayara,
Edinara, Emanuele, Bruno.

História em Quadrinhos 07

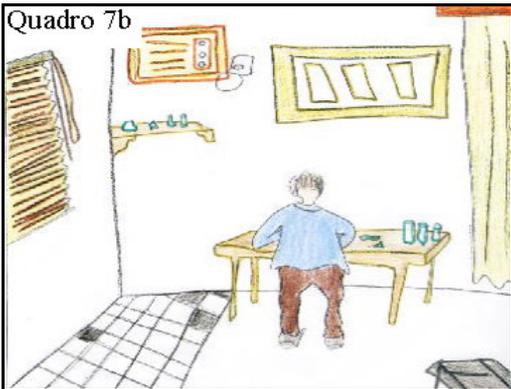
Quadro 7a



Cientista Fifo em: A lei gravitacional.

Depois de longas horas de caminhada e muitos litros de água para perder peso, Fifo foi urinar, e ao ver o líquido que saía de seu corpo, pensou: (se não tomo urina, porque ao urinar, urino?)

Quadro 7b



Baseado em seu anterior questionamento, Fifo começa a fazer experiência sobre o ato em que o mesmo não tomava urina, então porque urinava ao urinar. O que estará Fifo fazendo?

Elaboração:
Grupo 07 - Marcos, Shirlei, Joselaine,
Leila, Marcelo, Patrícia.

Quadro 7c



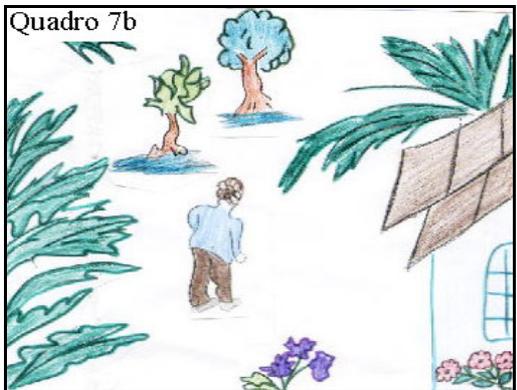
Fifo decide estudar a si mesmo... (onde estará o tubo que vem da minha boca, vem até o meu genital e sai por meu pênis.

Quadro 7d



Fifo tem uma idéia (irei colocar esta agulha com esta respectiva linha para ver se este tubo é reto, onde ele parará? Porém seu experimento não acaba bem : (ai isso dói!)

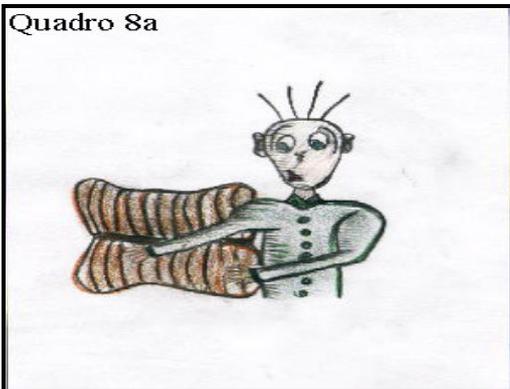
Quadro 7e



Depois disso, Fifo acaba desistindo de sua experiência, pois conclui que para obter resultado deveria estudar mais sobre o assunto. Então voltou a caminhar.

História em Quadrinhos 08

Quadro 8a



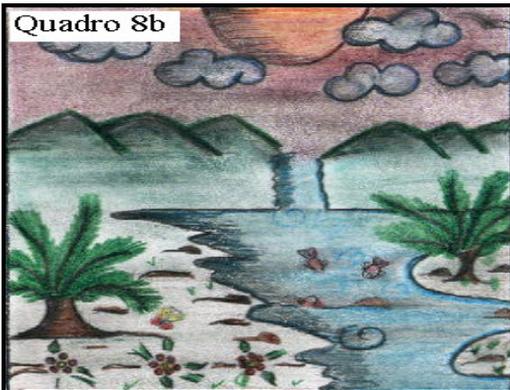
Um cientista faz suas teorias através de fatos, situações de experiências de conceitos... Um bom cientista, precisa de algo não somente como experiências, mas como contextos para que possa aproveitar o máximo do seu trabalho e suas idéias.

Quadro 8c



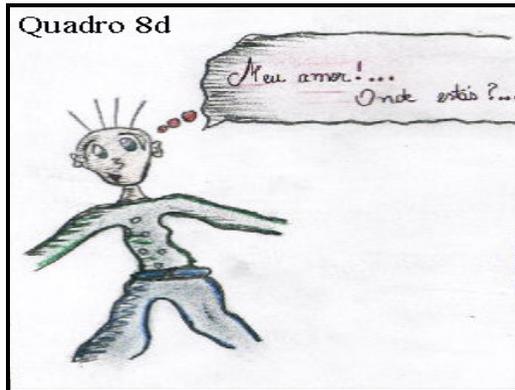
Todos nós temos um cientista dentro de nós mesmos, só precisamos descobri-lo, despertá-lo. Os cientistas fazem suas experiências para depois apresenta-las para o mundo, onde julgarão o conhecimento, saberão criticá-las justamente por meio de recursos, através da ciência.

Quadro 8b



Precisa se que veja a natureza, pois ela dá os fenômenos e os cientistas tendem a entenderem, pesquisá-los e assim fazendo suas próprias teorias. As aplicações práticas realçam a importância de cada um dos conceitos e de que nosso poder de visão se torne mais crítico em discussões fáceis.

Quadro 8d



Os cientistas sofrem para formular uma teoria, muita dedicação, muita atenção, concentração absoluta no que se faz, não deve se "levar" p elo passado, ou pelos seus romances, ou seja, por qualquer coisa que seja abstrata. A idéia deve-se voltar somente para o assunto desejado, assim terá sucesso no que faz, garantindo um ótimo aproveitamento e se gratificando com seu trabalho.



Quadro 8e

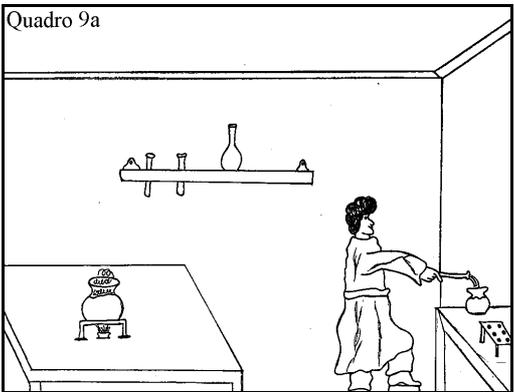


A vida de um cientista não é fácil, o desempenho que cada qual deve obter nos trabalhos, é muito rigoroso, e se não cuidar como se deve, nada será resolvido, tendo assim, várias críticas e se desvalorizando com seu trabalho...

Elaboração:
Grupo 08 -Silvia, Édina, Bruna, Erlete,
 Fabiane.

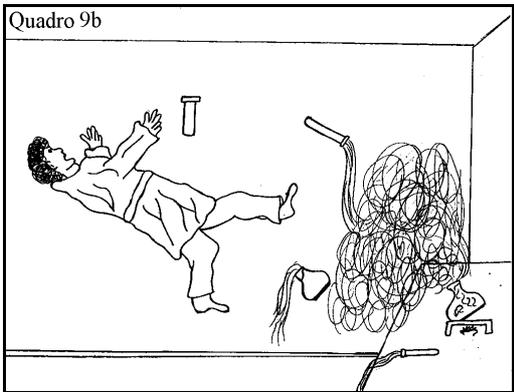
História em Quadrinhos 09

Quadro 9a



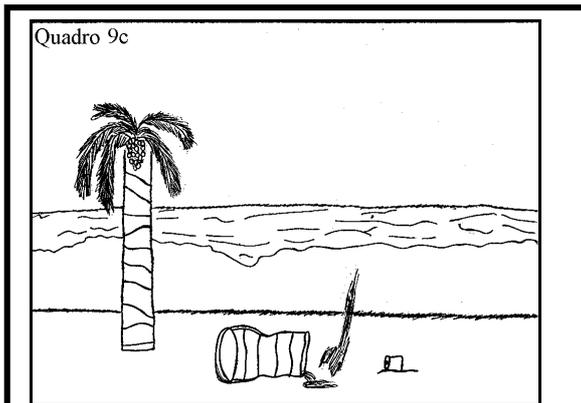
A vida dos cientistas não passa de uma loucura. Mas essa loucura tem sentido: essas loucuras podem virar descobertas para a humanidade e ajudar no progresso científico. Nem sempre um cientista consegue defender sua tese ou teses, sua tese não vale nada. Toda vez que algum cientista planeja algo, ele depende de muita memória e concentração. Ele não pode tentar descobrir as coisas pensando no que já fez em outro experimento.

Quadro 9b



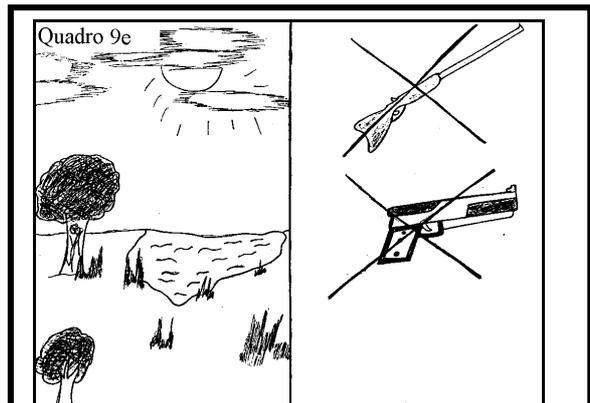
Sempre dá certo?
 Mas nem só de descobertas boas é feita a vida de um cientista: Eles podem fazer ou descobrir coisas ruins, como por exemplo, os produtos tóxicos das indústrias, bombas nucleares, armas de fogo, poluição do ar, etc. Tudo isso através de seus experimentos que nem sempre dão certo.



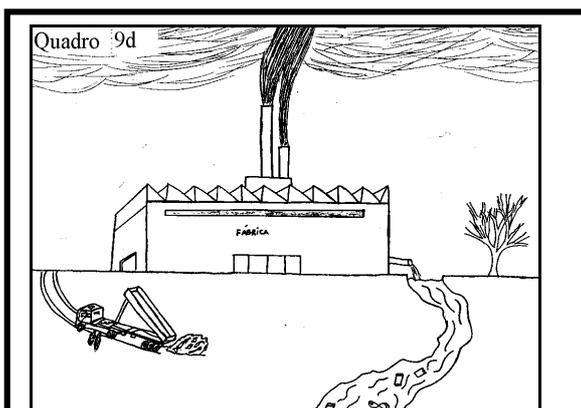


Esses produtos são jogados onde?

Hoje em dia esses produtos são jogados no meio ambiente, e já se tornou um problema mundial pela grande destruição e alteração no meio ambiente. Governantes já formam comissões para descobrir um lugar certo para deixar estes produtos.



Além de observarem e tentarem ajudar a humanidade é preciso também haver o reconhecimento da população e o apoio total das autoridades para incluir mais um experimento em nosso mundo, sem causar danos a saúde das pessoas e ao meio ambiente.



As indústrias poluem?

Mas para isso dar certo os esforços também tem que partir da população, no caso as indústrias não poluindo rios e riachos, o solo, reciclagem de lixo e as pessoas não sujar as ruas.

Elaboração:
Grupo 09 - Rafael C, Antônio, Daniel, Micheli.

Durante a fase de elaboração das histórias em quadrinhos, ocorreu (em dois momentos diferentes) uma discussão que parece mostrar uma influência do questionário nesta atividade. No primeiro exemplo, ocorrido no grupo 04, os estudantes estavam comentando sobre o que faria um cientista numa pesquisa de campo, quando uma aluna assim se posicionou: “*primeiro ele observa e depois analisa os resultados*”. Outros dois componentes da equipe não concordaram com ela, di-

zendo que *“primeiro ele tem que ter uma teoria na cabeça para saber o que ele vai observar”*. Mas a primeira aluna tentou convencer o grupo, argumentando que quando o cientista quer estudar os peixes, por exemplo, ele começa observando os mesmos. Também lembrou que, na 8ª série, a professora de ciências teria comentado sobre o método usado pelo cientista, que começa observando e depois elabora as teorias. Como pode ser constatado na HQ 04, essa idéia ficou claramente representada. Já no grupo 08, ao se posicionar sobre o trabalho do cientista, uma aluna comentou: *“o lugar de trabalho de um cientista é o laboratório, é lá que ele faz várias experiências, observando e experimentando ele chega a um resultado como as teorias”*. Na HQ 08, a equipe não fez exatamente uma história, mas escreveu várias frases nas quais a idéia mencionada também está incluída.

Nas representações também aparecem, com certa frequência, termos que tinham sido usados no questionário, como teoria, observação e experiência. Embora essas palavras possam ser usadas espontaneamente, a intensidade do seu uso sugere uma certa influência do instrumento nas HQs. Após a realização da atividade proposta, as equipes foram questionadas a respeito da magnitude da influência (pequena, média ou grande) que o questionário da primeira aula tinha exercido sobre as discussões. Para o grupo 04, a influência tinha sido grande; os grupos 05, 07, 08 e 09 consideraram média a interferência e o grupo 06 não identificou influência nenhuma. No entanto todos os dados descritos não são suficientes para avaliar com precisão o grau de interferência do questionário; seria necessário acompanhar cada equipe durante todo o trabalho, registrando a discussão e fazendo uma análise profunda das HQs. Isto exigiria um estudo mais completo e minucioso, que não era objetivo do presente trabalho.

Algumas histórias em quadrinhos parecem apontar idéias caracterizadas como empiristas-indutivistas; por exemplo, a descrição do procedimento adotado pelo cientista no desenvolvimento da sua pesquisa, a idéia de que ele observa a natureza para dela retirar os fatos e a preocupação com a subjetividade do cientista (que não deve estar presente na pesquisa), entre outras. De uma forma mais ou menos explícita, algumas dessas concepções foram comentadas no decorrer das aulas.

O título proposto, bastante amplo, permitiu que os estudantes também demonstrassem as suas preocupações com os problemas ambientais (como na HQ 09), um assunto amplamente difundido no momento. Mesmo assim, a parte final da legenda 9a enfatiza a visão empirista do grupo. Além disso, nessa fase da adolescência em que se encontram os alunos, a atividade representou uma oportunidade deles expressarem o seu estado de espírito (como se verifica na HQ 06). Esse tipo de representação é compreensível, pois telenovelas que estavam sendo exibidas naquele momento reforçavam a idéia que foi ilustrada por este grupo de alunos. De qualquer modo, parece que nesta HQ o cientista se depara com um problema como ponto de partida para a estruturação do conhecimento. O mesmo parece ocorrer com as HQs 05 e 07.

Na HQ 05, o cientista é representado dentro do seu laboratório (seu local de trabalho) fazendo testes com cobaias (ratos e pessoas). Aparece como um sujeito solitário e isolado, não tendo assim contato com outros colegas. Sua imagem é a de um homem que está sempre com os cabelos desarrumados. Esta HQ também aponta para a idéia de que o conhecimento tem origem em um problema.

Na HQ 07, o tema desenvolvido pode passar a impressão inicial de que os alunos levaram na brincadeira a atividade proposta. Não foi o que se vivenciou, no entanto: o trabalho foi levado muito a sério por eles. Também serviu de suporte às aulas pois, entre outras coisas, a idéia representada mostrou que, em primeiro lugar, o cientista se questiona e só depois parte para a experiência. Ou seja, o cientista parte sempre de um problema.

Os estudantes demonstraram gostar da atividade que foi proposta, o que pôde ser percebido nas avaliações que fizeram sobre o trabalho realizado, descritas mais adiante, e no comentário feito por um aluno do grupo 07, durante a fase de elaboração das HQs: *“só a professora faz este tipo de atividade com nós; nenhum outro professor faz coisas assim, eles só passam conteúdo”*.

De posse dos dados coletados através do questionário e das histórias em quadrinhos, que indicavam haver um expressivo número de concepções caracterizadas como empiristas-indutivistas, chegara o momento de questionar diretamente

os estudantes. A idéia de que o conhecimento tem origem na observação e na experiência, visão da maioria dos alunos, gerou uma calorosa discussão. Na medida em que foram sendo instigados pela pesquisadora, os estudantes acabaram assumindo posições diferentes e conflitantes. Alguns defendiam fortemente a posição de que as teorias se originam na observação, usando como argumentos principalmente dois exemplos: a história, contada por diversos livros, sobre como Newton teria chegado a formular a lei da gravidade a partir da observação de um fato corriqueiro (a maçã caindo da árvore); e a história que conta como Arquimedes, vendo a água sair da banheira, teve o *insight* que deu origem à idéia de volume e pôde então verificar se a coroa do rei de Siracusa era ou não de ouro puro. Ao mesmo tempo, outros tentavam convencê-los do contrário, justificando que estes cientistas já teriam pensado sobre a situação, questionando a si mesmos a respeito do que queriam pesquisar. Isso reforça a observação anterior e o conteúdo de algumas histórias, segundo as quais uma pesquisa é sempre desencadeada por um problema. Criou-se assim um ambiente de dúvidas e incertezas que seriam esclarecidas no decorrer das aulas.

Na 4ª aula, quando foram expostas e discutidas as idéias ligadas à concepção empirista-indutivista, uma aluna fez o seguinte comentário: “*que engraçado, nós falando de filosofia na aula de física...*”. Foi o momento em que os alunos demonstraram interesse em saber o porquê deste assunto na aula de Física. O argumento usado pela pesquisadora para o esclarecimento desse fato foi que os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio propõem a inclusão deste aspecto no currículo de Física.

Na 5ª aula, os exemplos que apontavam algumas limitações da posição empirista-indutivista geraram muita empolgação entre os estudantes. A história do “peru indutivista”, o exemplo dos “cisnes”, as figuras de perspectiva mutável, as figuras reversíveis, o exemplo das “manchas solares” e do piquenique no topo de uma alta montanha incentivaram uma participação efetiva dos alunos. Além de descreverem diversas imagens que as figuras apresentadas poderiam representar, contaram uma história para ilustrar a idéia difundida pela narrativa do “peru” e citaram outras situações semelhantes, como as imagens sugeridas pela formação das

sombras na lua e das nuvens. Assumiram ainda o compromisso de trazer, em aula posterior, outros desenhos que mostrassem a subjetividade da percepção (que, como pode ser visto nas avaliações citadas mais adiante, foram chamados de “figuras de ilusão de ótica” pelos alunos), tarefa que foi cumprida por três alunas. Esta aula pareceu bastante motivadora para os alunos, e o tempo planejado para a atividade foi extrapolado.

Na 6ª aula, que versava sobre a mecânica newtoniana, percebeu-se que a questão do referencial e do movimento relativo estava bem clara para os alunos. Eles citaram inclusive exemplos que já haviam sido discutidos nas fases anteriores do módulo. O mesmo não aconteceu com as leis de Newton, das quais os alunos se lembravam muito vagamente.

Chegando ao estudo das situações resultantes da transformação de Galileu, os exemplos, além de serem ilustrados através de desenhos em cartazes, foram dramatizados pelos próprios alunos; foi uma maneira encontrada para envolvê-los ainda mais nas aulas. Os estudantes puderam representar os diferentes observadores que se encontravam nos referenciais, o que pareceu dar um bom resultado. Animados, os próprios alunos foram criando exemplos. Outro aspecto que indica o interesse do aluno, que passou a ser sujeito participante das atividades, foi a expressão bastante motivadora de uma aluna que perguntou, no começo da 9ª aula: “*professora, hoje você vai usar nós de novo para os exemplos de referenciais?*” Como a resposta foi negativa, ela lamentou: “*aaaahhh, que pena!!!*”. Segundo a professora titular da turma, essa aluna (a Edinara) dificilmente participava das aulas e, nesta experiência, além de atuar nas dramatizações, ela também se envolvia nas discussões. O mesmo teria acontecido com Bruno, um aluno que a professora nunca tinha visto fazer nenhum questionamento na aula. No final desta seção, aparece a opinião de cada aluno a respeito do trabalho desenvolvido e por isso se preferiu citar aqui o nome dos estudantes.

Na 9ª aula, os alunos quase não fizeram perguntas; estavam compenetrados, ouvindo os comentários relativos à crise que houve na Física no final do século XIX, envolvendo a mecânica newtoniana e o eletromagnetismo. Esta aula

aconteceu no último período de uma sexta-feira. Percebeu-se que, nas aulas ministradas neste dia da semana, o rendimento e a motivação dos alunos era menor, pois eles se mostravam cansados. Sobre a experiência de Michelson-Morley, mencionada nesta aula, cinco alunos mostraram interesse em saber mais detalhes em horário extra-classe. Já em relação às deduções matemáticas de alguns conceitos, que não eram feitas em aula, nenhum aluno quis obter maiores informações; argumentaram que tais demonstrações são difíceis e não são necessárias para a compreensão dos conceitos. Isso não é de estranhar, pois os alunos não estão acostumados a esse tipo de atitude, ou seja, normalmente eles entram em contato apenas com o produto final (as fórmulas) sem questioná-lo.

Quando da introdução dos postulados, discussões e curiosidades ligadas ao assunto foram surgindo. Antes de qualquer explicação, Bruno já se antecipou e perguntou o que é um postulado; esse acabou sendo o primeiro aspecto a ser comentado. Com relação à velocidade da luz, um aluno citou a questão da imagem via satélite. Sobre as consequências da TRR, houve interesse em saber se isso foi confirmado. As frases que foram usadas na 10ª aula geraram uma discussão relevante. Nas respostas ao questionário aplicado na 15ª aula, percebeu-se uma grande influência desses aspectos comentados em sala de aula.

Os alunos continuaram demonstrando interesse em dramatizar situações sobre os sistemas de referencias. Na 11ª e na 12ª aula isso novamente se tornou possível, porém os exemplos exigiam a imaginação de uma velocidade altíssima. Entre os comentários, houve muitos questionamentos sobre a dilatação do tempo: os alunos não acreditavam que isso seria possível. Veio à tona a discussão sobre a possibilidade de uma pessoa se tornar mais jovem viajando a uma velocidade próxima à da luz. Quanto à questão da contração do comprimento na direção do movimento, muitos pensavam que este deveria aumentar e não diminuir quando submetida a uma alta velocidade.

O quadro comparativo entre tópicos da Física Clássica e da Física Relativística, solicitado para a 13ª aula, foi feito por todos os alunos. Enquanto o elaboravam, apresentaram algumas dúvidas que foram sanadas no decorrer das aulas e

num horário extra-classe. De acordo com as explicações dos alunos e os exemplos elaborados por eles para ilustrar os itens, pareceu que, de uma forma geral, estes foram bem compreendidos.

Quanto à história de vida de Albert Einstein, dos cinco grupos, três usaram painéis e dois retro-projetores. Os que comentaram a infância de Einstein usaram diversas fotografias para ilustrar a apresentação, mostrando por exemplo a casa onde ele nasceu, os pais de Einstein, sua esposa, seus filhos, etc. Pelo que se percebeu, as outras equipes também procuraram materiais e fotografias que ilustrassem o seu tema, porém sem sucesso. Nas discussões, os principais aspectos eleitos para debate foram os relativos à atuação deste personagem como estudante (mais especificamente o fato de ser um aluno que faltava às aulas e só ia fazer as provas) e a carta alertando para a possível construção da bomba atômica.

No final da aplicação do módulo didático, os estudantes se mostraram um pouco cansados. Um dos motivos para isso talvez tenha sido um excessivo número de aulas; outros possíveis fatores que interferiram foram o final de ano que estava se aproximando e o fato de que a escola se encontrava em reforma, resultando assim em muito barulho e em freqüentes trocas de sala de aula.

Ao menos no que se refere às atividades realizadas com os alunos, parece que gostaram da experiência. Isso ficou evidenciado nas opiniões que são apresentadas em seguida. Junto com o questionário que foi respondido na 15ª aula, solicitou-se que avaliassem o trabalho realizado. A intenção era a de que apontassem os pontos positivos e negativos, sem ter a preocupação em contentar o professor. As opiniões dos estudantes foram mantidas na íntegra e estão organizadas de tal modo que seguem a composição dos grupos que elaboraram as histórias em quadrinhos:

Grupo 04

Adriana - Abranger o conhecimento mais além sobre o Einstein, foi muito bom pois havia coisas de sua história que eu não sabia e pesquisando sobre ele e ouvindo a professora contar aprendi e descobri coisas que não sabia. Ilusão óptica é a coisa mais interessante para botar a mente funcionar, tentar ver mais formas em um ponto é legal. Nas histórias em quadrinhos expressamos nelas as nossas idéias, as discussões sobre o assunto me fize-

ram perceber, que a forma que eu expressei minha história em quadrinhos e a forma que eu pensava estava errada. Adorei o trabalho e com certeza muito produtivo para minha vida.

Thayse - *Achei muito interessante, aprendi coisas novas e muito interessante e que muita gente gostaria de saber. Foi trabalhar com figuras, as histórias em quadrinhos e todo o resto... Legal sair da rotina das aulas e tentar uma coisa nova.*

Raquel - *Eu achei ótimo, é bom sair da rotina das fórmulas cansativas e conhecer um pouco mais sobre o que realmente é física. Foi muito bom ver os desenhos saber que cada um tem uma percepção, achei ótimo mesmo.*

Rafael B. - *Foi um bom trabalho, conhecemos um assunto necessário ao nosso currículo escolar. A forma das quais a professora utilizou para nos salientar sobre o assunto foi muita criativa, usando como exemplo: cartazes, pessoas e outros.*

Beatris - *Foi muito importante, porque a partir dele eu adquiri conhecimento que antes não tinha, esse tipo de trabalho foi uma maneira criativa de despertar a atenção dos alunos. Eu pensava que o conhecimento era uma verdade e não podia mudar, mas a professora mostrou que com o tempo ele pode mudar.*

Grupo 05

Cristiane - *A compreensão pode ser difícil, e a maneira de ser explicada, facilita sua compreensão. É interessante trabalhar algo diversificado. Aprofundar conhecimentos é sempre válido. Conhecer personagens históricos e fundamentais para as descobertas, nos traz uma confiança maior, saber como foi sua vida é importante. Por tudo isso, é que todas as aulas deveriam ser diferentes, prendendo a atenção do aluno, como foram estas aulas.*

Vanessa - *Foram vários títulos que também foi de embaralhar a cabeça. Não posso dizer que não entendi nada, mas ao contrario foi produtivo que futuramente poderei usá-lo.*

Liziane - *Muito bom. Por que é um método diferente, aonde vimos fatos interessantes, sobre a história, ilusões de óptica, discussão sobre o assunto que muitas vezes nós achávamos que era algo mas mudou. Ajudou a criarmos novos conhecimentos, uma visão diferente eu adorei.*

Katiuska - *Importante, criativo, ensinou grandes conhecimentos sobre a física em todos os sentidos.*

Gracieli - *É um trabalho muito interessante, é diferente e proveitoso porque também desperta o interesse do aluno, fazendo com que ele participe e se interesse pelas aulas. Deveria ser feito mais trabalhos como esse.*

Grupo 06

Andressa - *De primeira vista eu tinha achado esse trabalho muito viaçã, mas agora eu vejo que ele foi muito importante para eu ter uma visã diferente da física, eu vejo que ela não é uma coisa sem nexo e sim que está sempre presente em tudo o que se passa. Adorei ficar sabendo mais sobre a bomba Atômica. Poder discutir as teorias é muito legal.*

Samanta - *Achei muito interessante, muitas vezes foi cansativo, mas também foi muito divertido os exemplos e tudo mais. Pois não é qualquer aula de física que isso é comentado, nessas aulas foi possível discutir nossas idéias sobre o assunto.*

Mayara - *Eu achei o trabalho muito interessante. Nós aprofundamo-nos no assunto, conhecimento nunca é demais. O trabalho realizado foi ótimo, foi possível se divertir e discutir nossas idéias, sempre aprendendo.*

Edinara – *Discutir e elaborar um trabalho diferente além de ficar em cima dos livros, na minha opinião é trazer cada vez mais nós alunos para o assunto e o conhecimento. Pois nós jovens não gostamos de ficar sempre no mesmo, adoramos mudanças e isso faz com que participamos. Todas as aulas deveriam ser assim. Os exemplos fizeram nós entrar no assunto de modo que nós mesmos fomos os personagens, e esta foi a parte que mais gostei.*

Emanuele - *Foi bom conhecermos leis e teorias que talvez venham a ser importante para nosso futuro. Foi um pouco chato ficar escutando, mas no final foi bom.*

Bruno – *Eu gostei, pois até então só tínhamos cálculos, e isso tornava a aula cansativa e saturada. As histórias de vida e de descobertas dos cientistas estudados são interessantes e até se tornam divertidas. Toda vez que você faz alguma coisa para sair da rotina você vai se motivando a querer mais, como foi feito nessas aulas. Coisas diferentes foram trazidas até os alunos, isso fez com que nós saíssemos da rotina e ficássemos com a atenção presa na explicação. É muito interessante um trabalho diversificado como esse.*

Grupo 07

Marcos - *Desprezo o método de educação tradicional que impõe ao aluno o conhecimento passado, sem criatividade e comprovação do que é dito. Portanto, concordo plenamente com esse método adotado. Aprendi muito mais.*

Shirlei -

* *Gostei muito dos exemplos dados com certos alunos, facilita o aprendizado não só pessoal, mas do grupo.*

* *A vida de Albert Einstein foi um grande aspecto da aula, é interessante que se estude não só fórmulas, cálculos e teorias, mas quem os elaborou e qual o processo que o mesmo utilizou.*

* *Cartazes também ajudaram muito, sem um método específico e monótono de estudo, além dos trabalhos com as histórias em quadrinhos.*

** O debate nos prolongou nosso sentido crítico, além de abranger melhor nosso conhecimento em relação à Física.*

Joselaine - *Achei interessante pois consegui achar até mesmo respostas, para perguntas que antes eu não conseguia responder. As figuras despertaram mais a minha imaginação, criatividade, fazermos aquela história em quadrinho foi ótima. As discussões sobre o trabalho, achei importante pois abriu espaço para nós mostrar o pensamento sobre o trabalho, em si o trabalho foi bom.*

Leila - *Foi um ótimo trabalho, diferente chegamos a sair da rotina e trouxe para mim um amplo conhecimento.*

Marcelo – *O trabalho é interessante, pois não conta somente o acontecido e sim o estudo do criador da ‘lei’. Mostra nós que a ciência não é eterna como a ciência do éter e a TRR que mudou completamente. As aulas de Física deveriam ter este roteiro para o maior conhecimento do aluno e com isso até o maior interesse do mesmo com o roteiro de estudo feito deste modo e bem melhor. É um conselho as outras matérias, façam assim.*

Patrícia - *Conhecemos um pouco da vida dos cientistas, alguns aspectos da sociedade da época, como eles eram vistos pelo mundo etc...*

A partir da figuras conhecemos alguns dos mais importantes físicos, estimulamos nossa mente para entender ou analisar os fatos de duas ou mais maneiras. As historias em quadrinhos estimularam nossa criatividade. Nas discussões ouvimos diversas opiniões sobre vários assuntos para a ampliação dos nossos conhecimentos.

Grupo 08

Silvia – *Um bom trabalho de parceria com o aluno, foi muito bem explicado, organizado, atraindo a atenção do aluno e gerando entusiasmo e participação do mesmo. Um jeito diferente, espontâneo e agradável de se entender, sem muitas cobranças, onde o aluno relaxa mais e entende mais, sem ficar com o pensamento voltado em boas notas e assim dedicando-se a entender e não decorar o mesmo. Gostei muito e espero que haja mais chances como esta de entender claramente um assunto, que se, não explicado com paciência, se torna tão difícil.*

Edina - *O trabalho foi muito bom, pois aprendi muita coisa de importante que eu não sabia.*

Bruna - *Pois aprendi coisa com esse trabalho, e também coisas que não sabia e coisas muito importante.*

Erlate – *Todos os itens são importantes para serem estudados. Porém o aspecto mais relevante é o estudo dos aspectos da história, onde são citados fatos, datas, etc, que nos levam a um melhor entendimento. Porém algo do qual os professores das matérias como física, química, biologia e outras, esquecem é o personagem e sua história. São importantes dados que podem ajudar ao aluno em seu processo de aprendizagem. Deveria ser exigido na grade escolar.*

Fabiane – *Bom demais, pois isso me levou a conhecer mais profundamente os cientistas, suas leis e teorias, enfim, as aulas foram ótimas, criativas e de bom proveito.*

Grupo 09

Rafael C - *Em minha opinião foram aulas meias cansativas mas eu tenho certeza que se minhas idéias, meu pensamento está no caminho certo, eu tenho certeza que me ajudará muito no futuro. Pretendo ter atingido pelo menos 60% do conhecimento e será muito utilizada para minha vida.*

Antônio – *O trabalho trata de questões que servirão para a vida toda, independente da profissão e formação de cada um. Se me perguntarem qual o conceito que eu tenho de um cientista ou da ciência, eu saberei responder, pois eu sou um cientista desde que estou estudando. Usando a reflexão que o trabalho exigiu, vou emprega-la nos problemas que surgirem, para serem resolvidos da melhor maneira possível.*

Daniel - *Eu aprendi e acho que meus colegas aprenderam e se interessaram muito pelo trabalho realizado em todas essas aulas. Na nossa vida isso será muito importante para o nosso futuro, e conhecimento.*

Michele - *Interessante por que é muito difícil encontrar professores que tenham a paciência de explicar mil vezes a mesma coisa, fazendo com que os alunos usem sua criatividade e memória para guardar o trabalho dos cientistas. É ótimo poder discutir com os colegas o que ambos podem ver em figuras diferentes.*

Com base nas opiniões dos alunos e nas próprias atitudes manifestadas no decorrer do trabalho, percebeu-se uma grande receptividade por parte deles em relação às atividades relacionadas com as histórias em quadrinhos, a análise das figuras de perspectiva mutável e reversíveis, os exemplos dramatizados por eles, os aspectos e fotografias sobre a vida de Einstein. Ficou evidenciado que o módulo didático foi uma proposta de abordagem diferente daquela à qual estavam acostumados.

Depois de realizado todo o trabalho, um aluno fez um discurso em nome da turma, no qual manifestou um certo orgulho por terem participado da experiência da pesquisadora. Este discurso também oficializou um pedido por parte deles: que seus nomes constassem, de alguma forma, neste trabalho de pesquisa. Esse foi um dos motivos pelos quais esta seção mencionou o verdadeiro nome de cada um dos alunos. Embora isso possa ser alvo de críticas considerando a questão ética, neste caso não há nada que comprometa o nome deles.

4.3 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DOS ALUNOS NO QUESTIONÁRIO

A seguir, são apresentados e analisados os resultados obtidos com a aplicação do questionário na primeira aula (primeira etapa) e na décima quinta aula (segunda etapa). Para as justificativas apresentadas em cada questão, foram construídas categorias baseadas nas próprias respostas dos alunos. Algumas são classificadas como “não compreendidas”, de maneira que não foi possível extrair o significado pretendido pelo aluno, uma vez que as respostas eram vagas, demasiadamente genéricas ou sem consistência.

Em seguida, os dados foram organizados nas tabelas que se seguem e, para cada questão, foi feita uma análise das transformações sofridas pelas concepções dos alunos acerca da natureza da ciência após a aplicação do MD. A estratégia usada para organizar e analisar os resultados obtidos foi adaptada de dois artigos, um de Almeida et al. (2001) e o outro de Teixeira et al. (2001).

Além disso, foi realizada uma análise estatística para verificar se houve ou não uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre os resultados da primeira e da segunda etapa de aplicação do questionário. Para isso, foi utilizado um teste não-paramétrico para amostras relacionadas: o teste McNemar. Esse teste foi realizado com a ajuda do software SPSS – Versão 11.0 e as tabelas de contingência para cada questão da primeira etapa (A - antes) e da segunda etapa (D - depois), bem como as tabelas com o nível de significância obtido em cada questão e o resultado da análise, estão no anexo 03.

QUESTÃO 01 - As teorias científicas são obtidas a partir dos dados da experiência, adquiridos por observação e experimento, ou seja, a experiência é a fonte do conhecimento.

Tabela 01 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	A ₁	1	3,2
	A ₂	1	3,2
	A ₃	1	6,5
	A ₅	1	3,2
	A ₇	1	3,2
Sub-total		6	19,4
C	A ₃	9	29,0
	A ₄	3	9,7
	A ₅	5	16,1
	A ₅ e A ₆	1	3,2
	A ₆	4	12,9
	A ₇	2	6,5
Sub-total		24	77,4
D	A ₄	1	3,2
Sub-total		1	3,2
Total		31	100

Legenda:

A₁ Quanto maior a experiência de vida, maior o conhecimento;

A₂ Para fazer alguma experiência é preciso primeiro de muita observação;

A₃ A partir das observações dos fatos e das experiências pode-se chegar a um resultado ou uma conclusão sobre uma teoria;

A₄ Primeiro você deve ter conhecimento, estudar ou ter uma idéia sobre algo, para depois fazer a experiência;

A₅ Para afirmar ou inventar algo temos que comprová-lo através de experiências (testes) ou observações;

A₆ Quanto mais experiências fizemos, mais conhecimento acumulamos;

A₇ Respostas não compreendidas.

Tabela 02 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	B ₁	2	6,5
	B ₂	1	3,2
	B ₆	1	3,2
Sub-total		4	12,9
D	B ₁	10	32,3
	B ₂	1	3,2
	B ₃	2	6,5
	B ₄	2	6,5
	B ₅	3	9,7
Sub-total		20	64,5
DF	B ₁	4	12,9
	B ₃	2	6,5
	B ₁ e B ₄	1	3,2
Sub-total		7	22,5
Total		31	100

Legenda:

B₁ Primeiro as teorias são criadas (através da imaginação, fantasia, criatividade, conhecimentos anteriores, etc) e depois são comprovadas ou discordadas através de experiências e observações;

B₂ A experiência é uma forma de conhecimento, mas não a única maneira de se chegar até ele;

B₃ Cada cientista tem o seu modo de fazer suas teorias, não há um método específico;

B₄ A observação e a experimentação sozinhas não geram conhecimentos;

B₅ A teoria é a fonte do conhecimento;

B₆ Respostas não compreendidas.

Comentários relativos à questão 01:

Nesta questão, predominou inicialmente a opção C (77,4% dos estudantes), e a maior incidência de justificativas apresentadas para esta alternativa de escolha ficou entre as categorias A3 (29,0% do total de alunos), que representa a visão segundo a qual é a partir das observações e experiências que se chega ao conhecimento; e A5 (16,1% do total de alunos), que reconhece o experimento e as observações como forma de validação do conhecimento. No caso desta última categoria, percebeu-se que os argumentos usados pelos alunos estavam impregnados por uma idéia muitas vezes disseminada através dos comerciais: a de que, para ser indiscutível, a eficácia de um determinado produto deve ser “cientificamente comprovada”. São exemplos de justificativas apresentadas em cada uma destas categorias, respectivamente: *“Pois nada é feito sem ser analisado, para se obter uma coisa justa é necessário que se analise, estude e observe muito bem o fato para depois tirar as conclusões necessárias”*; *“As teorias científicas precisam de experiências, porque como é que eles, os cientistas, vão dizer para uma pessoa, por exemplo, que um determinado remédio cura o câncer sem testar isso?”*. Além desse percentual dos que optaram por C na primeira etapa, mais 19,4% escolheram CF, totalizando 96,8%, o que indica que havia um grande predomínio da concepção empirista-indutivista entre os estudantes. A análise estatística (anexo 03) mostrou uma diferença significativa entre a primeira e segunda etapa, ao nível inferior a 0,05 nos resultados dessa questão. Como pode ser constatado na tabela 02, depois do desenvolvimento do módulo didático, nenhum aluno escolheu CF e apenas 12,9% optaram por C. Tal redução é compensada pelo acréscimo na escolha da alternativa D (de 3,2% para 64,5%) e pelo surgimento de uma nova opção, DF, preferida por 22,5% dos alunos. O escore maior de justificativas apresentadas nestas duas últimas opções ficou representado pela categoria B1 (na alternativa D, por 32,3%, e na alternativa DF, por 12,9% do total de estudantes), que corresponde à idéia de que primeiramente as teorias são criadas ou elaboradas e depois comprovadas ou não, através das experiências e observações. São exemplos: *“As teorias são criadas com*

imaginação, fantasia e podem ser comprovadas com experimentos e outros conhecimentos”; “Pois antes de observar um fato logicamente eu já irei ter uma teoria, não irei observar com a cabeça limpa, sem dados. A observação e a experimentação sozinhas não geram conhecimentos”; “As teorias, na maioria das vezes, surgem através da criação da imaginação de um cientista. A experiência é a segunda parte, para ver se a teoria prova que é verdadeira ou não”.

QUESTÃO 02 - Observações científicas são sempre o ponto de partida para a elaboração das leis e princípios em ciência.

Tabela 03 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	C ₁	2	6,5
Sub-total		2	6,5
C	C ₁	14	45,2
	C ₂	2	6,5
	C ₃	3	9,7
	C ₅	2	6,5
Sub-total		21	67,7
I	C ₆	3	9,7
Sub-total		3	9,7
D	C ₄	5	16,1
Sub-total		5	16,1
Total		31	100

Legenda:

C₁ Observando os fatos os cientistas tiram conclusões e formulam teorias, através de provas concretas;

C₂ Para que uma lei seja válida precisa ter sido comprovada cientificamente;

C₃ Para obter leis é preciso fazer observações, questionamentos, estudar muito, análises, etc;

C₄ Porque se pode partir de outros meios;

C₅ Respostas não compreendidas;

C₆ Em branco.

Tabela 04 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	D ₁	2	6,5
	D ₂	1	3,2
Sub-total		3	9,7
I	D ₁	1	3,2
	D ₉	2	6,5
Sub-total		3	9,7
D	D ₃	9	29,0
	D ₃ e D ₄	1	3,2
	D ₄	6	19,4
	D ₅	2	6,5
	D ₆	1	3,2
Sub-total		19	61,3
DF	D ₃	4	12,9
	D ₄	2	6,5
Sub-total		6	19,3
Total		31	100

Legenda:

D₁ Primeiro você observa, coleta os dados e depois formula leis e teorias;

D₂ Não há invenção sem alguma observação científica;

D₃ Tudo começa com as idéias, a imaginação, as teorias anteriores, a criatividade (em que são formuladas leis e teorias) e depois são feitas as observações;

D₄ Cada cientista tem a sua maneira de elaborar as leis;

D₅ Só as observações não bastam para a elaboração de leis e teorias;

D₆ Respostas não compreendidas;

D₇ Em branco.

Comentários relativos à questão 02:

Como pode ser observado na tabela 03, na primeira etapa a opção C foi a mais eleita entre os estudantes (67,7%). A categoria C1, que apresenta a idéia de que é através da observação dos fatos que os cientistas tiram conclusões e formulam as teorias, foi a mais apresentada como justificativa nesta alternativa (por 45,2% do total de alunos). Um exemplo de resposta desta categoria é: *‘Com a observação, os cientistas tiram conclusões e formulam as leis através de provas concretas’*. Considerando ainda os 6,5% que optaram por CF, cujas justificativas se enquadram todas nesta mesma categoria (C1), a concepção do empirismo ingênuo, ou seja, de que as teorias têm origem na observação, era a que predominava nesta primeira etapa. O emprego do teste estatístico nessa questão (anexo 03), também acusou uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as respostas dos estudantes nas duas etapas de aplicação do questionário. A segunda etapa resultou na eliminação da opção CF e na diminuição da alternativa C, que passou de 45,2% para 9,7%. Em contrapartida, houve um acréscimo na opção D, que passou de 16,1% para 61,3%, e o surgimento de uma nova opção, DF, com 19,3% de adesão. Somando o percentual representado pelas duas últimas alternativas, verifica-se que 80,8% dos alunos se mostraram desfavoráveis à questão. Já o percentual de respostas na opção I permaneceu inalterado. Na alternativa que prevaleceu na segunda etapa (D), o escore maior de justificativas apresentadas ficou entre as categorias D3 (29,0% do total de alunos), que reconhece como ponto de partida a formulação das teorias (através da imaginação, das idéias, das teorias anteriores, da criatividade, etc.); e D4 (19,3% do total de alunos), que corresponde à visão de que cada cientista tem o seu ponto de partida, ou seja, tem a sua maneira de elaborar as leis. Podem-se citar como exemplos: *‘A criação e a imaginação surgem antes mesmo da observação para a formulação de uma teoria. Ela pode surgir de observações, mas a criação e a imaginação é o que faz surgir uma lei ou um princípio’*; *‘São as teorias que nos orientam a observar algo, elas nos dizem o que observar. Todas as observações estão cheias de teoria. Portanto elas não são sempre o ponto de parti-*

da”; *‘Não há um método científico específico para obter conhecimento’*. *‘Podemos tanto observar como formular teorias em primeiro lugar’*; *‘Não, pois cada cientista tem a sua maneira de elaborar as leis’*. Mesmo tendo obtido um bom resultado, que mostrou uma grande influência das discussões realizadas sobre a idéia de que as observações estão impregnadas de teorias, um fator que pode ter interferido nas justificativas foi o debate sobre o “método científico”, no qual se mencionou que não há um único caminho a ser seguido, isto é, que além de outros meios também se pode começar pela observação para a elaboração de leis e teorias. Esse fator também influenciou os resultados da questão 04 e 09. No entanto, no decorrer das respostas às outras questões, parece que para a maioria dos alunos ficou claro que, embora algumas vezes o conhecimento também possa ter origem na observação, esta nunca é neutra.

QUESTÃO 03 - Todo o conhecimento científico é provisório, isto é, com o passar do tempo poderá se verificar um fato que leve a sua rejeição.

Tabela 05 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	E ₁	6	19,3
	E ₉	1	3,2
Sub-total		7	22,5
C	E ₁	3	9,7
	E ₂	8	25,8
	E ₃	1	3,2
	E ₄	1	3,2
	E ₅	2	6,5
Sub-total		15	48,4
I	E ₆	3	9,7
	E ₇	1	3,2
Sub-total		4	12,9
D	E ₄	2	6,5
	E ₆	1	3,2
	E ₇	1	3,2
Sub-total		4	12,9
DF	E ₃	1	3,2
Sub-total		1	3,2
Total		31	100

Legenda:

E₁ As leis e teorias deixam de ser válidas, quando é provado o contrário;

E₂ Com o tempo podem ser descobertos novos conhecimentos que levam a rejeição do anterior;

E₃ Não que o conhecimento anterior seja errado ou rejeitado, mas ele é ampliado;

E₄ Nada será eterno, mas as teorias já criadas vão continuar a ser discutidas e irão manter o seu valor;

E₅ Com novas experiências os cientistas podem constatar que experiências anteriores estavam erradas e as rejeitarão;

E₆ Sei que alguns conhecimentos são provisórios;

E₇ Respostas não compreendidas.

Tabela 06 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	F ₁	10	32,3
	F ₂	1	3,2
Sub-total		11	35,5
C	F ₁	11	35,5
	F ₂	3	9,7
	F ₃	2	6,5
	F ₁ e F ₃	1	3,2
Sub-total		17	54,9
D	F ₄	2	6,5
	F ₅	1	3,2
Sub-total		3	9,6
Total		31	100

Legenda:

F₁ As teorias podem ser rejeitadas quando surgirem outras novas que comprovam ser mais corretas e coerentes que as anteriores; através de novas idéias; mais importantes; que expliquem melhor os fatos, pois o conhecimento está sujeito a reconstruções, etc.

F₂ O conhecimento pode mudar e ser substituído, ou seja, ele não é eterno;

F₃ Poderá surgir uma lei ou um conhecimento que contrarie e supere o anterior, mas esse não é imediatamente abandonado.

F₄ Nem sempre, existem conhecimentos que até hoje não foram discordados;

F₅ Quando não é correta, uma teoria já é abandonada desde o começo.

Comentários relativos à questão 03:

Na primeira etapa, as respostas dos alunos ficaram distribuídas entre as cinco alternativas apresentadas pela questão. Prevaleceu, no entanto, a opção C, eleita por 48,4% dos estudantes, com um índice maior de justificativas concentradas na categoria E_2 (25,8% do total de alunos), que reconhece que é com o passar do tempo que novos conhecimentos são descobertos, levando à rejeição dos anteriores. Realmente, de acordo com as opções escolhidas pelos estudantes na primeira etapa e com os aspectos discutidos em sala de aula, não se esperava que esta questão revelasse uma grande mudança nas alternativas escolhidas. Na segunda etapa, apareceram apenas três opções, desaparecendo as alternativas I (que antes foi escolhida por 12,9%) e DF (escolhida por 3,2% dos estudantes). O que se percebeu foi uma migração de respostas para a opção CF (que aumentou de 22,5% para 35,5% em frequência) e para a C (que passou para 54,9% dos alunos). Já a escolha da opção D, que na primeira etapa foi eleita por 12,9% dos estudantes, diminuiu para 9,6%, uma diferença pouco considerável. Como se pode constatar, na análise estatística (anexo 03), esta questão não mostrou uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas. Isso não significa, porém, que não foram obtidos ganhos positivos com a aplicação do módulo didático, pois um aspecto que também deve ser levado em consideração nesta questão são os argumentos apresentados pelos alunos nas justificativas, que tiveram uma maior consistência na segunda etapa. Isso pode ser verificado nos seguintes exemplos de justificativas apresentadas pelos mesmos alunos que se mostraram favoráveis à questão, antes e depois da aplicação do MD. *‘Sim, porque eu descobro algo novo, esse algo vai ser provisório, alguém pode provar o contrário disso’* (primeira etapa) e *“A afirmação está certa e um exemplo é a mecânica de Newton e a teoria da relatividade. Pois com o passar do tempo e com o conhecimento se desenvolvendo cada vez mais, surgirão novas leis, as quais se forem comprovadas poderão levar à rejeição a teoria antiga”* (segunda etapa); *“Pois eu sei que alguns conhecimentos são provisórios pois é provado alguma coisa, essa coisa está valendo até que outra pessoa tenha provado algo me-*

lhor e que se encaixe melhor com o que está estudando” (primeira etapa) e “O conhecimento só é válido até que outra pessoa prove que ele está errado. Mas essa prova deve ter lógica e ser confirmada. Mas esse conhecimento passa por inúmeros estudos para ver se realmente ele está errado. Nunca é abandonado imediatamente (segunda etapa)”; “*Uma verdade é uma verdade somente até o momento que alguém chega e prova o contrário” (primeira etapa) e ‘Uma teoria é verdadeira somente até o momento que provem que aquela teoria não é verdadeira. Por exemplo, a mecânica de Newton’ (segunda etapa).* Conforme o argumento apresentado acima, o aprimoramento das justificativas dos alunos na segunda etapa também se verificou nas demais questões, mesmo que em muitas delas não se tenha obtido uma diferença estatisticamente significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas. Outro fato que merece ser mencionado aqui refere-se à forma como está redigida a questão pois, em princípio, pode-se pensar que ela esteja induzindo os estudantes a um refutacionismo ingênuo. Porém, deve-se levar em consideração o fato de que este instrumento teve a preocupação de deixar clara a questão, de acordo com o nível de ensino e a faixa etária do aluno. Já numa outra etapa de educação, esta poderá não se mostrar pertinente. A afirmação 10 vem a ser um complemento que discute o aspecto do abandono imediato de uma teoria.

QUESTÃO 04 - Qualquer investigação científica sempre parte de conhecimentos teóricos para só depois realizar uma testagem experimental.

Tabela 07 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	G ₁	3	9,7
Sub-total		3	9,7
C	G ₁	8	25,8
	G ₃	1	3,2
	G ₅	1	3,2
Sub-total		10	32,2
I	G ₂	3	9,7
	G ₃	1	3,2
Sub-total		4	12,9
D	G ₂	11	35,5
	G ₃	1	3,2
Sub-total		12	38,6
DF	G ₂	1	3,2
	G ₃	1	3,2
Sub-total		2	6,5
Total		31	100

Legenda:

G₁ Antes de você analisar um fato ou fazer uma experiência, você deverá ter uma noção, uma curiosidade, um conhecimento sobre o assunto;

G₂ Nem sempre noções teóricas são necessárias, você pode partir de experiências ou observações;

G₃ Antes é preciso observar, elaborar hipóteses, comprovar os fatos, para depois partir para a teoria;

G₄ Respostas não compreendidas.

Tabela 08 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	H ₁	3	9,7
Sub-total		3	9,7
C	H ₁	12	38,7
	H ₂	1	3,2
	H ₆	1	3,2
Sub-total		14	45,0
I	H ₃	2	6,5
Sub-total		2	6,5
D	H ₄	7	22,6
	H ₅	1	3,2
	H ₆	1	3,2
Sub-total		9	29,0
DF	H ₄	2	6,5
	H ₆	1	3,2
Sub-total		3	9,7
Total		31	100

Legenda:

H₁ Primeiro o cientista formula a teoria (usando o seu conhecimento, as teorias, sua dedução, imaginação, o questionamento a discussão, etc) e depois parte para a experiência no sentido de comprovar as teorias;

H₂ É a observação que parte da teoria e não a teoria da observação;

H₃ Não tenho conhecimento a respeito disso;

H₄ Não há um modelo a ser seguido, pois cada cientista tem o seu jeito, pode partir de observações, de experiências, da imaginação, etc.

H₅ Primeiro você observa, depois elabora as idéias, dados e depois faz as leis e teorias;

H₆ Respostas não compreendidas.

Comentários relativos à questão 04:

Em termos estatísticos (anexo 03), não se evidenciou uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas. Comparando as duas tabelas, verifica-se que em ambas apareceram as cinco opções de respostas, sendo que na primeira etapa havia um certo equilíbrio entre as opções favoráveis (41,9%) e as desfavoráveis (45,1%) em relação à questão. Enquanto 9,7% dos alunos optaram por CF e 32,2% por C, outros 38,6% escolheram a alternativa D e 6,5% a DF. Na primeira etapa, entre os que se mostraram favoráveis a essa questão, o maior índice de justificativas apresentadas nas duas opções de respostas ficou representado pela categoria G1 (na C, por 25,8% e na CF, por 9,7% do total de alunos), segundo a qual para analisar um fato ou fazer uma experiência é preciso estar orientado por uma noção, uma curiosidade, um conhecimento sobre o assunto. Por exemplo: *“Porque a teoria sempre vem antes de todo e qualquer experimento. Não adianta experimentar algo que não é perguntado”*. Já entre os alunos que se mostraram desfavoráveis a essa questão, o maior número de justificativas apresentadas nas duas opções ficou categorizado por G2 (na D, por 35,5% e na DF, por 3,2% do total de alunos), que corresponde à visão de que nem sempre é preciso partir de uma base teórica: pode-se partir de experiências ou observações. Um exemplo de resposta desta categoria é: *‘Não, às vezes primeiro são observados, e só então vão para o campo teórico; seria como o eclipse solar, primeiro se observou e então se teorizou’*. Na segunda etapa, houve um acréscimo na opção C, que passou de 32,2% para 45% e foi predominante entre as opções. Esse aumento se deu com a redução na alternativa I, de 12,9% para 6,5% e na D, de 38,6% para 29% dos alunos. Na opção que prevaleceu (C), o escore maior de justificativas ficou representado pela categoria H1 (38,7% do total de alunos), segundo a qual primeiramente são formuladas as teorias (com o uso da imaginação, dos conhecimentos anteriores, dos questionamentos, etc.) e depois essas teorias são comprovadas através das experiências. Além de citar exemplos desta última categoria, pretende-se inclusive mostrar a influência de aspectos discutidos em sala de aula. Para isso apresenta-se

as justificativas apresentadas pelos mesmos alunos, nas duas etapas de aplicação do instrumento: *‘Muitos experimentos são a fonte da teoria e a teoria nada mais é do que uma experiência já comprovada e posta no papel’* (primeira etapa) e *‘O cientista usa o seu conhecimento, a sua dedução, imaginação, se questiona, e depois parte para a realização da experiência para a comprovação da mesma’* (segunda etapa); *‘Pois como você vai analisar um fato sem ter um conhecimento, sem ter lido sobre o assunto, sem apresentar argumentos concretos’* (primeira etapa) e *‘Pois a nossa cabeça nunca está vazia, e antes de analisar um fato eu terei um conhecimento a respeito dele, já terei visto algo sobre, como o exemplo da maçã’* (segunda etapa). Analisando as justificativas apresentadas na opção D, nesta segunda etapa, verificou-se que um dos fatores que interferiu fortemente nesta questão foi a discussão realizada sobre o “método científico”, aspecto já mencionado na questão 02. Exemplos de justificativa: *‘Não há um modelo a ser seguido, pode partir de uma observação ou de uma experimentação ou de qualquer outra coisa’*; *‘Ela pode surgir da imaginação, ou da observação, ou até da testagem experimental, para depois ser formulado o conhecimento teórico. Isso depende de onde o cientista começou sua curiosidade, e de como começou’*.

QUESTÃO 05- O modo como a ciência produz conhecimento segue rigorosamente a seguinte seqüência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e estabelecimento de leis e teorias.

Tabela 09 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	I ₁	1	3,2
	I ₂	5	16,1
Sub-total		6	19,4
C	I ₁	1	3,2
	I ₂	5	16,1
	I ₃	1	3,2
	I ₄	1	3,2
	I ₆	2	6,5
Sub-total		10	32,3
I	I ₄	8	25,8
	I ₄ e I ₅	1	3,2
	I ₆	2	6,5
	I ₇	1	3,2
Sub-total		12	38,7
D	I ₅	2	6,5
	I ₆	1	3,2
Sub-total		3	9,7
Total		31	100

Legenda:

I₁ É necessário adotar uma seqüência, e essa parece ser a mais correta;

I₂ É através desse processo que se chega a conclusões e se estabelecem leis e teorias;

I₃ Toda a produção de conhecimento quase sempre segue essa seqüência;

I₄ Não tenho muito conhecimento a respeito disso;

I₅ A ciência pode seguir regras diferentes;

I₆ Respostas não compreendidas;

I₇ Em branco.

Tabela 10 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	J ₁	3	9,7
Sub-total		3	9,7
I	J ₂	1	3,2
	J ₆	1	3,2
Sub-total		2	6,5
D	J ₃	9	29,0
	J ₃ e J ₄	1	3,2
	J ₄	3	9,7
Sub-total		13	41,9
DF	J3	6	19,3
	J3 e J4	1	3,2
	J4	5	3,2
	J5	1	3,2
Sub-total		13	41,9
Total		31	100

Legenda:

J₁ Para ter uma resposta concreta ou comprovação, deve-se passar por um processo bastante rigoroso;

J₂ Rigorosamente não, mas quase sempre parte dessa seqüência;

J₃ Cada cientista tem o seu jeito de fazer ciência, não tem uma seqüência a ser seguida;

J₄ A ciência começa no pensamento, na elaboração das hipóteses, nas teorias, na curiosidade, para depois observar e experimentar;

J₅ Seque outra seqüência: elaboração de uma teoria ou lei, observação, hipóteses e testagem experimental;

J₆ Em branco.

Comentários relativos à questão 05:

A alternativa que prevalecia na primeira etapa era a I (38,7% dos alunos), sendo que o índice maior de justificativas foi estabelecido pela categoria I₄ (25,8% do total dos alunos), através da qual os estudantes reconhecem não ter conhecimento suficiente para argumentar a favor da sua opção. Além dessa alternativa ter predominado sobre as outras cinco, levando em consideração os 19,4% que optaram por CF, e os 32,3% que escolheram C (o que representa um total de 51,7%), pode-se dizer que a maior parte dos alunos estava de acordo com a afirmação. No caso dessas duas opções, a justificativa mais apresentada foi estabelecida pela categoria I₂ (tanto na C como na CF, por 16,1% do total de alunos), idéia que compreende que é através desse processo que se chega a conclusões e se estabelecem leis e teorias. Exemplos de justificativa: *“Necessita-se de uma seqüência; e essa me parece ser a mais correta”*; *‘Isso é essencialmente fundamental, só através disso pode se produzir e estabelecer leis e teorias’*. Na segunda etapa, a opção CF desapareceu e ficaram drasticamente reduzidas a opção C (de 32,3% para 9,7%) e a opção I (de 38,7% para 6,5%). No entanto, houve um aumento na opção D (de 9,7% para 41,9%) e surgiu uma nova alternativa (DF), escolhida também por 41,9% dos alunos. Nesta segunda etapa, a mudança foi drástica: somando as duas opções, observa-se que 83,8% dos alunos se mostraram desfavoráveis à questão, o que mostra a grande influência das discussões a respeito do método científico. O resultado desta questão mostrou uma diferença estatisticamente significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas. De acordo com o maior escore de justificativas apresentadas nesta última etapa (na D, por 29,0% e na DF, por 19,3% do total de alunos), prevaleceu a idéia de que cada cientista tem o seu jeito de fazer ciência, não existindo uma seqüência pré-determinada (categoria J₃). São exemplos: *“Pois para chegar a uma teoria o cientista deve usar o método dele. Mas a teoria deve ter lógica, pode usar qualquer método, desde que a comprove”*; *“Não existe um método científico específico para a elaboração das leis ou teorias, para obter conhecimento; isso depende de cada cientista”*; *“Citando como exemplo um bolo,*

você não precisa necessariamente começar dos produtos em seqüências, ele pode ser variado e com isso a ciência não precisa seguir uma seqüência rigorosa”; ‘É claro que não, e um exemplo disso é o próprio Einstein que primeiro criou leis, teorias para depois experimentá-las”.

QUESTÃO 06 - A elaboração de leis e princípios científicos obrigatoriamente dispensa a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador.

Tabela 11 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	L ₁	1	3,2
Sub-total		1	3,2
C	L ₁	2	6,5
	L ₂	2	6,5
	L ₃	1	3,2
Sub-total		5	16,1
D	L ₅	15	48,4
	L ₅ e L ₇	2	6,5
Sub-total		17	54,8
DF	L ₅	7	22,5
	L ₆	1	3,2
Sub-total		8	25,8
Total		31	100

Legenda:

L₁ A criatividade e a imaginação vão atrapalhar a verdadeira descoberta sobre o trabalho realizado;

L₂ Tudo tem que ser comprovado e não imaginado;

L₃ A criatividade não faz parte dos resultados de um experimento;

L₅ A criatividade e a imaginação do cientista sempre fazem parte na formulação de leis e princípios;

L₆ Se não há provas concretas, utiliza-se a imaginação para elaborar hipóteses e explicar o fato ocorrido;

L₇ Deve-se ter o cuidado de não fugir da realidade;

Tabela 12 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	M ₁	1	3,2
Sub-total		1	3,2
D	M ₂	13	41,9
	M ₃	2	6,5
Sub-total		15	48,4
DF	M ₂	15	48,4
Sub-total		15	48,4
Total		31	100

Legenda:

M₁ O pensamento deve estar livre de qualquer coisa que não esteja relacionada à pesquisa;

M₂ A criatividade, a intuição e a imaginação são fatores fundamentais para se elaborar uma teoria;

M₃ Quem não tiver criatividade nem imaginação não poderá fazer ou desvendar as experiências.

Comentários relativos à questão 06:

O emprego do teste estatístico (anexo 03) não aponta para uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas. Na primeira etapa, a maioria dos alunos reconheceu a influência dos fatores subjetivos no trabalho científico. Conforme se observa na tabela 11, 54,8% dos alunos optaram por D e 25,8% por DF. Suas justificativas ficaram centradas na categoria L4 (na D, por 48,4% e na DF, 22,5% do total de alunos), que reconhece que na elaboração de leis e princípios, a criatividade, a imaginação e a intuição do cientista sempre estão presentes. Na segunda etapa, desapareceu a opção CF e a opção C ficou reduzida de 16,1% para 3,2%, havendo uma migração de respostas para a opção DF, que aumentou de 25,8% para 48,4%. Um fator interessante foi que até a opção D teve uma pequena redução passando de 54,8% para 48,4%. Além disso, na segunda etapa houve uma diminuição considerável no número de categorias, sendo que o maior índice de justificativas ficou representado pela categoria M2 (na D, por 41,9% e na DF, por 48,4% do total de alunos), que estabelece a criatividade, a imaginação e a intuição como fatores fundamentais na elaboração da teoria. Percebe-se um amadurecimento maior nos argumentos usados pelos alunos para justificar suas respostas. Os exemplos mostram a transformação do pensamento dos alunos, comparando as suas respostas antes e depois da aplicação do MD: *“Pois toda lei é criativa da própria imaginação de seu próprio autor”* (primeira etapa) e *“Pois a criatividade, a intuição e a imaginação são um dos fatores mais necessários para se fazer uma teoria, pois de nada adianta fazer uma lei sem imaginar o mundo de amanhã”* (segunda etapa); *“Para que possamos conseguir algo precisamos ter criatividade”* (primeira etapa) e *“Não dá para fazer alguma coisa com a mente limpa, sem conhecimento nenhum. Isso não permitiria o avanço do trabalho”* (segunda etapa); *“Pois muitas leis antes de serem criadas depende muito da intuição dos científicos”* (primeira etapa) e *“Para uma lei ser inventada é preciso muita criatividade, intuição e imaginação para que o pesquisador possa inventar a lei, mas é claro que tem que ter lógica”* (segunda etapa).

QUESTÃO 07 - Quando dois cientistas observam a mesma coisa, eles devem chegar necessariamente às mesmas conclusões.

Tabela 13 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	N ₁	1	3,2
	N ₂	1	3,2
Sub-total		2	6,5
D	N ₃	20	64,5
Sub-total		20	64,5
DF	N ₃	9	29,0
Sub-total		9	29,0
Total		31	100

Legenda:

N₁ Se estudam rigorosamente os resultados tendem a ser os mesmos, mas se seguem linhas diferentes não;

N₂ Porque aí não será a mesma coisa ;

Tabela 14 – (2ª Etapa)

N₃ Cada pessoa tem um ponto de vista, poderá interpretar diferentemente as coisas.

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
D	O ₁	16	51,6
Sub-total		16	51,6
DF	O ₁	15	48,4
Sub-total		15	48,4
Total		31	100

Legenda:

O₁ Cada cientista pode chegar a um resultado diferente, pois isso depende do seu ponto de vista, de seu conhecimento anterior, da sua imaginação, etc.

Comentários relativos à questão 07:

Como se pode constatar nesta questão, a análise estatística (anexo 03) não aponta uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas. Já na primeira etapa a grande maioria dos alunos se mostrou desfavorável à afirmação. Somando os 64,5% dos alunos que optaram por D e os 29,0% que optaram por DF, tem-se um total de 93,5% dos estudantes. A justificativa apresentada por esse grupo que aderiu a estas duas alternativas de escolha foi classificada em apenas uma categoria, N₃, a qual se refere a idéia de que cada pessoa tem um ponto de vista, um modo de pensar, resultando assim conclusões diferentes. Embora na segunda etapa não se tenha esperado um resultado muito diferente nas opções escolhidas, há alguns comentários a serem feitos. Todos os alunos, nesta etapa, discordaram da afirmação e, por unanimidade, a justificativa apresentada foi categorizada como O₁, que corresponde à idéia de que cada cientista pode chegar a conclusões diferentes, pois isso depende do seu ponto de vista, da teoria em que se baseia, de seu conhecimento anterior, da sua imaginação, etc. O percentual dos alunos que optaram por D também diminuiu da primeira para a segunda etapa (de 64,5% para 51,6%) e, em função disso, houve um aumento considerável na opção DF (de 29,0% para 48,4%). Percebe-se claramente a influência dos aspectos discutidos em sala de aula. Para ilustrar isso, citam-se a seguir alguns exemplos de argumentos apresentados pelos alunos antes e depois da aplicação do MD: *“Cada pessoa tem um ponto de vista, uma maneira de pensar. Mas pode ser que alguns tenham a mesma idéia”* (primeira etapa) e *“Não necessariamente, no caso das figuras da ilusão óptica, se eu via primeiro os coelhos a Adriana podia ver primeiro os pássaros e vice-versa”* (segunda etapa); *“Pois nem todo mundo enxerga a mesma coisa, nem todo mundo tem a mesma opinião a respeito do fato, nem todo mundo é igual”* (primeira etapa) e *“Nunca, pois dois observadores podem ter opiniões diferentes, ex. um pintor e um restaurador observam o mesmo quadro. O pintor irá olhar mais para as misturas das cores, técnicas usadas nas cores, já o restaurador irá observar a moldura, os materiais usados”* (segunda etapa); *“Não precisam chegar necessariamente a*

mesma coisa. Como diz a questão 3 tudo é provisório. Um fato é verídico, somente até quando outra pessoa venha e prove o contrário” (primeira etapa) e ‘Cada pessoa interpreta de um modo diferente a mesma coisa, por exemplo uma pintura abstrata pode ter um significado para mim, mas outro para você” (segunda etapa).

QUESTÃO 08 - O conhecimento científico, é algo objetivo e confiável, porque é provado.

Tabela 15 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	P ₁	1	3,2
Sub-total		1	3,2
C	P ₁	7	22,6
	P ₂	2	6,5
	P ₃	2	6,5
Sub-total		11	35,5
I	P ₂	1	3,2
	P ₃	2	6,5
	P ₄	3	9,7
	P ₅	1	3,2
	P ₇	1	3,2
Sub-total		8	25,8
D	P ₂	1	3,2
	P ₃	6	19,4
	P ₅	2	6,5
	P ₆	2	6,5
Sub-total		11	35,5
Total		31	100

Legenda:

P₁ O conhecimento científico é discutido, estudado, experimentado, e não imaginado, por isso é objetivo e confiável;

P₂ Podemos confiar nas teorias hoje, mas elas podem mudar com o passar do tempo;

P₃ O conhecimento científico é confiável, até que provem o contrário;

P₄ Aceitamos como verdadeiro, mas não sabemos se realmente é objetivo e confiável;

P₅ Às vezes podem ter ocorrido erros, e o que é certo hoje pode não ser amanhã;

P₆ Só porque uma coisa é provada, não quer dizer que é objetiva e confiável;

P₇ Em branco.

Tabela 16– (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	Q ₁	2	6,5
Sub-total		2	6,5
D	Q ₂	12	38,7
	Q ₃	2	6,5
	Q ₄	6	19,4
	Q ₅	2	6,5
Sub-total		22	70,1
DF	Q ₂	3	9,7
	Q ₄	2	6,5
	Q ₅	2	6,5
Sub-total		7	22,6
Total		31	100

Legenda:

Q₁ É necessário provar as teorias para aceitá-las;

Q₂ Nem tudo o que é provado é eterno, podendo futuramente ser contestado ou provado o contrário;

Q₃ O conhecimento pode mudar e as teorias podem ser descartadas ou ampliadas;

Q₄ As teorias ou o conhecimento podem mudar com o tempo;

Q₅ Respostas não compreendidas.

Comentários relativos à questão 08:

Comparando as duas etapas, o emprego do teste estatístico (anexo 03) acusa uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre elas. Antes havia um equilíbrio entre as opções C e D, com 35,5% de escolha para cada uma. Na primeira opção (C), o maior índice de justificativas apresentadas ficou representado pela categoria P1 (22,6% do total de alunos), que entende que o conhecimento científico é construído através de muito estudo, discussão e experimentação, sendo por isso objetivo e confiável; já na segunda opção (D), prevaleceu a categoria P4 (19,4% do total de alunos), que corresponde à idéia de que o conhecimento científico deixa de ser confiável no momento em que os cientistas conseguem provar o argumento contrário. Segue-se um exemplo de cada opção: *‘Tudo que vem da ciência é provado e confiável pois passa por grandes processos e experimentos’*; *‘O conhecimento pode não ser confiável a partir do momento em que se prove o contrário do que ele trata’*. Já na segunda etapa, a opção CF desapareceu e a C diminuiu de 35,5% para 6,5%. Outro aspecto interessante foi o desaparecimento da opção I, que antes foi escolhida por 25,8%, mostrando um posicionamento desses alunos em relação a afirmação feita. Em contrapartida, houve uma migração de respostas para a opção D (que teve um aumento de 35,5% para 70,1% dos alunos) e o surgimento de uma nova opção, DF (com 22,6% dos alunos). No caso dessas duas opções, o escore maior de justificativas apresentadas ficou representado pela categoria Q2 (na D, por 38,7% e na DF, por 9,7% do total de estudantes), que considera que o fato do conhecimento científico ser provado não faz com que ele seja eterno, podendo surgir contestações e provas contrárias. São exemplos: *‘Por dois motivos: primeiro, o que é provado hoje pode ser substituído por outra prova a qualquer momento, e segundo, existem fatos que acontecem que o conhecimento científico não consegue explicar’*; *‘Não, pois ele pode ser substituído mais tarde por outro que comprove melhor o referido assunto, que possua mais coerência e lógica’*; *‘O conhe-*

cimento científico é uma construção humana. Está sujeito a transformações e não é objetivo”.

QUESTÃO 09 - Na ciência, todas as observações sempre são feitas com base em alguma teoria.

Tabela 17 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	R ₁	8	25,8
	R ₂	1	3,2
	R ₆	2	6,5
Sub-total		11	35,5
I	R ₂	1	3,2
	R ₃	3	9,7
	R ₆	1	3,2
	R ₇	2	6,5
Sub-total		7	22,6
D	R ₃	4	12,9
	R ₄	1	3,2
	R ₅	4	12,9
	R ₆	2	6,5
Sub-total		11	35,5
DF	R ₃	1	3,2
	R ₅	1	3,2
Sub-total		2	6,5
Total		31	100

Legenda:

R₁ As observações são feitas com base em teorias anteriores;

R₂ A maioria é feita com base em teorias, outras são feitas por acaso;

R₃ Algumas observações podem ser feitas com base em teorias, outras não;

R₄ As teorias são feitas com base nas observações;

R₅ Primeiro podem ser feitas as observações e depois formuladas as teorias;

R₆ Não compreendidas;

R₇ Em branco.

Tabela 18– (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	S ₁	3	9,7
Sub-total		3	9,7
C	S ₁	7	22,6
	S ₂	3	9,7
	S ₃	2	6,5
	S ₄	1	3,2
Sub-total		13	41,9
I	S ₅	2	6,5
	S ₇	1	3,2
Sub-total		3	9,7
D	S ₄	3	9,7
	S ₅	5	16,1
	S ₆	3	9,7
	S ₇	1	3,2
Sub-total		12	38,7
Total		31	100

Legenda:

S₁ A observação é feita com base em algum conhecimento, ninguém observa com a mente em branco;

S₂ São as teorias que indicam para onde dirigir sua atenção e para onde olhar;

S₃ A partir das teorias são realizadas as observações, os experimentos e tiradas as conclusões;

S₄ As teorias têm como base a imaginação, a livre criação, a dedução, conhecimentos anteriores, etc;

S₅ As observações podem surgir com base em outras teorias ou do nada;

S₆ Nem sempre, algumas teorias tiveram origem na observação;

S₇ Não compreendidas.

Comentários relativos à questão 09:

Nesta questão, não foi encontrada uma diferença estatisticamente significativa ao nível inferior a 0,05 (anexo 03) entre as duas etapas de aplicação do questionário. Na primeira etapa, as opções predominantes foram a C e a D, ambas escolhidas por 35,5 % dos alunos. Na opção C, o maior índice de justificativas ficou categorizado por R₁ (25,8% do total de alunos), idéia que reconhece que as observações são feitas com base em alguma teoria. Por exemplo: *“Sim, pois tudo parte de um ponto inicial e acredito eu que sempre parte de teorias anteriores, de estudos que outras pessoas analisaram”*. Na opção D, as justificativas ficaram centradas nas categorias representadas por R₃ (12,9% do total de alunos), que corresponde à visão de que algumas observações são feitas com base em teorias, outras não; e R₅ (12,9% do total de alunos), concepção segundo a qual primeiro devem ser feitas as observações e depois elaboradas as teorias. A seguir, são apresentados um exemplo de cada opção: *“Porque nem todas são feitas com base em teorias, elas podem ser feitas sem se basear em nenhuma teoria”*; *“Pois você pode fazer observações e depois formular a teoria”*. Na segunda etapa, surgiu uma nova opção, CF (escolhida por 9,7% dos alunos), houve um pequeno aumento na opção C (que passou de 35,5% para 41,9 %), uma redução na opção I (de 22,6% para 9,7%) e um acréscimo na opção D (de 35,5% para 38,7%). Embora esta última opção tenha crescido, em contrapartida desapareceu a opção CF. Nas opções que se mostraram favoráveis, a maior concentração de justificativas ficou representada pela categoria S₁ (na C, por 22,6%, e na CF, por 9,7% do total de estudantes), idéia que reconhece que a observação é feita com base em algum conhecimento e não com a mente vazia. Como exemplos desta categoria e também uma maneira de ilustrar as transformações ocorridas nos argumentos, citam-se a seguir algumas justificativas apresentadas pelos alunos antes e depois da aplicação do MD: *“Sim, pois tudo parte de um ponto inicial e acredito eu que sempre parte de teorias anteriores de estudos que outras pessoas analisaram”* (primeira etapa) e *“Pois como eu já disse não observamos alguma coisa sem nada na mente; por exemplo, quando viemos à escola*

nossa mente não está totalmente limpa (segunda etapa); “Não, pois e as primeiras teorias tiveram base aonde? Cada história tem um início e muitos não dependem de um fato anterior para ter início”(primeira etapa) e “Pois senão, como observaria algo e saberia que ele existe ou pode ser realizado? Toda e qualquer pessoa tem um certo nível de conhecimento antes da observação”(segunda etapa); “Depende de eu discordar com o que já está dito eu parto de uma teoria mas se não eu vou atrás para depois escrever”(primeira etapa) e “As observações são baseadas em uma teoria pois quando estamos falando de teoria não falamos só da teoria escrita e sim da minha teoria que está na cabeça”(segunda etapa). Considerando os aspectos relativos à concepção de que “toda observação está impregnada de teoria”, discutida em sala de aula, esperava-se que houvesse uma maior migração de respostas para as opções C e CF na segunda etapa. Um dos prováveis fatores que teve influência nesta questão foi a discussão sobre o método científico (aspecto já comentado na questão 04)

QUESTÃO 10 - Uma teoria que entra em conflito com observações ou resultados experimentais deve ser rejeitada imediatamente.

Tabela 19 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	T ₁	1	3,2
Sub-total		1	3,2
C	T ₂	2	6,5
	T ₇	1	3,2
Sub-total		3	9,7
I	T ₂	1	3,2
	T ₃	2	6,5
	T ₄	1	3,2
	T ₈	2	6,5
Sub-total		6	19,3
D	T ₂	1	3,2
	T ₅	6	19,3
	T ₆	8	25,8
	T ₇	1	3,2
Sub-total		16	51,6
DF	T ₅	4	12,9
	T ₇	1	3,2
Sub-total		5	16,1
Total		31	100

Legenda:

T₁ Se uma teoria foi observada e seus resultados foram negativos, deve ser rejeitada logo;

T₂ Se eu conseguir provar o contrário, poderá ser rejeitada;

T₃ Deve ser provado novamente ou fazer alguma mudança no experimento;

T₄ Nunca vi nenhum caso;

T₅ Deve ser melhor estudada, analisada e investigada para que se possa corrigi-la ou rejeitá-la;

T₆ Deve ser testada com novos experimentos, mas não rejeitada;

T₇ Respostas não compreendidas;

T₈ Em branco

Tabela 20– (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
C	U ₆	2	6,5
Sub-total		2	6,5
I	U ₁	1	3,2
	U ₂	1	3,2
Sub-total		2	6,5
D	U ₃	12	38,7
	U ₄	3	9,7
	U ₅	2	6,5
	U ₆	2	6,5
Sub-total		19	61,3
DF	U ₃	5	16,1
	U ₄	2	6,5
	U ₅	1	3,2
Sub-total		8	25,8
Total		31	100

Legenda:

U₁ Acho que não, nem sempre as teorias mostram o que realmente são;

U₂ Não sei se pode ser ou não rejeitada;

U₃ A teoria deve ser muito estudada e investigada primeiro, e quando rejeitada ela não é abandonada rapidamente, pois continua sendo usada;

U₄ A teoria não deve ser ignorada, ela deve ser experimentada novamente, ser melhorada ou remendada;

U₅ Ela continua sendo válida para formular novas teorias;

U₆ Respostas não compreendidas;

Comentários relativos à questão 10:

Nesta questão, em ambas as etapas predominou a discordância em relação à afirmação. Como se pode verificar, a análise estatística (anexo 03), não acusou uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas. O que surpreende é que os alunos já mostraram uma visão mais atual a respeito da rejeição de uma teoria na primeira etapa. Um dos possíveis motivos que levaram a esse resultado já na primeira etapa é que, quando os alunos são levados ao laboratório para fazer experiências e elas “não dão certo”, é comum o professor justificar que isso pode acontecer, devendo a mesma ser refeita com mais cuidado, com outros materiais, etc. Entre os alunos que optaram por D (51,6%) na primeira etapa, o maior índice de justificativas apresentadas ficou representado pela categoria T₅ (19,3% do total de alunos), que corresponde à idéia de que a teoria deve ser melhor estudada, analisada e investigada para ser corrigida ou rejeitada; e T₆ (25,8% do total de alunos), que corresponde à visão de que a teoria deve ser testada com novos experimentos e não rejeitada. São exemplos: *“A teoria não deve ser eliminada imediatamente, ela tem que ser analisada e descobrir aonde está o erro”*; *“Acho que não, eu acho que ela deve ser testada novamente e ver por que houve o conflito”*. Nesta questão, não era esperada uma grande mudança nas alternativas de escolha. Na segunda etapa, ocorreram alguns avanços: a opção D teve um acréscimo de 9,7%, passando para 61,3%; o mesmo aumento ocorreu na alternativa DF, que passou para 25,8% dos alunos. Além disso, da primeira para a segunda etapa desapareceu a opção CF, a opção C diminuiu de 9,7% para 6,5% e ocorreu uma redução considerável na opção I, de 19,3% para 6,5%. Nas alternativas de escolha que tiveram predomínio na segunda etapa, a justificativa ficou centrada na categoria U₃ (na D, por 38,7% e na DF, por 16,1% do total de estudantes), que reconhece que primeiro a teoria deve ser analisada e estudada para depois ser abandonada, mas isso não acontece imediatamente, pois ela continua sendo válida. Seguem-se exemplos de argumentos apresentados pelos alunos antes e depois da aplicação do MD, que ilustram a influência dos argumentos realizados em sala de aula: *“Não, desde que seja uma teoria com*

lógica, que tenha fatos prováveis e que podem ser mostrados”(primeira etapa) e ‘Como por exemplo as teorias de Newton, tiveram -se outras comprovações de Einstein, porém não foram rejeitadas imediatamente. As duas são muito bem utilizadas e talvez sejam o ponto de partida para outras que talvez surgirão mais tarde” (segunda etapa); ‘Não, porque deve ser analisada muitas vezes e ver se tem algum objetivo e se pode dar certo” (primeira etapa) e ‘Não, pois a mecânica newtoniana ainda é usada, ela não foi logo abandonada” (segunda etapa); “Não porque ao entrarem em conflito, podem surgir novas teorias e experimentações que podem torna-la verídica” (primeira etapa) e ‘Não, porque ela pode ser a explicação de um outro fenômeno físico. Para os físicos, é difícil abandonar uma teoria e ela nunca é abandonada totalmente”(segunda etapa).

QUESTÃO 11 - A natureza dá os fatos. É tarefa do cientista descobri-los. Para isso é preciso que ele realize o seu trabalho com a mente ‘purificada’, livre de idéias sobre conhecimentos anteriores e sentimentos pessoais.

Tabela 21 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	V ₁	2	6,5
Sub-total		2	6,5
C	V ₁	5	16,1
	V ₂	2	6,5
	V ₃	2	6,5
Sub-total		9	29,0
I	V ₁	1	3,2
	V ₃	1	3,2
	V ₆	2	6,5
	V ₇	2	6,5
Sub-total		6	19,3
D	V ₄	9	29,0
	V ₅	3	9,7
Sub-total		12	38,7
DF	V ₅	1	3,2
	V ₆	1	3,2
Sub-total		2	6,5
Total		31	100

Legenda:

V₁ Não deve ficar lembrando o passado ou estar com a cabeça voando, deve se concentrar com atenção no que faz;

V₂ Os conhecimentos anteriores podem mudar os resultados da pesquisa;

V₃ Deve estar livre de sentimentos pessoais, mas não de conhecimentos anteriores;

V₄ Ele pode se basear em conhecimentos anteriores para formular novas teorias ou mesmo fazer comparações;

V₅ Os conhecimentos anteriores, as idéias, os sentimentos interferem na hora de analisar ou observar algo;

V₆ Respostas não compreendidas;

Tabela 22 – (2ª Etapa)

V₇ Em branco.

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)
CF	X ₁	2	6,5
Sub-total		2	6,5
C	X ₁	4	12,9
	X ₂	1	3,2
Sub-total		5	16,1
I	X ₃	1	3,2
Sub-total		1	3,2
D	X ₃	9	29,0
	X ₄	3	9,7
Sub-total		12	38,7
DF	X ₃	7	22,5
	X ₄	4	12,9
Sub-total		11	35,5
Total		31	100

Legenda:

X₁ O cientista deve realizar o seu trabalho com muita concentração para alcançar um bom objetivo;

X₂ Deve estar concentrado sem nenhum problema, para colocar toda a criatividade e imaginação em prática;

X₃ Não é possível ficar sem pensar em nada quando o cientista faz o seu trabalho, ninguém tira da cabeça o que sabe, o que aprendeu, e isso influencia nas teorias;

X₄ O cientista sempre deve usar todo o seu conhecimento anterior para formular as teorias.

Comentários relativos à questão 11:

Nesta questão não se evidencia (anexo 03) uma diferença estatisticamente significativa ao nível inferior a 0,05 da primeira para a segunda etapa. A tabela 21 indica que na primeira etapa predominou a opção D, escolhida por 38,7% dos alunos. Isso também foi o que aconteceu na questão 07, que tem uma certa ligação com a idéia representada por essa questão. A maior concentração de justificativas apresentada nesta alternativa foi categorizada por V_4 (29,0% do total de alunos), que corresponde à idéia de que o cientista pode se basear em conhecimentos anteriores e até usá-los em comparações. Por exemplo: *“Ele pode também comparar algo que ele conheça ou ter uma opinião sobre aquilo e não somente fazer o seu trabalho com a mente purificada”*. Depois do desenvolvimento das aulas, na aplicação do questionário, o percentual de alunos que escolheu a opção D não se alterou, permanecendo em 38,7%. No entanto, a opção DF teve um grande aumento, passando de 6,5% para 35,5%. Com a migração de respostas para a opção DF, reduziram-se consideravelmente a opção I (que passou de 19,3% para 3,2%) e a opção C (que passou de 29,0% para 16,1%). Já a opção CF não sofreu alterações da primeira para a segunda etapa, mantendo-se nos 6,5%. Tanto na alternativa D como na DF, que tiveram o maior percentual de adesão, as justificativas dos alunos foram classificadas em apenas duas categorias: X_3 (na D, por 29,0% e na DF, por 22,5% do total de estudantes), que apresenta a visão de que o cientista não consegue ficar sem pensar em nada quando faz o seu trabalho; e X_4 (na D, por 9,7% e na DF, por 12,9% do total de alunos) que reconhece que todo o conhecimento anterior é usado pelo cientista ao elaborar as teorias. Além de ilustrar com exemplos de justificativas apresentadas nestas duas categorias, pretende-se também mostrar a evolução dos argumentos dos alunos, comparando as suas respostas: *“Pois sempre que analisar um fato você logicamente vai já ter uma idéia em mente, um conhecimento a respeito”* (primeira etapa) e *“Primeiro, porque para ele ter a mente purificada ele tem de nascer novamente e no momento e no mesmo dia já observar os fatos. Na minha opinião não existe mente purificada”* (segunda etapa); *“Não concordo hoje você não precisa ser um*

cientista para fazer descobertas” (primeira etapa) e “Porque para os cientistas descobrirem eles precisam de algo que já viram, que já tiveram em mente, que já imaginaram. Os fatos não necessitam vir da natureza mas de uma boa imaginação” (segunda etapa); “Isso pode servir como uma forte base” (primeira etapa) e “Todo e qualquer conhecimento parte fortemente do conhecimento que o cientista já possui” (segunda etapa).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para que a educação científica possa subsidiar o aluno no exercício de uma cidadania consciente e atuante, ela deve ir além do simples ensino-aprendizagem de fatos, leis e teorias científicas. Entre outras coisas, é preciso também proporcionar ao aluno uma compreensão crítica da natureza da ciência e da construção do conhecimento científico. A reivindicação da implantação desses aspectos nos currículos de ciências tem sido uma das preocupações de alguns pesquisadores dessa área, e se intensifica ainda mais, tendo em vista a orientação dos Parâmetros Curriculares Nacionais.

Para que isto ocorra, torna-se imprescindível o comprometimento dos professores no sentido de abordar o processo de produção do conhecimento científico para que o aluno passe a entender a ciência como uma atividade humana historicamente contextualizada. Dessa forma, o domínio das teorias científicas não é mais condição suficiente para a atuação do professor do ensino de Ciências em geral; é preciso também ter uma formação em disciplinas como a epistemologia e outras afins.

Essa temática não deve ser encarada como uma “perda de tempo” pelo professor preocupado com a efetiva aprendizagem do estudante, pois este, tendo uma visão mais abrangente e realista do trabalho do cientista, irá compreender melhor o conhecimento científico. *“As dificuldades de entendimento dos fenômenos tratados nas salas de aula de Ciências, e mesmo a ausência de motivação para estudá-los, podem ser atribuídas, em parte, ao desconhecimento das teorias sobre o funcionamento da Ciência, tanto por parte dos professores como dos estudantes”* (Kosminsky e Giordan, 2002, p.18).

Por outro lado, como pode ser constatado ao longo deste trabalho, características da concepção empirista-indutivista ainda são amplamente difundidas pelos livros didáticos e pelos meios de comunicação, estando também presentes nas concepções dos professores e dos próprios alunos. Isso evidencia a divulgação de uma

ciência descontextualizada, a-histórica, linear e cumulativa, que segue o método científico para encontrar a verdade e veicula uma imagem estereotipada do cientista como gênio isolado que descobre teorias, omitindo o papel da comunidade científica na construção das teorias, etc. Na realidade, o que ainda “*transparece nos currículos de ciências são concepções incoerentes e desajustadas, nomeadamente, de natureza empirista e indutivista que se afastam claramente das que a literatura contemporânea considera fundamentais a propósito da produção científica e do que significa hoje a idéia de ciência*” (Praia et al., 2002, p.129).

Apesar de existirem diferentes opiniões sobre o que é ciência, os filósofos contemporâneos adotaram uma visão de ciência de natureza construtivista, que considera o conhecimento científico como resultante da livre criação e das interações da mente humana. Sob esta perspectiva, há um certo consenso entre os filósofos, historiadores e cientistas mais atuais sobre algumas limitações da concepção empirista-indutivista. Alguns dos argumentos utilizados destacam que: não se pode reduzir a um método único e universal os diversos caminhos de que se utilizam os cientistas em suas investigações, na busca de respostas e explicações para os fenômenos do seu interesse; é impossível pensar na observação isenta de teoria, ou seja, um mesmo fato pode dar origem a observações diferentes e pode ser explicado de maneiras distintas por pessoas diferentes; a ciência é uma tentativa humana de descrever a realidade, sendo portanto um conhecimento provisório e sujeito a modificações; o cientista, além de trabalhar com expectativas anteriores, também se utiliza da criatividade, da imaginação, da intuição; em seu trabalho, o cientista está sujeito tanto às virtudes quanto aos defeitos que envolvem o ser humano em qualquer atividade que realiza, entre outros.

Isso significa que para se obter um ensino voltado a uma visão mais real e humana da ciência, é indispensável articular o mesmo com base nas concepções da filosofia contemporânea. A abordagem histórico-filosófica dos conteúdos de Física em sala de aula sugere ser uma alternativa para atingir esse objetivo. Tratar o ensino sob essa perspectiva, além de propiciar ao estudante uma compreensão mais crítica e abrangente do trabalho científico, também pode contribuir para instigar o pen-

samento crítico, para criar uma cultura mais ampla, promover o interesse pelas aulas, compreender melhor os conceitos científicos, lidar com as concepções alternativas, etc.

O módulo didático centrado em aspectos históricos e filosóficos da Teoria da Relatividade Restrita, planejado sob a perspectiva dos três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento), mostrou-se uma estratégia bastante positiva, capaz de envolver o aluno nas discussões em sala de aula e promover o seu interesse. Isso pode ser constatado nas próprias opiniões dos estudantes sobre o trabalho realizado, das quais destacam-se aqui alguns extratos (retirados da avaliação que aparece na íntegra no capítulo 4):

- *“achei importante pois abriu espaço para nós mostrar o pensamento”* (Joselaine);
- *“nessas aulas foi possível discutir nossas idéias sobre o assunto”* (Samanta);
- *“é ótimo poder discutir com os colegas o que ambos podem ver em figuras diferentes”* (Micheli);
- *“o trabalho é interessante, pois não conta somente o acontecido e sim o criador da ‘lei’ (...) as aulas de Física deveriam ter este roteiro para o maior conhecimento do aluno e com isso até o maior interesse do mesmo”* (Marcelo);
- *“este trabalho foi uma maneira criativa de despertar a atenção dos alunos”* (Beatris);
- *“é um trabalho muito interessante, é diferente e proveitoso porque também desperta o interesse do aluno, fazendo com que ele participe e se interesse pelas aulas”* (Gracieli).

Para os estudantes, as atividades desenvolvidas por esta proposta representaram uma prática diferente daquelas às quais estavam acostumados nas aulas de Física. Isso fica claro em alguns argumentos, como os que se seguem:

- *“chegamos a sair da rotina”* (Leila);
- *“pois até então só tínhamos cálculos, e isso tornava a aula cansativa e saturada (...) coisas diferentes foram trazidas até os alunos, isso fez com que nós saíssemos da rotina e ficássemos com a atenção presa na explicação”* (Bruno);
- *“nós jovens não gostamos de ficar sempre no mesmo, adoramos mudanças e isso faz com que participamos”* (Edinara);

- *“É um método diferente”* (Liziane);
- *“legal sair da rotina das aulas e tentar uma coisa nova”* (Thayse);
- *“É que todas as aulas deveriam ser diferentes, prendendo a atenção dos alunos, como foram estas aulas”* (Cristiane).

De uma forma geral, as opiniões dos alunos sobre o trabalho realizado em sala de aula e as atitudes adotadas por eles durante as aulas revelaram uma grande receptividade em relação à conteúdos históricos e filosóficos, quando estes são articulados com estratégias de ensino diversificadas. Evidencia-se que, para a grande maioria destes estudantes, a abordagem realizada foi diferente daquela utilizada tradicionalmente na disciplina de Física, levando-os a se interessarem mais pelas aulas desenvolvidas.

As estratégias usadas e os tópicos abordados no MD também contribuíram para uma mudança favorável e significativa na visão dos estudantes sobre a natureza da ciência e do trabalho científico. O questionário aplicado na primeira etapa revelou que, na maioria das questões, as idéias dos alunos estavam em grande parte inspiradas na corrente empirista-indutivista. Após as atividades desenvolvidas (ou seja, na segunda etapa), constatou-se que as respostas dos alunos ao instrumento apresentaram, de uma forma geral, uma diferença considerável. Além de optarem por uma visão mais próxima da filosofia construtivista, notou-se que houve um aprimoramento nos argumentos utilizados, que receberam a influência de vários aspectos discutidos em sala de aula. Sob esta perspectiva, seria desejável verificar o grau de retenção desses aspectos pelos estudantes, o que caracterizaria um objeto de estudo conveniente para um outro trabalho.

Esta proposta sugere igualmente que introduzir a Teoria da Relatividade Restrita no Ensino Médio pode ser uma alternativa para quem deseja ir além do mero algoritmo e de alguns experimentos, ou seja, para quem busca tornar a Física mais interessante para o aluno. Cabe ressaltar a importância e a riqueza do tema para explorar períodos de crises e revoluções científicas, para discutir o papel da comunidade científica na construção das teorias e para mostrar que o conhecimento cien-

tífico não é imutável, e sim uma construção humana que está sujeita a contestações e modificações.

De fato, não se concebe o módulo didático desenvolvido como uma receita pronta e acabada, mas espera-se que seja um instrumento capaz de inspirar reflexões e discussões no sentido de mostrar a necessidade de um redimensionamento no ensino de Física e de uma atualização curricular. Acredita-se que esta proposta possa servir de subsídio para que outras abordagens sejam pesquisadas e divulgadas, visando auxiliar o professor de Física do Ensino Médio na tarefa de implementar propostas inovadoras no espaço escolar.

Da mesma forma, de nada adianta dispor de estratégias para introduzir na disciplina de Física a temática aqui levantada, se o professor não tiver uma formação epistemológica adequada. A mudança, tão necessária, certamente passa pela atualização dos currículos dos cursos de formação de professores. Já para o professor em exercício, restam os cursos de aperfeiçoamento, a leitura de periódicos, a participação em encontros científicos e os livros. Contudo, um envolvimento apenas superficial do professor com uma visão mais adequada da natureza da ciência não é garantia de assimilação e muito menos de que ele venha a organizar as suas atividades de uma forma diferente da tradicional.

No entanto, vale lembrar que a interpretação histórico-filosófica da TRR, utilizada no módulo didático, não é a única. O presente trabalho abre perspectivas para os que desejam elaborar novas estratégias para abordar este tópico à luz das concepções de outros filósofos contemporâneos.

Ainda nesta direção, tendo em vista o fato de que, principalmente nos últimos cinco anos, tem aumentado o número de livros didáticos que incluem a TRR (Gaspar, 2000; Gualter et al., 2001; Nicolau et al., 2001; Cabral e Lago, 2002; etc.), um estudo posterior também poderia envolver uma análise de como este tema é apresentado nestes materiais. Seria interessante verificar se estas publicações se preocupam com os aspectos históricos e filosóficos, ou se apenas cumprem o requisito de levar a Física Moderna para o Ensino Médio, com estratégias iguais às tradicionalmente adotadas para tratar os conteúdos da Física Clássica.

Outra possibilidade de continuidade para este trabalho consistiria em explorar o uso do primeiro momento pedagógico como estratégia para o ‘professor-pesquisador’. A forma como a problematização inicial foi utilizada no desenvolvimento das aulas também pode auxiliar os professores que refletem sobre a sua própria prática. Segundo Carvalho e Rodrigues (2002), *“os professores que atuam como pesquisadores utilizam o seu próprio ambiente de trabalho como fonte de dados para investigação, visando melhoria na qualidade do ensino”* (p.40).

Ainda um outro elemento dá idéias para futuras pesquisas: trata-se do argumento de Praia e Cachapuz (1994), que acreditam que um professor com uma visão empirista-indutivista pode contribuir para impedir o desenvolvimento da criatividade e da criticidade do aluno. Poderia ser feita uma análise para verificar qual é realmente o grau de influência desse professor.

Enfim, espera-se que este trabalho de pesquisa venha a contribuir com aqueles que desejam tratar os conteúdos de Física em sala de aula de uma forma diferente da tradicional, envolvendo mais os alunos nas discussões (neste caso, à luz de uma perspectiva histórica e filosófica). Ao mesmo tempo, cabe destacar que este estudo abriu novos horizontes para a pesquisadora enquanto professora atuante na disciplina de Física, estabelecendo a possibilidade concreta de abordar outros conteúdos sob diferentes enfoques e de acreditar que as aulas podem se tornar mais interessantes para o aluno.

BIBLIOGRAFIA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. A. V. et al. - Entre o sonho e realidade: comparando concepções de professores de 1ª a 4ª séries sobre o Ensino de Ciências com a proposta dos PCNS **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v.1, nº 2, p.109-119, 2001.

AMALDI, U. **Imagens da Física**. São Paulo: Scipione, 1995. 537p.

ARANTES, J. T. Einstein, o homem que mudou o mundo. **Revista Super Interessante**, n.2, ano 1, p.53-56, 1997.

BACON, F. **Novum Organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. 2ª ed. São Paulo: Abril Cultural, 1979. 271p. (Tradução de José A. R. Andrade - Coleção os Pensadores).

BAHIA, M. T. **O empirismo nos livros didáticos: um convite ao debate**. 2001. Monografia (Especialização no Ensino de Física) - Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BARROS, C.; PAULINO, W. R. A investigação científica. In: ____ (Eds.) **Os seres vivos**. 1º grau. 50ª ed. São Paulo: Ática, 1997. p.7-9.

BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P. A história da ciência iluminando o ensino da visão. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v.5, nº 1, p.83-94, 1998.

BASSO, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. **O átomo de Bohr em livros de Física do Ensino Médio: um estudo exploratório**. Artigo apresentado no XV SIMPÓSIO NACIONAL DO ENSINO DE FÍSICA - SNEF, Curitiba, mar/2003.

BASTOS, F. O ensino de conteúdos de história e filosofia da ciência. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v.5, nº 1, p.55-72, 1998.

BERNSTEIN, J. A teoria da Relatividade. In: ____ (Ed.) **As idéias de Einstein**. São Paulo: Cultrix, 1973 (Original), p. 21-64. (Tradução de Mário A. Guimarães e Elisa Wollynec).

BIZZO, N. M. V. História da ciência e ensino: onde terminam os paralelos possíveis? **Em aberto**, Brasília, nº 55, p.28-35, jul./set. 1992.

BONJORNO, et al. **Física fundamental**. São Paulo: FTD, 1999. 551p.

BORGES, R. M. R. **A Natureza do Conhecimento Científico e a Educação em Ciências**. 1991. 235p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

BORGES, R. M. R. **Em debate: cientificidade e educação em ciências**. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996. 75p.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Texto na íntegra. São Paulo: Saraiva.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 364 p.

BRENNAN, R. Albert Einstein. In: ___(Ed.) **Gigantes da Física: uma história da Física Moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998. p. 58-100. (Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges).

BRENNAN, R. Isaac Newton. In: ___(Ed.) **Gigantes da Física: uma história da Física Moderna através de oito biografias**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998. p.24-57. (Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges).

CABRAL, F.; LAGO, A. Teoria da Relatividade. In: ___ (Ed) **Física 3**. São Paulo: Harbra, 2002, p.509-517.

CANTO, E. L. **Ciências naturais: aprendendo com o cotidiano**. São Paulo: Moderna, 1999. 216 p. (Exemplar do professor).

CARVALHO, A. M. P. ; RODRIGUES, M. I. R. Professores- pesquisadores: reflexão e mudança metodológica no ensino de Física – o contexto da avaliação. **Ciência & Educação**. Bauru-SP, v.8, n.1, p. 39-53, 2002.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993. 225 p. (Tradução de Raul Fiker).

CHAVES, T. V. et al. **Textos de Divulgação Científica como recurso didático para o ensino-aprendizagem da Física Moderna: um exemplo em relatividade**. Trabalho apresentado na 52ª SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência), 2001.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1992. (Coleção magistério - 2º grau. Série formação geral). 181p.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. **Metodologia do Ensino de Ciências**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção magistério - 2º grau. Série formação geral). 207p.

EINSTEIN, A. Estudos Científicos. In: ___(Ed.) **Como vejo o Mundo**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981. p.137-213. (Tradução de H. P. de Andrade).

EINSTEIN, A.; INFELD L. **A evolução da Física**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1988. 237p. (Tradução de Giasone Rebuá).

FAVARETTO, J. A.; MARCADANTE, C. Com o que lida a Biologia. In: ____ (Ed.) **Biologia**. São Paulo: Moderna, 1999. p.1-5.

FEYERABEND, P. **Contra o Método**. Rio de Janeiro: F. Alves, 1977. Cap. XIV. p. 257-266. (Tradução de S. da Mota e L. Hegenberg).

GASPAR A. Relatividade. In: ____ (Ed.) **Física**. São Paulo: Ática, 2000. v.3. p. 299-326.

GUALTER, J. B. et al. Física Moderna: noções de Teoria da Relatividade. In: ____ (Ed) **Tópicos de Física 3**. São Paulo: Saraiva, 2001, p.423-437.

HANSON, N. R. Observação e Interpretação. In: MORGENBESSER, S. (org.) **Filosofia da Ciência**. São Paulo: Cultrix, 1975. p.126-138.

HARRES, J. B. S. **Concepções de professores sobre a Natureza da Ciência**. 1999. 192 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

KÖHNLEIN, J. F. K. **Um estudo sobre as concepções alternativas de Calor e Temperatura**. 2001. 39p. Monografia (Especialização no Ensino de Física) - Departamento de Física, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L.O.Q. Sobre a concepção empirista-indutivista no ensino de Ciências. In: VIANNA, D. M. et al. (Orgs.). ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, VIII, 2002, Águas de Lindóia - SP. **Atas...** São Paulo: Sociedade Brasileira de Física, 2002. CD-ROM.

KOSMINSKY, L.; GIORDAN, M. Visões de ciências e sobre o cientista entre estudantes do Ensino Médio. **Química Nova na Escola**. São Paulo, nº 15, p.11-18, 2002.

KOYRÉ, A. Perspectivas da história das ciências. In: ____ (Ed.) **Estudos da história do pensamento científico**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1991. p.370-379. (Tradução de Márcio Ramalho).

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1987. 257p.

MARCZWSKI, M. O Método Científico. In: ____ (Ed.) **Ciências biológicas**. São Paulo: FTD, 1999.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**. Florianópolis, v.12, nº 3, p.164-214, 1995.

NICOLAU, G. F., et al Relatividade Especial. In: ____ (Ed) **Física Ciência e Tecnologia**. São Paulo: Moderna, 2001, p.587-609.

OLIVA, A. A hegemonia da concepção Empirista de Ciência a partir do Novum Organum de F. Bacon. In:____ (Org.) **Epistemologia: a cientificidade em questão**. Campinas, SP: Papyrus, 1990. p.11-33.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A Física na formação de professores do Ensino Fundamental**. Porto Alegre: UFRGS, 1999. 151p. (Coleção Educação Continuada).

PAIS, A. Como Einstein ganhou o prêmio Nobel. In: ____ (Ed.) **Einstein viveu aqui**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 69-82. (Tradução de Carolina Alfaro).

PAIS, A. Sobre Albert, Mileva e a teoria da relatividade. In: ____ (Ed.) **Einstein viveu aqui**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 16-18. (Tradução de Carolina Alfaro).

PAIS, A. Sobre fissão nuclear e armas atômicas; e é claro, mais variedades. In: ____ (Ed.) **Einstein viveu aqui**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 254-263. (Tradução de Carolina Alfaro).

PEDUZZI, L. O. Q. A história e a filosofia da ciência na formação do licenciado em Física. In: CONFERÊNCIA INTERAMERICANA SOBRE EDUCAÇÃO EM FÍSICA, VII, 2000, Canela - RS. **Atas...**

PEDUZZI, L. O. Q. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a História e a Filosofia da Ciência em um curso de Mecânica**. 1998. 850p. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a utilização didática da História da Ciência. In: PIETROCOLA, M. (Org) **Ensino de Física: conteúdo metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: UFSC, 2001. p. 151-170.

PENTEADO. P. C. Introdução à Física. In: ____ (Ed.) **Física conceitos e aplicações**. São Paulo: Moderna, 1998. v.1. p. 2-8.

PINHEIRO, T. F. **Aproximação entre a ciência do aluno na sala de aula da 1ª série do 2º grau e a ciência dos cientistas: uma discussão**. 1996. 156 p. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

PROJETO POLÍTICO PEDAGÓGICO. Xanxerê, SC: Escola de Educação Básica Presidente Artur da Costa e Silva, 2002. 143 p.

PORLÁN, A. et al. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudos empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las ciências**, v.16 nº 2, p. 271-288, 1998.

PRAIA, J. et al. Problema, teoria e observação em ciência: para uma reorientação epistemológica da educação em Ciência. **Ciência & Educação**. Bauru-SP, v.8, n.1, p. 127-145, 2002.

PRAIA, J.; CACHAPUZ, F. Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. **Enseñanza de las ciências**, v.12, n.3, p. 350-354, 1994.

PRETTO, N, L. **A ciência nos livros didáticos**. Campinas: UNICAMP; Salvador: EDUFBA, 1995. 95p.

RAMALHO et al. Introdução à Física. In: ____ (Ed.) **Os fundamentos da Física**. São Paulo: Moderna, 1997. v.1. p. 11-18.

RICCI, T, F.; OSTERMANN, F. Relatividade restrita no Ensino Médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. Florianópolis, v.19, nº 2, p.176-190, 2002.

ROBORTELLA et al. Princípios da Dinâmica. In: ____ (Ed.) **Física**. São Paulo: Ática, 1985. v. 1. p. 207- 233.

RODRIGUES, C. D. O.; OLIVEIRA, M. P. A abordagem da relatividade restrita em livros didáticos do Ensino Médio e a Transposição Didática. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, II, Valinhos, 1999. **Atas...** Valinhos: ENPEC, 1999. CD-ROM.

ROSSI, P. **A Ciência e a Filosofia dos Modernos**. São Paulo: Unesp, 1992. (Tradução de Álvaro Lorencini).

SANTOS, C., A. A genial contribuição de Einstein para a evolução da Física. In: ____ (Ed.) **Albert Einstein**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/einstein/> Acesso: 20 de ago. 2002.

SANTOS, C., A. Einstein no Brasil. In: ____ (Ed.) **Albert Einstein**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/einstein/> Acesso: 20 de ago. 2002.

SANTOS, C., A. O menino Einstein. In: ____ (Ed.) **Albert Einstein**. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/einstein/> Acesso: 20 de ago. 2002.

SANTOS, W. L. P. et al. Química, tecnologia e sociedade. In: ____ (Ed.) **Química & Sociedade: a ciência, os materiais e o lixo/ módulo 1**. São Paulo: Nova geração, 2003, p.4-37. (Coleção Nova Geração).

SILVEIRA, F. L. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: o racionalismo crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 13, n.3, p. 197-218, 1996.

SLAVEN'S, D. The Adventures of Astro Disastro. In:____(Ed.) **Uma Introdução à Relatividade Restrita**. Disponível em: http://mega.ist.utl.pt/~pocm//r_relativity/ Acesso em 30 mai. 2002. (Tradução de Paulo J. Matos).

SOARES, J. L. O método científico. In: ____ (Ed) **Biologia**. São Paulo: Scipione, 1997. p.11-14.

SOLBES, J.; TRAVER, M. Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. **Enseñanza de las ciências**, v.19, nº 1, p. 151-162, 2001.

TAGLIEBER,J.E. O Ensino de Ciências nas Escolas Brasileiras. **Perspectiva**. Florianópolis, v. 1, nº 3, p.91-111, 1984.

TEIXEIRA, E. S. 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**, v.1, nº 3, 111-123, 2001.

TITO, F. M. P.; CANTO, E. L. Método científico. In:____ (Ed) **Química: na abordagem do cotidiano**. São Paulo: Moderna, 2002. p.6.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989. 252 p. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo.

ZANETIC,J. Literatura e cultura científica. Caderno Cedes 41 – **Ensino de Ciências, Leitura e Literatura**. 1997

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALVETTI, M. **Ensino de Física Moderna e Contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. 1999. 170p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CHASSOT A. **A Ciência através dos tempos**. São Paulo: Moderna, 1994. 191p. (Coleção Polêmica).

EINSTEIN, A. **Notas autobiográficas**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1982. 88p. (Tradução de Aulyde S. Rodrigues).

GASPAR, A. Relatividade. In: ____ (Ed.) **Física**. São Paulo: Ática, 2000. v.3. p. 299-326.

OSTERMAN, F. A epistemologia de Kuhn. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 13, n.3, p. 184-196, 1996.

PAIS, A. **Einstein viveu aqui**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 331p. (Tradução de Carolina Alfaro).

SILVEIRA, F. L. A filosofia da ciência e o ensino de ciências. **Em aberto**, Brasília, nº 55, p.36-40, jul./set. 1992.

SILVEIRA, F. L.; OSTERMANN, F. A insustentabilidade da proposta indutivista de “descobrir a lei a partir de resultados experimentais”. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 19, número especial, p.7-27, 2002.

ZYLBERZTAJN, A. Revoluções científicas e ciência normal na sala de aula. In: MOREIRA, M. A.; AXT, R. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: Sagra, 1991. p.47-61.

Fotografias extraídas dos endereços eletrônicos:

<http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/PictDisplay> Acesso 09 de ago. 2002.

<http://www.aip.org/history/einstein/> Acesso 10 de ago. de 2002.

<http://www.geocities.com/HotSprings/Spa/5011/> Acesso 23 de ago. de 2002.

ANEXOS

ANEXO 01 - QUESTIONÁRIO

QUESTIONÁRIO

Nome:.....

Escola:.....

A seguir aparecem 11 afirmativas sobre aspectos do conhecimento científico. Em cada uma delas você deve se posicionar, em uma escala de cinco pontos, sobre o seu grau de concordância ou discordância, de acordo com a seguinte escala:

CONCORDO FORTEMENTE: CF

CONCORDO: C

INDECISO: I

DISCORDO: D

DISCORDO FORTEMENTE: DF

Faça um X na opção que melhor expressa a sua opinião e justifique a sua resposta. Evite marcar muitas vezes INDECISO.

1) As teorias científicas são obtidas a partir dos dados da experiência, adquiridos por observação e experimento, ou seja, a experiência é a fonte do conhecimento. (Peduzzi, 1998).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

2) Observações científicas são sempre o ponto de partida para a elaboração das leis e princípios em ciência. (Harres, 1999).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

3) Todo o conhecimento científico é provisório, isto é, com o passar do tempo poderá se verificar um fato que leve à sua rejeição. (Adaptado de Harres, 1999).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

4) Qualquer investigação científica sempre parte de conhecimentos teóricos para só depois realizar uma testagem experimental. (Harres, 1999).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

5) O modo como a ciência produz conhecimento segue rigorosamente a seguinte seqüência: observação de fatos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental das hipóteses, conclusões e estabelecimento de leis e teorias. (Adaptado de Harres, 1999).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

6) A elaboração de leis e princípios científicos obrigatoriamente dispensa a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador. (Harres, 1999).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

7) Quando dois cientistas observam a mesma coisa, eles devem chegar necessariamente às mesmas conclusões. (Adaptado de Harres, 1999).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

8) O conhecimento científico é algo objetivo e confiável porque é provado.

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

9) Na ciência, todas as observações sempre são feitas com base em alguma teoria.

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

10) Uma teoria que entra em conflito com observações ou resultados experimentais deve ser rejeitada imediatamente. (Adaptado de Harres, 1999).

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

11) A natureza dá os fatos. É tarefa do cientista descobri-los. Para isso, é preciso que ele realize o seu trabalho com a mente 'purificada', livre de idéias sobre conhecimentos anteriores e sentimentos pessoais.

CF C I D DF

Justifique a sua resposta

ANEXO 02 – AS AVENTURAS DE ASTRO DISASTRO

AS AVENTURAS DE ASTRO E DISASTRO*

Astro Disastro, Defensor Cósmico da Justiça, foi capturado no planeta Azzak pelo terrível Dr. Evad Nevals. No entanto, antes de Nevals matar Astro, os dois partilharam um momento em que Nevals descreve o seu plano para dominar a galáxia (pouco antes de matar seu inimigo, o gênio maluco sempre divulga todos os seus planos a ele, que é o único homem capaz de impedi-lo de realizar seu intento; este é, com certeza, um dos mais antigos rituais de todo gênio maluco com intenção de se tornar imperador de tudo. Todos sabem disso). O momento terminou e Nevals acabou de dizer a Astro que a bebida que ele tomava enquanto conversavam estava envenenada: agora ele tem treze horas para ingerir o antídoto, que só pode ser encontrado no planeta Bililil.

Num momento de grande coragem, Astro rapidamente desaparece da vista de Nevals, entra no seu Porsche 999 - Cruzeiro das Estrelas e arranca a 95% da velocidade da luz em direção a Bililil, que está a 40.000.000.000 km de Azzak.

Será que Astro vai conseguir chegar a Bililil a tempo de tomar o antídoto?

Bom, vamos usar alguma matemática agora. Para saber quanto tempo Astro demora a chegar a Bililil, dividimos simplesmente a distância pela velocidade (por exemplo, se guiáres por 120 km a uma velocidade de 60 quilômetros por hora, irás demorar 2 horas para chegar ao seu destino- $120/60 = 2h$). A distância, neste caso, é de 40.000.000.000 km e a velocidade de Astro é de cerca de 1.025.000.000 km/h. Dividindo estes valores, obtemos 39 horas. Mas Astro tem apenas 13 horas; portanto, a perspectiva não é lá muito boa..

Mas esperem, nem tudo está perdido! Isto tudo acontece do ponto de vista da pessoa que se encontra em Azzak. Visto que o veneno está em sendo metabolizado no corpo de Astro, precisamos analisar a situação do ponto de vista de Astro, ou seja, fazer os cálculos de acordo com o referencial de Astro. Existem duas maneiras de fazer isto e ambas nos levam ao mesmo resultado:

- O tempo que Astro demora para chegar a Bililil, do ponto de vista do observador em Azzak, é de 39 horas, como já tínhamos calculado. No entanto, isto é um tempo dilatado. Sabemos que o “relógio” de Astro corre mais devagar e, calculando o tempo no referencial de Astro, obtemos o resultado 12.2 horas, deixando para Astro uma sobra de quase uma hora (o que é bom, pois Astro demorou 20 minutos para escapar de Azzak e outros 20 para encontrar o antídoto assim que chegou a Bililil).
- Imagine uma régua gigante que liga Azzak a Bililil. Esta régua tem um comprimento de 40.000.000.000 km. No entanto, do ponto de vista de Astro, esta régua está a passar por ele quase à velocidade da luz e aprendemos que tal objeto estará sujeito à contração do comprimento. No referencial de Astro, a distância de Azzak a Bililil é

* SLAVEN'S, D. The Adventures of Astro Disastro. In: ____ (Ed.) **Uma Introdução à Relatividade Restrita**. Disponível em: http://mega.ist.utl.pt/~pocm/r_relativity/ Acesso em 30 mai. 2002. (Tradução de Paulo J. Matos).

de apenas 12.500.000.000 km e, quando dividimos isto pela velocidade de Astro, obtemos 12.2 horas. Astro chega então a Bililil com quase uma hora até acabar o tempo.

Astro vai viver para continuar a lutar contra o mal

Epílogo - O herói entra na sala, os seus olhos e a sua arma focados numa figura sombria, sentada atrás de uma mesa grande e cuidadosamente arrumada. Um olhar tenebroso pouco a pouco domina o rosto da pessoa sentada.

‘Disastro? És mesmo tu?’

‘Sim, Nevals. Voltei.’ Astro lentamente dá uma volta na sala. A sua posição era usual, o seu olhar era penetrante. Permitiu-se a si próprio um sorriso 'volátil'; tinha esperado bastante por este momento.

‘Mas é impossível! Eu... Eu vi-te a beber aquela bebida há dois anos atrás. Existia veneno de Rejra suficiente naquele copo para matar dez homens. Onde na galáxia foste buscar o antídoto?’

‘Em Bililil, onde disseste que eu o encontraria. Estava quase morto quando lá cheguei. Mesmo após ter consumido o antídoto, tive que permanecer algumas semanas em Bililil até me sentir totalmente recuperado para regressar a Azzak e começar o desmantelamento da tua organização.’

‘Então tens sido tu durante todo este tempo... Tens sido a pedra no meu sapato nos últimos 2 anos.’

‘A pedra no teu sapato, depois o aperto no teu coração e finalmente a faca no teu peito. Estás acabado, Evad.’ Astro diz gestualmente a Neval para ele se afastar da mesa. Estava farto dos seus truques. Neval empurra a sua cadeira para trás e avança para Astro.

Neval apresenta um olhar de concentração. Ele estava cuidadosamente a lembrar-se de uma sequência de eventos da qual não se lembrara antes. O jantar. O arranjo das bebidas. A cuidadosa distração provocada por Nevals para ele ter a chance de colocar o veneno na bebida de Astro. O brinde e a bebida... Não havia dúvidas de que Astro tinha tomado o veneno. ‘Não consigo perceber...’, ele disse por fim. ‘Devas estar morto após 13 horas. Talvez até antes. É uma viagem de 37 horas até Bililil mesmo à velocidade da luz. Como chegaste a tempo? Por que é que estás ainda vivo?’

Era a vez de Astro ficar surpreso. Os seus olhos observavam em descrédito e, depois, ouviu-se a maior gargalhada que Astro dera nos últimos meses. ‘Dr. Nevals, desapontaste-me’, disse Astro quanto a sua gargalhada se esvaiu. ‘Queres dizer que ignoraste completamente os efeitos da dilatação do tempo e da contração do comprimento?’, disse Astro. ‘Não admira a facilidade com que eu fugi daqui. A tua tentativa de me prenderes aqui era uma farsa, porque pensavas que eu não tinha chance de chegar a Bililil a tempo.’

Parecia impossível. Nevals estava aparentemente terrificado, a pensar no que se tinha passado, quando foi o presente e o futuro que lhe passaram ao lado. No entanto, ele ficou pálido. ‘Relatividade’, disse baixinho. ‘Pela Aura Ultra -Mística, foi a relatividade...’ Os seus braços caíram sobre os braços da sua cadeira.

‘Sim, a relatividade. Aquele vôo demorou 39 horas no teu tempo, mas apenas 12 horas no meu tempo. Deverias sair mais, Nevals. Estiveste aqui dentro durante mais de 20 anos com os teus planos e esqueceste tudo o que sabias sobre viagens espaciais.’ Pegou em Nevals pelo braço. ‘Vamos. Vamos embora. Vou levar-te para a Colônia Penal de Vaccrom, onde passarás bastante tempo, qualquer que seja o ‘referencial’...’

Nevals levantou-se. Puxou o seu braço e Astro largou-o. Nevals passou pela porta de saída e Astro o seguiu.

‘Todos os meus planos no lixo... Por causa da relatividade!’ Nevals mexia a cabeça enquanto murmurava. Parou e virou-se para Astro dizendo:

‘Esqueci -me da dilatação do tempo e isso me custou a galáxia!’

ANEXO 03 – ANÁLISE ESTATÍSTICA

ANÁLISE ESTATÍSTICA COM O TESTE MCNEMAR

TABELAS DE CONTINGÊNCIA

A seguir, apresenta-se as tabelas de contingência (*crosstabs*) para cada questão antes (A) e depois (D). As células de cada tabela contém as frequências das respostas 1 (Discrepância) e 2 (Concordância).

Q01A & Q01D

Q01A	Q01D	
	1	2
1	1	0
2	26	4

Q06A & Q06D

Q06A	Q06D	
	1	2
1	24	1
2	6	0

Q02A & Q02D

Q02A	Q02D	
	1	2
1	4	0
2	19	3

Q07A & Q07D

Q07A	Q07D	
	1	2
1	29	0
2	2	0

Q03A & Q03D

Q03A	Q03D	
	1	2
1	1	4
2	1	21

Q08A & Q08D

Q08A	Q08D	
	1	2
1	11	0
2	10	2

Q04A & Q04D

Q04A	Q04D	
	1	2
1	6	7
2	4	8

Q09A & Q09D

Q09A	Q09D	
	1	2
1	5	8
2	3	5

Q05A & Q05D

Q05A	Q05D	
	1	2
1	2	1
2	13	2

Q10A & Q10D

Q10A	Q10D	
	1	2
1	19	0
2	3	1

Q11A & Q11D

Q11A	Q11D	
	1	2
1	14	0
2	4	7

TABELAS COM OS NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA OBTIDOS EM CADA QUESTÃO.

Test Statistics^b

	Q01A & Q01D	Q02A & Q02D	Q03A & Q03D	Q04A & Q04D	Q05A & Q05D	Q06A & Q06D
N	31	26	27	25	18	31
Exact Sig. (2-tailed)	,000 ^a	,000 ^a	,375 ^a	,549 ^a	,002 ^a	,125 ^a

a. Binomial distribution used.

b. McNemar Test

Test Statistics^b

	Q07A & Q07D	Q08A & Q08D	Q09A & Q09D	Q10A & Q10D	Q11A & Q11D
N	31	23	21	23	25
Exact Sig. (2-tailed)	,500 ^a	,002 ^a	,227 ^a	,250 ^a	,125 ^a

a. Binomial distribution used.

b. McNemar Test

RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS NO NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA ESCOLHIDO.

Questões	Teste estatístico	Nível de sig.	Diferença significativa
01	McNemar	0,05	Sim
02			Sim
03			Não
04			Não
05			Sim
06			Não
07			Não
08			Sim
09			Não
10			Não
11			Não

