

---

# UMA DISCUSSÃO SOBRE A NATUREZA DA CIÊNCIA NO ENSINO MÉDIO: UM EXEMPLO COM A TEORIA DA RELATIVIDADE RESTRITA<sup>+\*3</sup>

---

*Janete F. Klein Köhnlein*  
Depto de Física – UNOESTE  
Xanxerê – SC  
*Luiz O. Q. Peduzzi*  
Departamento de Física – UFSC  
Florianópolis – SC

## Resumo

*Considerando as dificuldades que muitas vezes são encontradas na implementação de práticas educativas que visam discutir a ciência e seu processo de construção, em sala de aula, apresenta-se, neste trabalho, os componentes de um Módulo Didático baseado em uma abordagem histórico-filosófica da Teoria da Relatividade Restrita. Estruturado de acordo com os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992), problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento, ele foi testado em uma turma de 4ª fase do Ensino Médio de uma escola pública de Santa Catarina. Os resultados mostram uma acentuada receptividade dos alunos em relação às atividades desenvolvidas e mudanças significativas em certas concepções de ciência vigentes.*

**Palavras-chave:** *Natureza da Ciência, História e Filosofia da Ciência, módulo didático, teoria da Relatividade Restrita.*

## Abstract

*Considering some of the difficulties that are sometimes found in the teaching praxis fulfill, which aim to discuss, in classroom, Science and*

---

<sup>+</sup> A debate on the Nature of Science in High School Teaching : an example from the Special Theory of Relativity

<sup>\*</sup> *Recebido: julho de 2004.  
Aceito: abril de 2005.*

<sup>3</sup> Apoio CNPQ.

*its construction process, in this work we present the Didactic Modulus Components based on a historical and philosophical approach of the Special Theory of Relativity. Built according to Angotti and Delizoi-cov's three pedagogical moments (1992); initial problematization, knowledge organization and knowledge practice, this work was tested in a 4<sup>th</sup> stage group of students from a State High School in Santa Catarina. The results show a deep favorable response from the Students in relation to the developed activities and they also show significant changes in certain current Science conceptions.*

**Keywords:** *Nature of Science, History and Phylosophy of Science, didactic modulus, Special Theory of Relativity.*

## **I. Introdução**

Na perspectiva de organização do currículo escolar sustentada pelos 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).*

Embora pareça indispensável promover a reflexão filosófica no ensino de Ciências, a Filosofia da Ciência contemporânea, em geral, 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. O contexto escolar continua praticamente restrito a uma única concepção de ciência: a empírico-indutivista. Vários estudos (PRETTO, 1995; PORLAN et al., 1998; HARRES, 1999; OSTERMANN; MOREIRA, 1999; KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2002) mostram que o método científico encontra-se, ainda, bastante 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 nessas áreas; é disseminada pelos meios de comunicação e está presente nas idéias espontâneas dos estudantes do Ensino Médio.

Para lidar com esse e outros problemas no ensino de ciências, e da Física, em particular, a utilização de uma abordagem histórico-filosófica no desenvolvimento dos conteúdos vem sendo há algum tempo discutida e reivindicada em trabalhos de pesquisa (ZANETIC, 1989; MATHEWS, 1995; PEDUZZI, 2001).

Visando contribuir para a elaboração de estratégias que levem à sala de aula uma reflexão mais crítica sobre a natureza da ciência e seus processos e, ainda, que possam despertar o interesse dos alunos pelas aulas de Física, estruturou-se uma unidade de ensino voltada para o estudante do Ensino Médio, que trata de um tema instigante mas em larga medida ausente no ensino secundário.

Neste artigo, apresenta-se a estrutura básica de um módulo didático (MD) centrado em uma temática histórico-filosófica da Teoria da Relatividade Restrita, bem como uma análise da sua implementação em sala de aula, junto a um grupo de estudantes de uma escola pública do estado de Santa Catarina.

## II. Caracterização do módulo didático

O módulo didático (MD) foi elaborado de acordo com os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (1992) – problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento – e planejado para introduzir aspectos conceituais, históricos e filosóficos da Teoria da Relatividade Restrita na perspectiva de ruptura entre o paradigma newtoniano e o relativístico, nos termos de Thomas S. Kuhn (KUHN, 1987).

Aplicado por um dos autores deste trabalho em uma turma com 31 alunos da 4ª fase (turno matutino) do Ensino Médio, em 2003, em uma escola no município de Xanxerê (SC), o módulo contempla atividades divididas em 15 horas-aula, de 45 minutos de duração. O quadro a seguir apresenta um resumo do que foi desenvolvido nessa unidade de ensino.

AU LA	CONTÉÚDO(S)	ATIVIDADE(S)	OBJETIVO(S)
Problematização Inicial			
1ª	Natureza da Ciência	Questionário – Respondido individualmente, constituído por 11 questões (descritas no item III.2).	Levar o aluno a refletir sobre a natureza do trabalho científico; identificar as idéias prévias dos estudantes sobre aspectos relacionados à natureza da Ciência.
2ª e 3ª	Natureza da Ciência	História em quadrinhos (HQs) – elaborada em grupo, com o título “ <i>Como um cientista trabalha?</i> ”.	Expressar, de forma lúdica, as idéias que o estudante tem sobre o trabalho científico; contribuir, como um instrumento auxiliar, às discussões realizadas em sala de aula.
4ª	Natureza da Ciência	Questionamentos direcionados para toda turma, a partir dos dados levantados anteriormente.	Instigar os alunos visando despertar sua curiosidade em relação ao tema.

4ª	Concepção empirista-indutivista da Ciência	<p>Apresentação das idéias dessa corrente enfatizando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ a origem do conhecimento na observação e na experiência bem fundada, livre de sentimentos pessoais, intuições, teorias etc.;</li> <li>➤ o método da indução e o conhecimento da verdade;</li> <li>➤ o reconhecimento desse método como o “método científico”;</li> <li>➤ o significado da expressão empirismo-indutivismo.</li> </ul>	Identificar as características gerais do empirismo-indutivismo
5ª	Limitações da Concepção empirista-indutivista da ciência	<p>Apresentação de situações que apontam as limitações dessa corrente: discussão geral com exemplos escritos e com as figuras reversíveis e de perspectiva mutável ressaltando que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ a partir de proposições verdadeiras, a indução pode levar a uma conclusão falsa;</li> <li>➤ estar diante do mesmo fenômeno físico não significa observar a mesma coisa;</li> <li>➤ toda observação está impregnada de teoria;</li> <li>➤ observações e experimentos orientam-se por teoria.</li> </ul>	Explicitar as limitações da corrente empirista-indutivista.
6ª	Física Clássica: Mecânica Newtoniana	<p>Mecânica Newtoniana - Introdução, a partir de discussões gerais, dramatizações de situações e ilustrações aos temas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Referencial;</li> <li>➤ Movimento relativo;</li> <li>➤ Referencial absoluto newtoniano;</li> <li>➤ Sistema de referencial inercial;</li> <li>➤ Princípio da Relatividade de Galileu ou da Física Clássica.</li> </ul>	Apresentar conceitos básicos da física newtoniana; Introduzir o Princípio da Relatividade de Galileu.
7ª e 8ª	Física Clássica: Mecânica Newtoniana	<p>Transformação de Galileu – Discussão geral; dramatização e ilustração de situações enfocando:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ tempo absoluto;</li> <li>➤ adição de velocidades;</li> <li>➤ invariância do comprimento;</li> <li>➤ invariância da 2ª lei de Newton frente à Transformação de Galileu.</li> </ul>	Discutir novos e importantes aspectos da física newtoniana.

9ª	Física Clássica/ Física Moderna	<p>Apresentar uma abordagem geral sobre o declínio do conceito mecânico, até chegar aos postulados da Teoria da Relatividade Restrita, com uma discussão sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a confiança na mecânica newtoniana;</li> <li>➤ o surgimento do eletromagnetismo;</li> <li>➤ a luz como onda eletromagnética;</li> <li>➤ o éter como suposto meio de propagação das ondas eletromagnéticas;</li> <li>➤ a não invariância das leis do eletromagnetismo frente à Transformação de Galileu;</li> <li>➤ o éter como referencial absoluto;</li> <li>➤ a experiência de Michelson-Morley;</li> <li>➤ a situação de impasse na Física, no final do século XIX, conforme as teorias discutidas neste trabalho;</li> <li>➤ os impasses equacionados por Albert Einstein.</li> </ul>	Exemplificar um período de ciência normal e um estado de crise, na concepção kuhniana do desenvolvimento científico.
10ª	Física Moderna: Mecânica relativística.	Postulados da Teoria da Relatividade Restrita – discussão do seu significado e de aspectos da concepção einsteiniana da ciência.	Discutir as idéias de Einstein como um contraponto à concepção empirista-indutivista.
11ª e 12ª	Física Moderna: Mecânica relativística.	<p>Transformação de Lorentz – comparação através de um esquema, com a de Galileu na Física Clássica (sem fazer a dedução matemática das equações) e através de ilustrações e de cálculos estudar as seguintes situações resultantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ adição de velocidades;</li> <li>➤ dilatação temporal;</li> <li>➤ contração do comprimento.</li> </ul>	Analisar algumas conseqüências dos postulados de Einstein, enfatizando a mudança paradigmática.
13ª	Física Moderna: Mecânica relativística.	<p>Texto “As aventuras de Astro e Disastro” – discussão geral da dilatação temporal e da contração do comprimento.</p> <p>Quadro comparativo – atividade extra classe, apresentada pelos alunos, distinguindo aspectos que diferenciam a Física Clássica da Física Relativística, tais como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ variáveis tempo e espaço;</li> <li>➤ adição de velocidades;</li> <li>➤ questão do éter;</li> <li>➤ transformação de coordenadas;</li> <li>➤ limite de velocidades.</li> </ul>	Fazer uma síntese do que foi apresentado sobre a TRR no MD.

14 <sup>a</sup>	Biografia de Albert Einstein	Albert Einstein – discussão e apresentação em grupo da história do cientista, com ênfase nos seguintes ➤ 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.	Enfocar a participação e a contribuição deste cientista para a ciência; identificar a ciência como uma construção efetuada por seres humanos não muito diferentes das pessoas, em geral; buscar, através da abordagem de aspectos biográficos sobre o personagem Einstein, despertar o interesse do aluno não só para as aulas, mas para a própria ciência.
Aplicação do Conhecimento			
15 <sup>a</sup>	Natureza da Ciência	Aplicação do mesmo questionário já respondido na 1 <sup>a</sup> aula.	Comparar as respostas dos alunos com aquelas apresentadas na primeira aula, analisando as possíveis mudanças nas suas idéias em relação à construção do conhecimento científico ou a uma posição mais crítica sobre a ciência.

### III. Análise dos resultados obtidos com a aplicação do módulo didático

Esta seção trata da avaliação do MD em dois aspectos: o primeiro, no que se refere à receptividade dos alunos quanto às atividades realizadas em sala de aula, e o segundo, em relação às mudanças ocorridas nas suas concepções sobre a natureza da ciência.

#### III.1 Sobre as atividades em sala de aula

Na primeira aula, explicou-se aos estudantes os objetivos do módulo didático e o assunto de que tratava. A seguir, aplicou-se um questionário, constituído por 11 questões, versando sobre aspectos relacionados à natureza da ciência, devidamente validado com uma amostra de alunos. Algumas questões foram desenvolvidas especificamente para a pesquisa, sendo que outras foram extraídas ou adaptadas da literatura (PEDUZZI, 1998; HARRES, 1999). Cada um dos itens encontra-se acompanhado da seguinte codificação: CF (concordo fortemente), C (concordo), I (indeciso), D (discordo), DF (discordo fortemente). Além de optar por uma dessas alternativas, o aluno devia justificar, por escrito, a sua escolha.

Inicialmente, houve reação quanto ao número de questões do instrumento. Além de estranharem o assunto do questionário, mostraram preocupação em respondê-lo corretamente. Acalmaram-se depois que foi explicado o seu objetivo e de ter ficado claro não haver “certo” ou “errado” em relação às questões propostas. De fato, a prática de sala de aula mostra que o aluno sempre tem uma certa aflição com relação à nota (para ele, tudo é motivo de avaliação e o medo de “errar” está sempre presente).

As perguntas tinham o objetivo de propiciar uma reflexão inicial dos alunos sobre a atividade proposta na aula seguinte – a de os estudantes criarem uma história em quadrinhos (HQs) sobre o trabalho de um cientista. Divididos em grupos, elaboraram seis dessas histórias.

Nas representações feitas apareceram, com certa frequência, termos que tinham sido usados no questionário, como *teoria*, *observação* e *experiência*. Embora essas palavras possam ser utilizadas espontaneamente, a intensidade do seu uso sugere a influência do instrumento nas HQs. Em todo o caso, mas sem entrar no mérito da questão, solicitou-se às equipes que se manifestassem quanto ao grau de influência (pequena, média ou grande) do questionário sobre as discussões. Para o grupo 01, a influência foi grande; os grupos 02, 04, 05 e 06 consideraram-na média; já o grupo 03 não identificou nenhuma.

Algumas histórias em quadrinhos apontaram idéias claramente empiristas<sup>4</sup>. Conforme o grupo 01, o procedimento adotado pelo cientista no desenvolvimento da sua pesquisa tem como ponto de partida a observação. O grupo 05 expressou a idéia de que o cientista observa a natureza para dela retirar os fatos, demonstrando preocupação com sua subjetividade (que não deve estar presente na pesquisa). Essa atitude em relação à ausência de subjetividade também foi constatada no grupo 06.

Já as HQs dos grupos 02, 03 e 04 veicularam a idéia de que, em primeiro lugar, o cientista se questiona e só depois parte para a experiência. Ou seja, ele se depara com um problema como ponto de partida para a estruturação do conhecimento. No entanto, em todas essas representações o investigador aparece como um sujeito solitário e isolado, não tendo contato com outros colegas.

Os estudantes demonstraram gostar da atividade que lhes foi proposta. Essa constatação, em sala de aula, foi corroborada nas avaliações que eles fizeram sobre o trabalho realizado, descritas mais adiante.

De posse dos dados coletados através do questionário e das histórias em quadrinhos, que indicavam haver um expressivo número de concepções caracterizadas

---

<sup>4</sup> Isso também foi constatado em outro trabalho: 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.

como empiristas-indutivistas, passou-se a 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, acabaram assumindo posições diferentes e conflitantes. Alguns defendiam fortemente o ponto de que as teorias se originam na observação, usando como argumentos principalmente dois exemplos: a narrativa encontrada em 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); a história que conta como Arquimedes, vendo a água sair da banheira, teve o ‘insight’ que lhe possibilitou resolver o problema da coroa, se era ou não inteiramente de ouro, proposto pelo rei de Siracusa. Ao mesmo tempo, outros tentavam convencê-los do contrário, justificando que esses cientistas já teriam pensado sobre a situação, questionando a si mesmos a respeito do que queriam pesquisar. Esse último posicionamento 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 [estarmos] falando de filosofia na aula de Física...”. Foi o momento em que os alunos demonstraram interesse em saber o porquê desse assunto em uma aula de Física.

Na aula seguinte, os exemplos que apontavam algumas limitações da posição empirista-indutivista geraram muita empolgação entre os estudantes. A história do “peru indutivista”, as figuras de perspectiva mutável e reversível (CHALMERS, 1993; HANSON, 1975), o exemplo das “manchas solares” (PEDUZZI, 1998) e do piquenique no topo de uma alta montanha (CHALMERS, 1993), 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. Essa aula pareceu bastante motivadora para eles, e o tempo planejado para a atividade foi extrapolado.

A mecânica newtoniana foi objeto de estudo nas aulas 6, 7 e 8. Além de abordar conceitos básicos sobre esse assunto, presentes em qualquer situação de ensino no nível secundário, discutiu-se também, entre outras coisas, a questão do tempo e do espaço absoluto em Newton, bem como, em detalhes, a transformação de Galileu (que foi ‘dramatizada’ em aula, com o envolvimento dos próprios alunos) e sua importância. Desse modo, mesclou-se novos conceitos e idéias a assuntos já estudados no primeiro

ano (mas em boa medida esquecidos, ou não devidamente aprendidos, como se constatou).

Conclui-se esse segmento do módulo enfatizando-se que as leis da mecânica são as mesmas em todos os sistemas de referência inercial e que, embora as coordenadas e as velocidades se alterem quando se passa de um sistema de referência para outro, as leis da mecânica são invariantes frente à transformação de Galileu.

Na aula de número 9, os alunos quase não fizeram perguntas; estavam atentos aos comentários relativos à crise que houve na Física no final do século XIX, envolvendo a mecânica newtoniana e o eletromagnetismo. A aula aconteceu no último período de uma sexta-feira. Percebeu-se que nas aulas ministradas nesse dia da semana, o rendimento e a motivação dos alunos era menor, pois 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 que não foram feitas em aula (mas cujos resultados foram sempre apresentados com a devida contextualização), nenhum aluno quis obter maiores informações; argumentaram que tais demonstrações eram difíceis e não necessárias para a compreensão dos conceitos. Isso não é de estranhar, pois eles não estão acostumados a esse tipo de atividade, ou seja, normalmente entram em contato apenas com o produto final (as equações) sem questioná-las.

Quando foram introduzidos os postulados da Teoria da Relatividade Restrita, no 10º encontro, surgiram muitas discussões e dúvidas. Antes de qualquer explicação, um aluno já se antecipou e perguntou o que é um postulado. A constância da velocidade da luz também gerou questionamentos, como era de se esperar. Para fomentar as discussões, e ensejar o confronto da concepção einsteiniana de ciência com a empirista-indutivista, utilizou-se estratos de textos redigidos pelo próprio Einstein (e também por outros cientistas). Por exemplo: “Os conceitos físicos são livres criações da mente humana, não sendo, por mais que possam parecer, singularmente determinados pelo mundo exterior” (Einstein; Infeld, 1988, p. 36); “O supremo juiz, reconheçamo-lo, continua a ser o fato experimental” (Einstein, 1981, p. 172). Neste último caso, teve-se o cuidado de não passar ao aluno a idéia de um refutacionismo ingênuo.

Os alunos continuaram demonstrando interesse em dramatizar situações sobre os sistemas de referências. 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 (aparente) do comprimento na direção do movimento, muitos pensavam que este deveria aumentar e não diminuir, quando submetido 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 estudantes. Enquanto o elaboravam, apresentaram algumas dúvidas que foram sanadas no decorrer dos encontros e em um horário extra-classe. De acordo com as explicações dos alunos e os exemplos elaborados por eles pareceu que, de uma forma geral, estes foram bem compreendidos.

Quanto à história da vida de Albert Einstein, os grupos usaram painéis e retroprojetores para apresentarem o seu trabalho. Os que comentaram a infância de Einstein também utilizaram diversas fotografias como material complementar, mostrando, por exemplo, a casa onde ele nasceu, seus pais, sua esposa, filhos etc. Pelo que se percebeu, 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 desse personagem como estudante (mais especificamente, o fato de ser um aluno que só ia às aulas para fazer as provas) e a carta alertando para a possível construção da bomba atômica.

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

Junto com o questionário que foi respondido na 15ª aula, solicitou-se que os alunos avaliassem o trabalho realizado. A intenção era a de que apontassem seus pontos positivos e negativos. No que se refere às atividades realizadas, não há dúvida de que gostaram da experiência, como denotam os extratos a seguir:

- *“Nessas aulas foi possível discutir nossas idéias sobre o assunto”.*
- *“É ótimo poder discutir com os colegas o que ambos podem ver em figuras diferentes”.*
- *“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”.*
- *“Este trabalho foi uma maneira criativa de despertar a atenção dos alunos”.*
- *“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”.*

Para os estudantes, as atividades desenvolvidas 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”.*

• “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”.

• “Nós jovens não gostamos de ficar sempre no mesmo, adoramos mudanças e isso faz com que participamos”.

• “É um método diferente”.

• “Legal sair da rotina das aulas e tentar uma coisa nova”.

• “É que todas as aulas deveriam ser diferentes, prendendo a atenção dos alunos, como foram estas aulas”.

De uma forma geral, com base nessas opiniões e nas próprias atitudes manifestadas pelos alunos no decorrer do trabalho, percebeu-se uma grande receptividade por parte deles em relação às atividades relacionadas com as histórias em quadrinhos, à análise das figuras de perspectiva mutável e reversível, aos exemplos dramatizados por eles e aos aspectos e fotografias sobre a vida de Einstein. Sem dúvida, o módulo didático envolveu um ‘ensino diferente’ e mais atrativo para os alunos, em geral.

Vale ressaltar que algumas das observações feitas pela professora titular da disciplina também contribuíram para a avaliação do módulo. Apesar de não participar diretamente do trabalho desenvolvido, ela acompanhou todo o processo.

### **III.2 Avaliação do desempenho dos alunos no questionário**

A seguir são apresentados e analisados, qualitativamente, os resultados obtidos com a aplicação do questionário na primeira aula (primeira etapa) e na décima quinta aula (segunda etapa). Em função das justificativas constantes em cada questão, foram construídas categorias com base em uma estratégia adaptada de Almeida e outros (2001) e Teixeira e outros (2001). Também foi feita uma análise estatística para constatar se houve ou não diferença significativa em 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. Este 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 01.

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 (extraída de PEDUZZI, 1998).

Tabela 01 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda:
CF	A <sub>1</sub>	1	3,2	<p>A<sub>1</sub> Quanto maior a experiência de vida, maior o conhecimento.</p> <p>A<sub>2</sub> Para fazer alguma experiência, é preciso primeiro muita observação.</p> <p>A<sub>3</sub> A partir das observações dos fatos e das experiências, pode-se chegar a um resultado ou a uma conclusão sobre uma teoria.</p> <p>A<sub>4</sub> Primeiro, você deve ter conhecimento, estudar ou ter uma idéia sobre algo, para depois fazer a experiência.</p> <p>A<sub>5</sub> Para afirmar ou inventar algo temos que comprová-lo através de experiências (testes) ou observações.</p> <p>A<sub>6</sub> Quanto mais experiências fizermos, mais conhecimento acumulamos.</p> <p>A<sub>7</sub> Respostas não compreendidas.</p>
	A <sub>2</sub>	1	3,2	
	A <sub>3</sub>	1	6,5	
	A <sub>5</sub>	1	3,2	
	A <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		6	19,4	
C	A <sub>3</sub>	9	29,0	
	A <sub>4</sub>	3	9,7	
	A <sub>5</sub>	5	16,1	
	A <sub>5</sub> e A <sub>6</sub>	1	3,2	
	A <sub>6</sub>	4	12,9	
	A <sub>7</sub>	2	6,5	
Sub-total		24	77,4	
D	A <sub>4</sub>	1	3,2	
Sub-total		1	3,2	
Total		31	100	

Tabela 02 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda:
C	B <sub>1</sub>	2	6,5	<p>B<sub>1</sub> Primeiro as teorias são criadas (através da imaginação, fantasia, criatividade, conhecimentos anteriores etc) e depois são comprovadas ou discordadas através de experiências e observações.</p> <p>B<sub>2</sub> A experiência é uma forma de conhecimento, mas não a única maneira de se chegar até ele.</p> <p>B<sub>3</sub> Cada cientista tem o seu modo de fazer suas teorias, não há um método específico.</p> <p>B<sub>4</sub> A observação e a experimentação sozinhas não geram conhecimentos.</p> <p>B<sub>5</sub> A teoria é a fonte do conhecimento.</p> <p>B<sub>6</sub> Respostas não compreendidas.</p>
	B <sub>2</sub>	1	3,2	
	B <sub>6</sub>	1	3,2	
Sub-total		4	12,9	
D	B <sub>1</sub>	10	32,3	
	B <sub>2</sub>	1	3,2	
	B <sub>3</sub>	2	6,5	
	B <sub>4</sub>	2	6,5	
	B <sub>5</sub>	3	9,7	
	B <sub>6</sub>	2	6,5	
Sub-total		20	64,5	
DF	B <sub>1</sub>	4	12,9	
	B <sub>3</sub>	2	6,5	
	B <sub>1</sub> e B <sub>4</sub>	1	3,2	
Sub-total		7	22,5	
Total		31	100	

Nessa questão, as opções C e CF concentraram 96,8% das respostas dadas pelos estudantes na primeira aplicação do questionário, contra apenas 12,9% de concordância expressa na segunda etapa, havendo assim uma diferença significativa entre ambas (anexo 01).

QUESTÃO 02 - Observações científicas são sempre o ponto de partida para a elaboração das leis e princípios em ciência (extraída de HARRES, 1999).

Tabela 03 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda: C <sub>1</sub> Observando os fatos, os cientistas tiram conclusões e formulam teorias através de provas concretas. C <sub>2</sub> Para que uma lei seja válida, precisa ter sido comprovada cientificamente. C <sub>3</sub> Para obter leis é preciso fazer observações, questionamentos, estudar muito, fazer análises etc. C <sub>4</sub> Porque se pode partir de outros meios. C <sub>5</sub> Respostas não compreendidas. C <sub>6</sub> Em branco.
CF	C <sub>1</sub>	2	6,5	
Sub-total		2	6,5	
C	C <sub>1</sub>	14	45,2	
	C <sub>2</sub>	2	6,5	
	C <sub>3</sub>	3	9,7	
	C <sub>5</sub>	2	6,5	
Sub-total		21	67,7	
I	C <sub>6</sub>	3	9,7	
Sub-total		3	9,7	
D	C <sub>4</sub>	5	16,1	
Sub-total		5	16,1	
Total		31	100	

Tabela 04 – (2ª Etapa)

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

Também nessa questão houve diferença significativa nas respostas das duas etapas (anexo 01). Importa ressaltar que na discussão feita em aula sobre o “método científico” mencionou-se 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. Essa discussão pode ter tido reflexos nas respostas dadas às questões 04 e 09. No entanto, no conjunto das respostas, parece não haver dúvidas de 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 (adaptada de HARRES, 1999).

Tabela 05 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	
CF	E <sub>1</sub>	6	19,3	Legenda: E <sub>1</sub> As leis e teorias deixam de ser válidas quando é provado o contrário. E <sub>2</sub> Com o tempo podem ser descobertos novos conhecimentos que levam à rejeição do anterior. E <sub>3</sub> Não que o conhecimento anterior seja errado ou rejeitado, mas ele é ampliado. E <sub>4</sub> Nada será eterno, mas as teorias já criadas vão continuar a serem discutidas e irão manter o seu valor. E <sub>5</sub> Com novas experiências, os cientistas podem constatar que experiências anteriores estavam erradas e as rejeitarão. E <sub>6</sub> Sei que alguns conhecimentos são provisórios. E <sub>7</sub> Respostas não compreendidas.
	E <sub>9</sub>	1	3,2	
Sub-total		7	22,5	
C	E <sub>1</sub>	3	9,7	
	E <sub>2</sub>	8	25,8	
	E <sub>3</sub>	1	3,2	
	E <sub>4</sub>	1	3,2	
	E <sub>5</sub>	2	6,5	
Sub-total		15	48,4	
I	E <sub>6</sub>	3	9,7	
	E <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		4	12,9	
D	E <sub>4</sub>	2	6,5	
	E <sub>6</sub>	1	3,2	
	E <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		4	12,9	
DF	E <sub>3</sub>	1	3,2	
Sub-total		1	3,2	
Total		31	100	

Tabela 06 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda:
CF	F <sub>1</sub>	10	32,3	<p>F<sub>1</sub> As teorias podem ser rejeitadas quando surgirem outras novas que comprovem 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.</p> <p>F<sub>2</sub> O conhecimento pode mudar e ser substituído, ou seja, ele não é eterno.</p> <p>F<sub>3</sub> Poderá surgir uma lei ou um conhecimento que contrarie e supere o anterior, mas esse não é imediatamente abandonado.</p> <p>F<sub>4</sub> Nem sempre existem conhecimentos que até hoje não foram discordados.</p> <p>F<sub>5</sub> Quando não é correta, uma teoria já é abandonada desde o começo.</p>
	F <sub>2</sub>	1	3,2	
Sub-total		11	35,5	
C	F <sub>1</sub>	11	35,5	
	F <sub>3</sub>	3	9,7	
	F <sub>4</sub>	2	6,5	
	F <sub>1</sub> e F <sub>3</sub>	1	3,2	
Sub-total		17	54,9	
D	F <sub>4</sub>	2	6,5	
	F <sub>5</sub>	1	3,2	
Sub-total		3	9,6	
Total		31	100	

A análise estatística (anexo 01) não mostrou uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas, porém, isso não significa que não foram obtidos ganhos com a aplicação do módulo didático, pois um aspecto que também deve ser levado em consideração são os argumentos apresentados pelos alunos nas justificativas, que tiveram uma maior consistência na segunda etapa. Isto pode ser constatado através dos seguintes exemplos, apresentados 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 da 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 melhor 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)

O aprimoramento das justificativas na segunda etapa também se verificou nas demais questões, mesmo que em muitas delas não se tenha obtido diferença estatisticamente significativa entre as duas fases.

A forma como está redigida a questão não deve ensejar a idéia de que se esteja induzindo os estudantes a um refutacionismo ingênuo. Mesmo correndo esse risco, priorizou-se a preocupação com a clareza da afirmação, em função do nível de ensino e da faixa etária do aluno envolvido. Em todo o caso, a afirmativa 10 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. (extraída de HARRES, 1999).

Tabela 07 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	
CF	G <sub>1</sub>	3	9,7	Legenda: G <sub>1</sub> Antes de você analisar um fato ou fazer uma experiência, você deverá ter uma noção, uma curiosidade, um conhecimento sobre o assunto. G <sub>2</sub> Nem sempre noções teóricas são necessárias, você pode partir de experiências ou observações. G <sub>3</sub> Antes é preciso observar, elaborar hipóteses, comprovar os fatos, para depois partir para a teoria. G <sub>4</sub> Respostas não compreendidas.
Sub-total		3	9,7	
C	G <sub>1</sub>	8	25,8	
	G <sub>3</sub>	1	3,2	
	G <sub>4</sub>	1	3,2	
Sub-total		10	32,2	
I	G <sub>2</sub>	3	9,7	
	G <sub>3</sub>	1	3,2	
Sub-total		4	12,9	
D	G <sub>2</sub>	11	35,5	
	G <sub>3</sub>	1	3,2	
Sub-total		12	38,6	
DF	G <sub>2</sub>	1	3,2	
	G <sub>3</sub>	1	3,2	
Sub-total		2	6,5	

Tabela 08 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	
CF	H <sub>1</sub>	3	9,7	Legenda: H <sub>1</sub> 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. H <sub>2</sub> É a observação que parte da teoria e não a teoria da observação. H <sub>3</sub> Não tenho conhecimento a respeito disso. H <sub>4</sub> Não há um modelo a ser seguido, pois cada cientista tem o seu jeito, pode partir de
Sub-total		3	9,7	
C	H <sub>1</sub>	12	38,7	
	H <sub>2</sub>	1	3,2	
	H <sub>6</sub>	1	3,2	
Sub-total		14	45,0	
I	H <sub>3</sub>	2	6,5	
Sub-total		2	6,5	
D	H <sub>4</sub>	7	22,6	
	H <sub>5</sub>	1	3,2	

	H <sub>6</sub>	1	3,2	observações, de experiências, da imaginação etc.  H <sub>5</sub> Primeiro você observa, depois elabora as idéias, os dados e depois faz as leis e teorias.  H <sub>6</sub> Respostas não compreendidas.
Sub-total		9	29,0	
DF	H <sub>4</sub>	2	6,5	
	H <sub>6</sub>	1	3,2	
Sub-total		3	9,7	
Total		31	100	

Em termos estatísticos (anexo 01), não se evidenciou uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as duas etapas.

Para exemplificar a influência das discussões em sala de aula, apresentamos as justificativas de dois 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).

A análise das respostas justificadas na opção D, na segunda etapa, evidencia que um dos fatores que interferiu fortemente na resposta a esta questão foi a discussão realizada sobre o “método científico”, conforme já mencionado na questão 02.

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 (adaptada de HARRES, 1999).

Tabela 09 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda: I <sub>1</sub> É necessário adotar uma seqüência, e esta parece ser a mais correta. I <sub>2</sub> É através desse processo que se chega a conclusões e se estabelecem leis e teorias. I <sub>3</sub> Toda a produção de conhecimento quase sempre segue essa seqüência. I <sub>4</sub> Não tenho muito conhecimento a respeito disso.
CF	I <sub>1</sub>	1	3,2	
	I <sub>2</sub>	5	16,1	
Sub-total		9	19,4	
C	I <sub>1</sub>	1	3,2	
	I <sub>2</sub>	5	16,1	
	I <sub>3</sub>	1	3,2	
	I <sub>4</sub>	1	3,2	

	I <sub>6</sub>	2	6,5	I <sub>5</sub> A ciência pode seguir regras diferentes. I <sub>6</sub> Respostas não compreendidas. I <sub>7</sub> Em branco.
Sub-total		10	32,3	
I	I <sub>4</sub>	8	25,8	
	I <sub>4</sub> e I <sub>5</sub>	1	3,2	
	I <sub>6</sub>	2	6,5	
	I <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		12	38,7	
D	I <sub>5</sub>	2	6,5	
	I <sub>6</sub>	1	3,2	
Sub-total		3	9,7	
Total		31	100	

Tabela 10 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda: J <sub>1</sub> Para ter uma resposta concreta ou uma comprovação, deve-se passar por um processo bastante rigoroso. J <sub>2</sub> Rigorosamente não, mas quase sempre parte dessa seqüência. J <sub>3</sub> Cada cientista tem o seu jeito de fazer ciência, não tem uma seqüência a ser seguida. J <sub>4</sub> A ciência começa no pensamento, na elaboração das hipóteses, nas teorias, na curiosidade, para depois observar e experimentar. J <sub>5</sub> Segue outra seqüência: elaboração de uma teoria ou lei, observação, hipóteses e testagem experimental. J <sub>6</sub> Em branco.
C	J <sub>1</sub>	3	9,7	
Sub-total		3	9,7	
I	J <sub>2</sub>	1	3,2	
	J <sub>6</sub>	1	3,2	
Sub-total		2	6,5	
D	J <sub>3</sub>	9	29,0	
	J <sub>3</sub> e J <sub>4</sub>	1	3,2	
	J <sub>4</sub>	3	9,7	
Sub-total		13	41,9	
DF	J <sub>3</sub>	6	19,3	
	J <sub>3</sub> e J <sub>4</sub>	1	3,2	
	J <sub>4</sub>	5	3,2	
	J <sub>5</sub>	1	3,2	
Sub-total		13	41,9	
Total		31	100	

Nessa questão houve uma diferença estatisticamente significativa, ao nível inferior a 0,05, entre as duas etapas (anexo 01). Isto é muito importante, tendo em vista a disseminação do método científico por parte de professores e livros textos. São exemplos de respostas dadas a questão antes e depois da aplicação do módulo didático:

“Seria uma seqüência boa para seguir rigorosamente a produção de conhecimento através da ciência.” (primeira etapa) e “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.” (segunda etapa)

“Sim, concordo porque pelo menos sempre foi isso que me disseram, e que eu aprendi, agora se é mesmo eu não sei porque não estou lá pra ver.” (primeira etapa) e “É claro que não, e um exemplo disso é o próprio Einstein que primeiro criou leis, teorias para depois experimentá-las.” (segunda etapa)

“Não tenho certeza da seqüência do conhecimento científico, se segue mesmo esta ordem.” (primeira etapa) e “Na maioria das vezes o cientista ‘cria’ ou ‘imagina’ a situação em que está curioso. Isso decide muito sobre uma teoria e conhecimento. O conhecimento surge do pensar. Se o cientista não pensar não há teorias nem conhecimentos.” (segunda etapa).

QUESTÃO 06 - A elaboração de leis e princípios científicos obrigatoriamente dispensa a criatividade, a intuição e a imaginação do pesquisador (extraída de HARRES,1999).

Tabela 11 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda:
CF	L <sub>1</sub>	1	3,2	<p>L<sub>1</sub> A criatividade e a imaginação vão atrapalhar a verdadeira descoberta sobre o trabalho realizado.</p> <p>L<sub>2</sub> Tudo tem que ser comprovado e não imaginado.</p> <p>L<sub>3</sub> A criatividade não faz parte dos resultados de um experimento.</p> <p>L<sub>5</sub> A criatividade e a imaginação do cientista sempre fazem parte na formulação de leis e princípios.</p> <p>L<sub>6</sub> Se não há provas concretas, utiliza-se a imaginação para elaborar hipóteses e explicar o fato ocorrido.</p> <p>L<sub>7</sub> Deve-se ter o cuidado de não fugir da realidade.</p>
Sub-total		1	3,2	
C	L <sub>1</sub>	2	6,5	
	L <sub>2</sub>	2	6,5	
	L <sub>3</sub>	1	3,2	
Sub-total		5	16,1	
D	L <sub>5</sub>	15	48,4	
	L <sub>5</sub> e L <sub>7</sub>	2	6,5	
Sub-total		17	54,8	
DF	L <sub>5</sub>	7	22,5	
	L <sub>6</sub>	1	3,2	
Sub-total		8	25,8	
Total		31	100	

Tabela 12 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda:
C	M <sub>1</sub>	1	3,2	<p>M<sub>1</sub> O pensamento deve estar livre de qualquer coisa que não esteja relacionada à pesquisa.</p> <p>M<sub>2</sub> A criatividade, a intuição e a imaginação são fatores fundamentais para se elaborar uma teoria.</p> <p>M<sub>3</sub> Quem não tiver criatividade nem imaginação não poderá fazer ou desvendar as experiências.</p>
Sub-total		1	3,2	
D	M <sub>2</sub>	13	41,9	
	M <sub>3</sub>	2	6,5	
Sub-total		15	48,4	
DF	M <sub>2</sub>	15	48,4	
Sub-total		15	48,4	
Total		31	100	

O emprego do teste estatístico não apontou para uma diferença significativa ao nível inferior a 0,05 entre as etapas (anexo 01). Na primeira, a maioria dos alunos reconheceu a influência de fatores subjetivos no trabalho científico. Contudo, percebe-se um amadurecimento maior nos argumentos usados pelos estudantes para justificar suas respostas quando da reaplicação do questionário:

“*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[m] 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 (adaptada de HARRES, 1999).

Tabela 13 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda: N <sub>1</sub> Se estudam rigorosamente os resultados tendem a ser os mesmos, mas se seguem linhas diferentes não. N <sub>2</sub> Porque aí não será a mesma coisa. N <sub>3</sub> Cada pessoa tem um ponto de vista, poderá interpretar diferentemente as coisas.
C	N <sub>1</sub>	1	3,2	
	N <sub>2</sub>	1	3,2	
Sub-total		2	6,5	
D	N <sub>3</sub>	20	64,5	
Sub-total		20	64,5	
DF	N <sub>3</sub>	9	29,0	
Sub-total		9	29,0	
Total		31	100	

Tabela 14 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda: O <sub>1</sub> Cada cientista pode chegar a um resultado diferente, pois isso depende do seu ponto de vista, de seu conhecimento anterior, da sua imaginação, etc.
D	O <sub>1</sub>	16	51,6	
Sub-total		16	51,6	
DF	O <sub>1</sub>	15	48,4	
Sub-total		15	48,4	
Total		31	100	

As opções D e DF totalizam 93,5% das respostas antes da realização do estudo e 100% depois de sua implementação. Mesmo não havendo diferença estatisticamente significativa entre as duas aplicações do questionário, novamente se percebe que as justificativas na segunda etapa denotam claramente a influência das discussões realizadas em sala de aula. Alguns exemplos de argumentos apresentados por um mesmo aluno antes e depois da aplicação do MD ilustram isso:

*“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	(%)	Legenda:
CF	P <sub>1</sub>	1	3,2	P <sub>1</sub> O conhecimento científico é discutido, estudado, experimentado, e não imaginado, por isso é objetivo e confiável. P <sub>2</sub> Podemos confiar nas teorias hoje, mas elas podem mudar com o passar do tempo. P <sub>3</sub> O conhecimento científico é confiável, até que provem o contrário. P <sub>4</sub> Aceitamos como verdadeiro, mas não sabemos se realmente é objetivo e confiável. P <sub>5</sub> Às vezes podem ter ocorrido erros, e o que é certo hoje pode não ser amanhã. P <sub>6</sub> Só porque uma coisa é provada, não quer dizer que é objetiva e confiável. P <sub>7</sub> Em branco.
Sub-total		1	3,2	
C	P <sub>1</sub>	7	22,6	
	P <sub>2</sub>	2	6,5	
	P <sub>3</sub>	2	6,5	
Sub-total		11	35,5	
I	P <sub>2</sub>	1	3,2	
	P <sub>3</sub>	2	6,5	
	P <sub>4</sub>	3	9,7	
	P <sub>5</sub>	1	3,2	
	P <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		8	25,8	
	P <sub>2</sub>	1	3,2	

D	P <sub>3</sub>	6	19,4
	P <sub>5</sub>	2	6,5
	P <sub>6</sub>	2	6,5
Sub-total		11	35,5
Total		31	100

Tabela 16 – (2ª Etapa)

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

Legenda:  
Q<sub>1</sub> É necessário provar as teorias para aceitá-las.  
Q<sub>2</sub> Nem tudo o que é provado é eterno, podendo futuramente ser contestado ou provado o contrário.  
Q<sub>3</sub> O conhecimento pode mudar e as teorias podem ser descartadas ou ampliadas.  
Q<sub>4</sub> As teorias ou o conhecimento podem mudar com o tempo.  
Q<sub>5</sub> Respostas não compreendidas.

As respostas dadas pelos estudantes ao questionário respondido na primeira e na última aula acusaram uma diferença estatisticamente significativa ao nível inferior a 0,05 nessa questão (anexo 01). São exemplos de argumentações de um mesmo estudante antes e depois da aplicação do módulo didático:

*“Tudo que vem da ciência é provado e confiável, pois passa por grandes processos e experimentos, por isso é confiável.”* (primeira etapa) e *“O conhecimento científico é uma construção humana e passa por contínuas transformações, e não é objetivo, portanto.”* (segunda etapa)

*“Ele é provado porque antes teve análise e aprovação da própria pessoa que descobriu.”* (primeira etapa) e *“Não, pois ele pode ser substituído mais tarde por outro que comprove melhor o referido assunto, que possua mais coerência e lógica.”* (segunda etapa)

*“Porque o científico tem que ser objetivo e sempre tem que provar o seu conhecimento.”* (primeira etapa) e *“O conhecimento pode sofrer modificações ao longo dos anos como as teorias que são descartadas, o conhecimento que é ampliado, etc.”* (segunda etapa)

*“Porque o científico tem que ser objetivo e sempre tem que provar o seu conhecimento.”* (primeira etapa) e *“Muitos experimentos foram desmentidos, por*

*exemplo, até hoje acreditamos que a terra é redonda, isso é provado, mas se alguém provar o contrário a outra teoria não será mais válida.” (segunda etapa).*

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 <sub>1</sub>	8	25,8	Legenda: R <sub>1</sub> As observações são feitas com base em teorias anteriores. R <sub>2</sub> A maioria é feita com base em teorias, outras são feitas por acaso. R <sub>3</sub> Algumas observações podem ser feitas com base em teorias, outras não. R <sub>4</sub> As teorias são feitas com base nas observações. R <sub>5</sub> Primeiro podem ser feitas as observações e depois formuladas as teorias. R <sub>6</sub> Não compreendidas. R <sub>7</sub> Em branco.
	R <sub>2</sub>	1	3,2	
	R <sub>6</sub>	2	6,5	
Sub-total		11	35,5	
I	R <sub>2</sub>	1	3,2	
	R <sub>3</sub>	3	9,7	
	R <sub>6</sub>	1	3,2	
	R <sub>7</sub>	2	6,5	
Sub-total		7	22,6	
D	R <sub>3</sub>	4	12,9	
	R <sub>4</sub>	1	3,2	
	R <sub>5</sub>	4	12,9	
	R <sub>6</sub>	2	6,5	
Sub-total		11	35,5	
DF	R <sub>3</sub>	1	3,2	
	R <sub>5</sub>	1	3,2	
Sub-total		2	6,5	
Total		31	100	

Tabela 18 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	
CF	S <sub>1</sub>	3	9,7	Legenda: S <sub>1</sub> A observação é feita com base em algum conhecimento, ninguém observa com a mente em branco. S <sub>2</sub> São as teorias que indicam para onde dirigir sua atenção e para onde olhar. S <sub>3</sub> A partir das teorias são realizadas as observações, os experimentos e tiradas as conclusões. S <sub>4</sub> As teorias têm como base a imaginação, a livre criação, a dedução, os conhecimentos anteriores etc. S <sub>5</sub> As observações podem surgir com base em outras teorias ou do nada.
Sub-total		3	9,7	
C	S <sub>1</sub>	7	22,6	
	S <sub>2</sub>	3	9,7	
	S <sub>3</sub>	2	6,5	
	S <sub>4</sub>	1	3,2	
Sub-total		13	41,9	
I	S <sub>5</sub>	2	6,5	
	S <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		3	9,7	
D	S <sub>4</sub>	3	9,7	
	S <sub>5</sub>	5	16,1	

	S <sub>6</sub>	3	9,7	S <sub>6</sub> Nem sempre, algumas teorias tiveram origem na observação.
	S <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		12	38,7	S <sub>7</sub> Não compreendidas.
Total		31	100	

Nesse item, não foi encontrada diferença estatisticamente significativa em nível inferior a 0,05 entre as duas etapas de aplicação do questionário (anexo 01). Como exemplos das transformações ocorridas nos argumentos dos alunos, tem-se:

*“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 muitas 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 nessa 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 (adaptada de HARRIS, 1999).

Tabela 19 – (1ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda: T <sub>1</sub> Se uma teoria foi observada e seus resultados foram negativos, deve ser rejeitada logo. T <sub>2</sub> Se eu conseguir provar o contrário, poderá ser rejeitada. T <sub>3</sub> Deve ser provado novamente ou fazer
CF	T <sub>1</sub>	1	3,2	
Sub-total		1	3,2	
C	T <sub>2</sub>	2	6,5	
	T <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		3	9,7	
	T <sub>2</sub>	1	3,2	

I	T <sub>3</sub>	2	6,5	alguma mudança no experimento. T <sub>4</sub> Nunca vi nenhum caso. T <sub>5</sub> Deve ser melhor estudada, analisada e investigada para que se possa corrigi-la ou rejeitá-la. T <sub>6</sub> Deve ser testada com novos experimentos, mas não rejeitada. T <sub>7</sub> Respostas não compreendidas. T <sub>8</sub> Em branco.
	T <sub>4</sub>	1	3,2	
	T <sub>8</sub>	2	6,5	
Sub-total		6	19,3	
D	T <sub>2</sub>	1	3,2	
	T <sub>5</sub>	6	19,3	
	T <sub>6</sub>	8	25,8	
	T <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		16	51,6	
DF	T <sub>5</sub>	4	12,9	
	T <sub>7</sub>	1	3,2	
Sub-total		5	16,1	
Total		31	100	

Tabela 20 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda: U <sub>1</sub> Acho que não, nem sempre as teorias mostram o que realmente são. U <sub>2</sub> Não sei se pode ser ou não rejeitada. U <sub>3</sub> A teoria deve ser muito estudada e investigada primeiro, e quando rejeitada ela não é abandonada rapidamente, pois continua sendo usada. U <sub>4</sub> A teoria não deve ser ignorada, ela deve ser experimentada novamente, ser melhorada ou remendada. U <sub>5</sub> Ela continua sendo válida para formular novas teorias. U <sub>6</sub> Respostas não compreendidas.
C	U <sub>6</sub>	2	6,5	
Sub-total		2	6,5	
I	U <sub>1</sub>	1	3,2	
	U <sub>2</sub>	1	3,2	
Sub-total		2	6,5	
D	U <sub>3</sub>	12	38,7	
	U <sub>4</sub>	3	9,7	
	U <sub>5</sub>	2	6,5	
	U <sub>6</sub>	2	6,5	
Sub-total		19	61,3	
DF	U <sub>3</sub>	5	16,1	
	U <sub>4</sub>	2	6,5	
	U <sub>5</sub>	1	3,2	
Sub-total		8	25,8	
Total		31	100	

Em ambas as etapas predominou a discordância em relação à afirmação feita, não havendo diferença estatisticamente significativa em nível inferior a 0,05 (anexo 01). O alto grau de rejeição dos estudantes a essa questão no início do estudo chega a surpreender. Possivelmente, isto se deve ao fato de 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, alertando para que elas sejam conduzidas com mais cuidado, com outros materiais, etc. Entre os argumentos apresentados pelos alunos antes e depois da aplicação do MD, que mais uma vez ilustram a influência das discussões em aula, tem-se:

“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 torná-la verdadeira.” (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 <sub>1</sub>	2	6,5	<b>Legenda:</b> V <sub>1</sub> Não deve ficar lembrando o passado ou estar com a cabeça voando, deve se concentrar com atenção no que faz. V <sub>2</sub> Os conhecimentos anteriores podem mudar os resultados da pesquisa. V <sub>3</sub> Deve estar livre de sentimentos pessoais, mas não de conhecimentos anteriores. V <sub>4</sub> Ele pode se basear em conhecimentos anteriores para formular novas teorias ou mesmo fazer comparações. V <sub>5</sub> Os conhecimentos anteriores, as idéias, os sentimentos interferem na hora de analisar ou observar algo. V <sub>6</sub> Respostas não compreendidas. V <sub>7</sub> Em branco.
Sub-total		2	6,5	
C	V <sub>1</sub>	5	16,1	
	V <sub>2</sub>	2	6,5	
	V <sub>3</sub>	2	6,5	
Sub-total		9	29	
I	V <sub>1</sub>	1	3,2	
	V <sub>3</sub>	1	3,2	
	V <sub>6</sub>	2	6,5	
	V <sub>7</sub>	2	6,5	
Sub-total		6	19,3	
D	V <sub>4</sub>	9	29,0	
	V <sub>5</sub>	3	9,7	
Sub-total		12	38,7	
DF	V <sub>5</sub>	1	3,2	
	V <sub>6</sub>	1	3,2	
Sub-total		2	6,5	
Total		31	100	

Tabela 22 – (2ª Etapa)

Opções de respostas	Categorias	Nº de Alunos	(%)	Legenda:
C	X <sub>1</sub>	4	12,9	X <sub>1</sub> O cientista deve realizar o seu trabalho com muita concentração para alcançar um bom objetivo.
	X <sub>2</sub>	1	3,2	
Sub-total		5	16,1	X <sub>2</sub> Deve estar concentrado sem nenhum problema, para colocar toda a criatividade e imaginação em prática.
I	X <sub>3</sub>	1	3,2	
Sub-total		1	3,2	X <sub>3</sub> 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.
D	X <sub>3</sub>	9	29,0	
	X <sub>4</sub>	3	9,7	
Sub-total		12	38,7	X <sub>4</sub> O cientista sempre deve usar todo o seu conhecimento anterior para formular as teorias.
DF	X <sub>3</sub>	7	22,5	
	X <sub>4</sub>	4	12,9	
Sub-total		11	35,5	
Total		31	100	

Não houve uma diferença estatisticamente significativa, em nível inferior a 0,05, da primeira para a segunda etapa nessa questão (anexo 01). Entre as justificativas dos alunos, antes e depois da aplicação do MD, que expressam uma evolução satisfatória do pensamento do aluno, pode-se mencionar:

*“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).

#### IV.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 estudante 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 de 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 docente 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; GIORDAN, 2002, p.18).*

Por outro lado, características da concepção empirista-indutivista ainda são amplamente difundidas pelos livros didáticos (RAMALHO et al., 1997; SOARES, 1997; PENTEADO, 1998; BONJORNIO et al., 1999; FAVARETTO; MERCADANTE, 1999; MARCZWSKI, 1999; TITO; CANTO, 2002; SANTOS et al., 2003; entre outros) e pelos meios de comunicação, estando também presentes nas concepções dos mestres e dos próprios aprendizes. 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).

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. As opiniões dos estudantes sobre o trabalho realizado em classe e as atitudes adotadas por eles durante as aulas revelaram uma grande receptividade em relação a conteúdos históricos e filosóficos, quando estes são articulados com estratégias de ensino diversificadas. Evidencia-se que, para a grande maioria deles, 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 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 essa 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 científico 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 essa 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 atividades inovadoras no espaço escolar.

Da mesma forma, de nada adianta dispor de estratégias para introduzir na disciplina a temática 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 aquele 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 esse tópico à luz das concepções de outros filósofos contemporâneos.

## 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, n. 2, p. 109-119, 2001.

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

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

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

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

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

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.; 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. **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, n. 15, p. 11-18, 2002.

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, n. 3, p. 164-214, 1995.

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

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: Editora da 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.

PORLÁN, A. et al. Conocimiento profesional y epistemología de los profesores, II: estudos empíricos y conclusiones. **Enseñanza de las ciencias**, v. 16 n. 2, p. 271-288, 1998.

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.

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).

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

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, n. 3, p. 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.

### **Bibliografia consultada para o desenvolvimento das aulas**

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**. 2. ed. Tradução: José A. R. Andrade. São Paulo: Abril Cultural, 1979. 271p. (Coleção os Pensadores).

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

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

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

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

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

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

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

CHAVES, T. V. et al. Textos de Divulgação Científica como recurso didático para o ensino-aprendizagem da Física Moderna: um exemplo em relatividade. In: SBPC, 52, 2001. **Atas...**

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

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

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

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

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

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

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**. Tradução: Carolina Alfaro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. 331p.

PAIS, A. **Einstein viveu aqui**. Tradução: Carolina Alfaro. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997. p. 69-82.

SANTOS, C., A. **Albert Einstein**. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/einstein>> Acesso em 20 ago. 2002.

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

### **Fotografias extraídas dos endereços eletrônicos**

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

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

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

### Anexo 01 : 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 (Discordo) e 2 (Concordo).

Q01A & Q01D

Q01A	Q01D	
	1	2
1	1	0
2	26	4

Q02A & Q02D

Q02A	Q02D	
	1	2
1	4	0
2	19	3

Q03A & Q03D

Q03A	Q03D	
	1	2
1	1	4
2	1	21

Q04A & Q04D

Q04A	Q04D	
	1	2
1	6	7
2	4	8

Q05A & Q05D

Q05A	Q05D	
	1	2
1	2	1
2	13	2

Q06A & Q06D

Q06A	Q06D	
	1	2
1	24	1
2	6	0

Q07A & Q07D

Q07A	Q07D	
	1	2
1	20	0
2	2	0

Q08A & Q08D

Q08A	Q08D	
	1	2
1	11	0
2	10	2

Q09A & Q09D

Q09A	Q09D	
	1	2
1	5	8
2	3	5

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<sup>b</sup>

	Q01A & Q01D	Q02A & Q02D	Q03A & Q03D	Q04A & Q04D
N	31	26	27	25
Exact Sig. (2-tailed)	,000 <sup>a</sup>	,000 <sup>a</sup>	,375 <sup>a</sup>	,549 <sup>a</sup>

a. Binomial distribution used.    b. McNemar Test

Test Statistics<sup>b</sup>

	Q05A & Q05D	Q06A & Q06D	Q07A & Q07D	Q08A & Q08D
N	18	31	31	23
Exact Sig. (2-tailed)	,002 <sup>a</sup>	,125 <sup>a</sup>	,500 <sup>a</sup>	,002 <sup>a</sup>

a. Binomial distribution used.    b. McNemar Test

Test Statistics<sup>b</sup>

	Q09A & Q09D	Q10A & Q10D	Q11A & Q11D
N	21	23	25
Exact Sig. (2-tailed)	,227 <sup>a</sup>	,250 <sup>a</sup>	,125 <sup>a</sup>

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