

SOBRE A CONCEPÇÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Janete F. Klein Köhnlein ^a [janete@netxan.com.br]

Luiz O. Q. Peduzzi ^b [peduzzi@fsc.ufsc.br]

^a Prog. de Pós-Grad. em Educ./ Universidade Federal de Santa Catarina e E.E.B.P. Artur da Costa e Silva

^b Departamento de Física/ Prog. de Pós-Grad. em Educ./ Universidade Federal de Santa Catarina

INTRODUÇÃO

Inúmeros trabalhos têm mostrado que a concepção empirista-indutivista está ainda muito presente no ensino de Ciências. Apesar disso, e de vários filósofos terem reconhecido e exposto as limitações dessa visão, ela ainda é amplamente encontrada em 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, e difundida pelos meios de comunicação.

Embora não exista um conceito único sobre o que é ciência, há um consenso entre os filósofos da ciência de que 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.

Em seu trabalho, o cientista está sujeito tanto as virtudes quanto aos defeitos que caracterizam o envolvimento do ser humano em qualquer atividade que realiza. Conforme destacam Ostermann e Moreira (1999), *“na pratica, muitas vezes, 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”*. (p.133) O método científico é, sem dúvida, uma falácia.

Assim, propiciar uma visão mais atual sobre a natureza da ciência deve ser uma importante meta do currículo de Ciências. Conforme consta nos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (1999), o ensino de Ciências, entre outras coisas, deve contribuir 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)

Neste trabalho apresenta-se, sucintamente, as origens da concepção empirista-indutivista da ciência, o racionalismo que a ela se opõe, e a crítica de Hume à indução, seguida da resposta de Popper. Evidencia-se, através de desenhos, que o empirismo está presente em um grupo de estudantes do Ensino Médio e propõe-se um elenco de situações que objetivam desencadear, em sala de aula, discussões que exponham as suas limitações.

SOBRE A CONCEPÇÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA DA CIÊNCIA

O “*Novum Organum*”, de Francis Bacon, publicado em 1620, explicita a primeira sistematização de uma filosofia empirista. Ele surge como proposta de um novo método para a aquisição de conhecimento, em oposição ao aristotelismo escolástico. Para compreender a natureza, deve-se consultar a natureza e não os escritos de Aristóteles (ou a Bíblia).

Segundo Bacon, o verdadeiro caminho para a investigação e a descoberta da verdade é o da indução, isto é, dos dados particulares e dos sentidos abstrai-se os axiomas ascendendo de forma reta e ordenada até chegar aos princípios de máxima generalidade. (Bacon, 1620)

A natureza dá os fatos. É tarefa do cientista descobri-los. Para isso, é preciso neutralizar as fontes de ilusão cognitiva, corrigindo as percepções que impedem a observação da natureza tal como ela é. Ou seja, o cientista deve realizar o seu trabalho com a mente purificada, livre de preconceitos, dogmas, sentimentos, etc; tal como uma criança que tem a mente pura para aprender as coisas. O ponto de partida é constituído por “*instâncias e experimentos oportunos e adequados, onde os sentidos julgam somente o experimento e o experimento julga a natureza e a própria coisa*”.(Bacon, 1620, aforismo L)

De acordo com o preceito baconiano, as etapas que conduzem ao verdadeiro conhecimento científico são: observação de um grande número de fatos e experimentos, elaboração de hipóteses, comprovação experimental, conclusões, leis e teorias gerais.

O racionalismo de René Descartes contrapõe-se ao empirismo baconiano. É na ‘doutrina da verdade evidente’ que reside o fundamento de suas convicções. Isto é, “*a verdade é sempre reconhecível quando colocada diante de nós: se ela não se revelar por si só, precisará apenas ser desvelada ou descoberta. Depois disso não haverá mais necessidade de argumentos adicionais. Recebemos olhos para ver a verdade, e a ‘luz natural’ da razão para enxergá-la*” (Popper, 1982, p.35). Nestes termos, e para um espírito puro e atento, o objeto da intuição não precisa ser deduzido de nenhuma outra coisa. Ele aparece como uma verdade inquestionável, capaz de desencadear a estruturação e o desenvolvimento de novos conhecimentos. O ‘substrato material’ que dá suporte a este empreendimento é a matemática (aritmética e geometria). O método é o dedutivo, a partir (das conseqüências etc.) dos pressupostos básicos estabelecidos a priori. Para Descartes, a experimentação tem, fundamentalmente, o papel de corroborar teorias.

O “*Principia*” newtoniano emerge em uma ciência dominada pelo mecanicismo cartesiano. Como resposta à Descartes, Roger Cotes, que escreve o prefácio à segunda edição do *Principia* em 1713, afirma que qualquer sistema explicativo deve alicerçar suas bases em princípios fundamentais ‘provados’ pela experiência. As hipóteses, seguramente, prestam-se à discussão e ao debate, mas seu papel não deve ser superdimensionado. “*Aqueles que tomam as hipóteses como princípios primeiros de suas especulações, embora mais tarde procedam com a maior precisão a partir destes princípios, podem realmente construir um engenhoso romance, mas que ainda assim será um engenhoso romance*” (Cotes, 1990, p.IV). A crítica é clara à concepção metafísica de Descartes de que a quantidade de movimento do mundo é constante.

Mas será que ao escrever *Hypotheses non fingo* Newton entendia ser realmente necessário proscriver todas as hipóteses? Qual a influência de Bacon sobre o indutivismo e o

anti-hipotecismo newtoniano? O que pretendia dizer Newton quando falava em ‘deduzir’(ou às vezes, induzir) as leis a partir dos fenômenos? Para I.B. Cohen, o vocabulário metodológico de Newton era vago e utilizado de maneira inconsistente. Já Alexandre Koyré interpreta as observações indutivas mais radicais de Newton atribuindo-lhes uma significação inócua ou restrita.(Laudan, 1980)

De qualquer modo, o ponto de vista baconiano-newtoniano, do ideal de uma ciência purificada de todas as hipóteses e baseada no indutivismo, foi amplamente difundido no meio científico do século XVIII. Para Hermann Boerhaave, por exemplo, em obra escrita em 1715, *“os primeiros princípios da ciência não podem ser descobertos a priori, devendo, ao contrário, ser derivados da evidência experimental”*. (Laudan,1980, p.30).

Um dos motivos pelo qual a concepção empirista-indutivista parece ter ficado tão profundamente arraigada à investigação científica é que os cientistas a utilizaram como critério de demarcação entre ciência e não ciência. Isto é, ela ensejou a convicção de que o conhecimento científico derivado dos dados da experiência é um conhecimento objetivo e confiável porque é provado. O observador científico registra fielmente os dados observados, fazendo isso sem preconceitos, exorcizando os ‘ingredientes’ sociais, pessoais, lingüísticos e filosóficos que podem perturbar o seu trabalho. Com base no princípio da indução, partindo do particular para o geral, baseando-se na quantidade e qualidade dos dados obtidos, ele chega as leis e teorias. Assim, assentados sobre fatos, os enunciados científicos contrastam com enunciados de todos os outros tipos *“que se baseiam na autoridade, na emoção, na tradição, na conjectura, no preconceito, no hábito ou em qualquer outro alicerce”*. (Magee, 1973, p.22)

A indução foi objeto de crítica contundente, por David Hume, na metade do século XVIII.

Hume nega que se possa inferir qualquer coisa que transcenda ao produto da experiência. 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.

Para Hume, *“embora não exista meio de demonstrar a validade dos procedimentos indutivos, a constituição psicológica dos homens é tal que não lhes resta outra alternativa senão a de pensar em termos de tais procedimentos indutivos. Como estes procedimentos parecem ter legitimidade prática, o homem os adota. Sem embargo, isto não quer dizer que falte fundamentação racional para as leis científicas, que elas não se apoiem na lógica e na experiência, embora ultrapassem tanto uma como outra, dado seu caráter de generalidade irrestrita.”* (Magee, 1973, p.23)

A argumentação de Hume, questionando o alicerce empírico da ciência gerou ceticismo, entre outras reações. A análise de suas conseqüências é tema complexo, e não é objeto do presente trabalho.

Karl Popper aceita a crítica de Hume contra a indução, mas não a sua legitimidade psicológica, pela força do hábito. Popper oferece uma resposta original ao problema da indução.

Segundo Popper, a ciência começa com um problema e não com uma observação. As observações estão impregnadas de teorias.

Conforme Popper, as teorias científicas nunca são empiricamente verificáveis, mas podem ser refutadas. Por mais comprovada que seja, não é possível provar a verdade de uma teoria, pois no futuro poderá (isto com certeza) mostrar-se falível e, portanto, 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 aparecer um cisne de uma outra cor.

Enquanto na filosofia indutivista a verificação justifica 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)

Popper ressalta que não há um caminho lógico que leva a 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 estabelecido. As teorias são nossas invenções e idéias, *“tentativas humanas de descrever e entender a realidade”*. (Silveira, 1996, p.201)

Assim como Popper, outros filósofos reconheceram as limitações da posição empirista-indutivista, como Kuhn, Lakatos, Feyerabend, Hanson, que enfatizaram ser algo totalmente destituído de sentido fazer uma investigação sem uma clara orientação teórica.

Segundo Hanson (1975), *“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 e 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, por exemplo, a tela e a pintura em um quadro; ao se tentar separá-las, destrói-se a obra.

Para Hanson, no momento da observação há, simultaneamente, a interpretação, e é aí que entram os componentes teóricos, a base conceitual, os subsunçores ausubelianos 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. É neste sentido que toda a observação está impregnada de teorias.

Contudo, as teorias que precedem as observações podem ser falhas e, neste caso, as proposições de observação também podem se apresentar falhas. Daí não ser possível garantir que a observação é uma base completamente segura para a construção do conhecimento científico. A observação e o experimento orientam-se pela teoria e se esta é falha induz o cientista em erro.

Os argumentos apresentados enfatizam que a observação neutra, sem teoria, não existe. 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 senciante 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”. (p.263)

O EMPIRISMO-INDUTIVISMO NO ENSINO DE CIÊNCIAS

De que modo e em que grau a concepção empirista-indutivista da ciência está presente em sala de aula é um assunto aberto à pesquisa. Em livros didáticos, por exemplo, ela é bastante difundida quando se caracteriza o método científico:

*“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)

“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 alli, 1997, p.13)

A disseminação desta visão limitada do trabalho do cientista não se restringe, apenas, a área da Física. Ela também é encontrada em livros de Biologia e Química do Ensino Médio

(Usberco e Salvador, 1997; Marczewski, 1999; Favaretto e Mercadante, 1999) e no estudo de Ciências do Ensino Fundamental (Barros e Paulino, 1997):

“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. O método científico cumpre o seguinte roteiro: Observação do fato, formulação do problema, levantamento de hipóteses, experimentação, análise dos resultados e conclusão”. (Marczewski, 1999, p.19)

*“Investigando algum fenômeno, os cientistas trabalham de maneira organizada, usando um **método científico**. Veremos, a seguir, como pode se desenvolver um método científico. Para facilitar a sua compreensão, tomaremos, como exemplo, o trabalho de Redi, anteriormente descrito. A investigação científica pode começar com a **observação de um fato**: “vermes” desenvolvem-se na carne em decomposição. “Como esses vermes surgiram na carne?” “Será que eles se originam mesmo da própria carne, como muitos acreditam?” Perguntas como essas devem ter sido formuladas por Redi. Ele estava, então, **levantando um problema**, a ser resolvido. “Esses vermes não devem se originar da carne em decomposição, e sim de outros seres vivos.” Com uma idéia semelhante a essa, Redi estava **levantando uma hipótese**, isto é, uma explicação para o problema. Essa hipótese estaria correta? Redi sabia que ela precisava ser testada. Então, **realizou uma experiência**, usando frascos abertos e fechados, onde colocou carne em decomposição. Tirou, então, uma **conclusão**, que confirmou a sua hipótese: os “vermes” não se originavam da carne em decomposição, e sim de moscas preexistentes. Se a conclusão não confirmar a hipótese levantada pelo cientista, ele pode formular novas hipóteses e testá-las até confirmar uma delas. Comprovando a validade de sua hipótese, depois de vários experimentos, os cientistas podem ainda estabelecer um princípio ou lei geral para explicar os fatos observados, isto é, eles formulam uma **teoria**”.* (Barros e Paulino, 1997, p.8)

Tendo como referência “a regra”, “o método” de fazer ciência, a exemplificação de seus componentes é decorrência natural. Deste modo, referindo-se a Galileu, Bonjorno et alli (1999) afirmam que “suas conclusões 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 alli (1985), para explicar que a “Física é uma ciência experimental”, que analisa os fenômenos da natureza, citam, como exemplo, a queda de uma pedra. Os autores descrevem que esse fenômeno é estudado da seguinte forma:

*1º) pela **observação** cuidadosa e crítica do fenômeno no seu local de ocorrência; 2º) 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 espaço, a velocidade, a aceleração da gravidade, o tempo e massa”.
(p.207)

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

Tanto em Bonjorno como em Amaldi (1995), Galileu merece destaque em uma figura cuja legenda o coloca como o fundador do método experimental.

Tendo em vista que o livro didático, usualmente, se constitui na principal 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 a 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 alli, 1998; Harres, 1999; Almeida et alli, 2001).

Harres (1999) evidencia isto em uma pesquisa com 534 professores do Ensino Médio (das quatro disciplinas científicas) e do Ensino Fundamental (1ª a 4ª série, disciplina 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 e que os de Biologia a têm em maior grau. Citando Popper (1987), Harres também destaca como diferem, em geral, os artigos científicos escritos por físicos e biólogos, no que se refere a este assunto. Assim

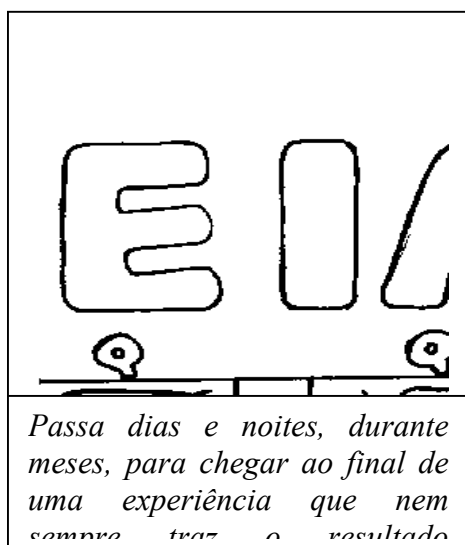
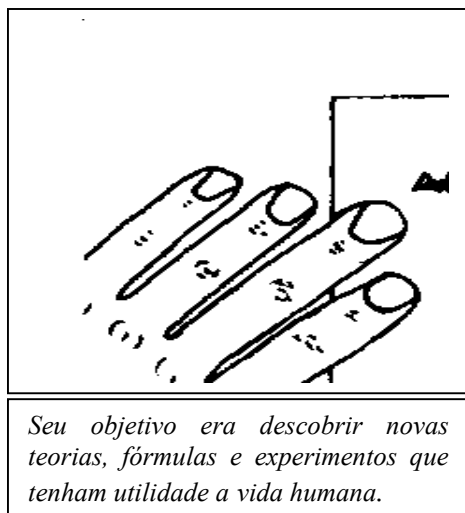
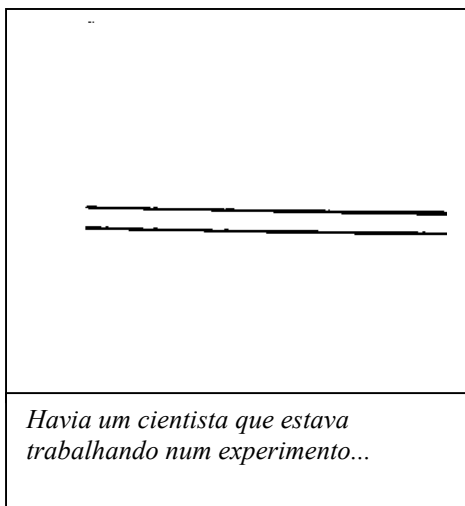
“a concepção relativamente mais empirista comum na área de Biologia, pode ser constatada pela forma como é feita, geralmente, a introdução de artigos escritos por biólogos. Estes apresentam inicialmente os resultados das observações e só depois aparecem as discussões teóricas. Entre os artigos escritos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

Segundo Praia e Cachapuz (1994), *“vai hoje havendo evidências claras de que as concepções dos professores acerca da natureza da ciência e do conhecimento científico e do que é o método, influencia 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 alli, 1998; Harres, 1999; Ostermann e Moreira, 1999).

Como a concepção empirista-indutivista é a que prevalece na prática didática dos professores, em geral, é natural que, em suas classes: utilizem o laboratório como um recurso para desenvolver nos alunos atitudes e habilidades relativas a 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.

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, propôs-se a um grupo de estudantes da 3ª série do Ensino Médio que construíssem uma pequena história em quadrinhos que mostrasse como eles concebiam o trabalho de um cientista. Para desenvolver esta atividade, os alunos dividiram-se espontaneamente em grupos de cinco (em média), em ambientes distantes um do outro. As histórias 1, 2 e 3, a seguir, mostram os resultados obtidos, após três aulas de discussões internas aos grupos.

História nº 1:



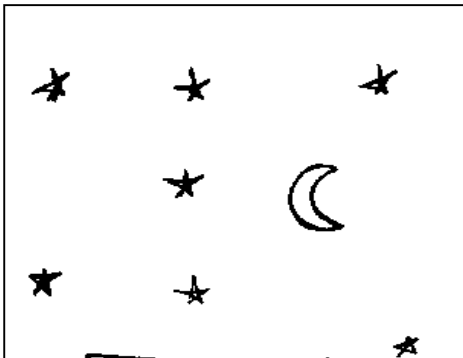
História nº 2:



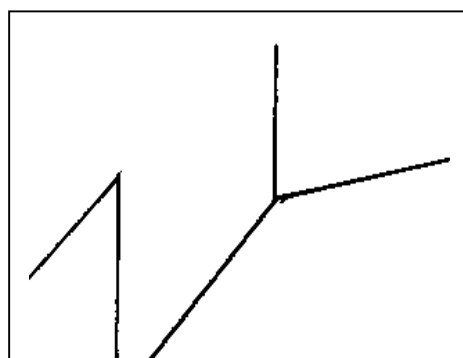
O cientista observa a natureza para formular idéias.



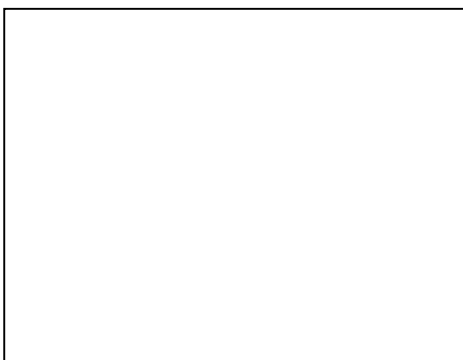
O cientista está pesquisando.



Ele observa o espaço para comprovar seus estudos.

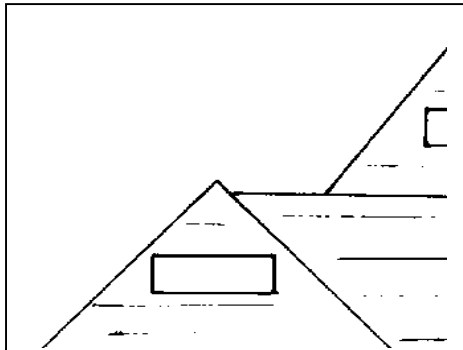


Sala de observações.

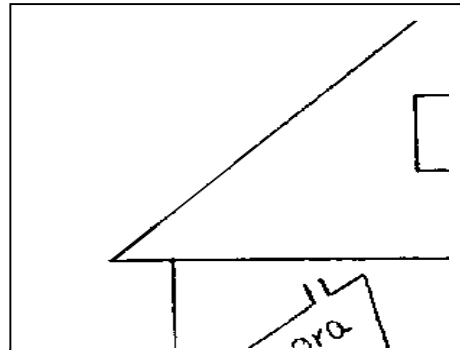


História nº 3:

O cientista está olhando a sua experiência com água quente e gelo para ver o que acontece.



O cientista Eduardo morava em uma casa aparentemente normal, com o laboratório em sua própria casa.



Em seu laboratório passava a maior parte do tempo fazendo experiências e testes de clonagem. Se ele conseguisse clonar um ser humano, iria



Depois de tentar várias vezes, um dia conseguiu clonar um ser humano. Então resolveu procurar alguém para servir de cobaia, encontrou uma mulher e fez uma inseminação artificial nela.



A inseminação artificial deu certo, então se tornou um cientista que entrou para a história do mundo, por ser o primeiro a clonar um ser humano.

Através das representações dos alunos, percebe-se que os estudantes centram o trabalho do cientista no laboratório, envolvendo-se em experiências e observações. O cientista também aparece como um atento observador da natureza. Sempre com os cabelos desajustados, 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 depois em conversas informais de um dos autores com os estudantes, constatou-se que as respostas à questão formulada estavam em grande parte inspiradas em programas transmitidos pelos meios de comunicação. Além de lembrarem de experiências de laboratório realizadas em sala de aula, recordaram-se principalmente de personagens que faziam o papel de cientistas em algumas novelas (como no Clone, em Roque Santeiro e Serafim), ou mesmo de filmes (O jovem Einstein, O óleo de Lorenzo) e também de reportagens de jornais mostrando cientistas em laboratórios, fazendo testes com cobaias, etc.

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.

EXEMPLOS PARA DISCUTIR AS LIMITAÇÕES DA POSIÇÃO EMPIRISTA-INDUTIVISTA

Nesta seção, apresentam-se algumas situações que expõem as limitações da visão empirista-indutivista, e que podem subsidiar discussões que levem o aluno a examinar mais criticamente possíveis idéias relacionadas a esta corrente de pensamento. Os exemplos incluem situações gerais, que não demandam pré-requisitos para a sua compreensão, e específicas, da área do ensino de Física, que exigem um certo aprofundamento teórico em relação aos temas tratados.

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 descobrira 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)

Por outro lado, como enfatiza Hanson (1975), 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”.* (

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 mostram esta subjetividade, como é o caso das conhecidas figuras de perspectiva mutável (fig.1 e fig.2) e também das figuras reversíveis (fig.3, fig.4 e fig.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 a alteração da estrutura daquilo que se observa. Assim, na fig.1, pode-se observar um cubo, ora visto de baixo, ora visto de cima. Já na fig.3, pode-se observar ora uma velha, ora uma moça. Além disso, há também figuras que podem gerar várias interpretações, como na fig.6, em que se pode imaginar diferentes tipos de animais atrelados à árvore.

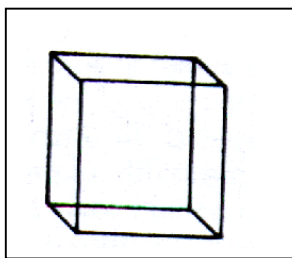


fig.1

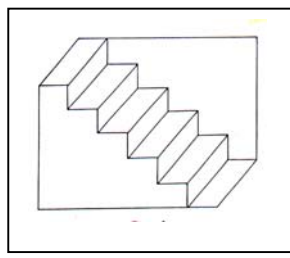


fig.2

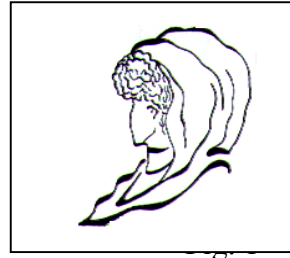


fig.3

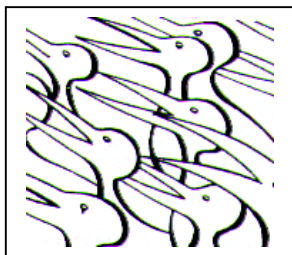


fig.4

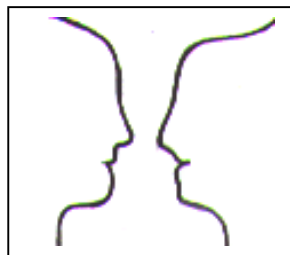


fig.5

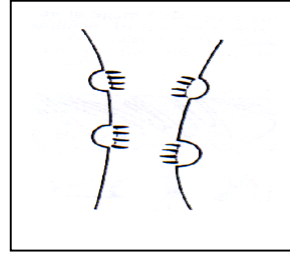


fig.6

A situação descrita a seguir, procura ilustrar que o conhecimento científico não se concilia com a observação neutra. Assim, imagine um crítico em arte e um restaurador visitando a Capela Sistina, em Roma. Ambos olham 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 conhecimentos de história da arte, procurando identificar traços relacionados a luz e sombra, a mensagem que a obra transmite, a 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.

Em relação a 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 precisaria uma criança colocar o dedo em uma tomada de luz para associar esta ação a um indesejável choque? Ou de se jogar resíduos

tóxicos em um rio para concluir que se está envenenando suas águas? Ou de disparar uma arma de fogo sobre uma pessoa para chegar a conclusão de que isto irá feri-la?

A história e a filosofia da ciência, articuladas com estratégias de ensino apropriadas, podem, igualmente, propiciar ao estudante uma visão mais abrangente e realista do trabalho científico.

Os experimentos de Galileu com o plano inclinado, quando referenciados segundo pressupostos empiristas, suscitam generalizações que não expressam, a contento, as particularidades e complexidades do pensamento deste grande cientista. A citação a seguir, por exemplo, está em perfeita sintonia com os preceitos baconianos, como mostra Chalmers, mencionando o que escreve H.D. Davies em “Sobre o método científico”, a respeito do trabalho de Galileu.

“Não foram tanto as observações e experimentos de Galileu que causaram a ruptura com a tradição, mas sua atitude em relação a eles. Para ele, os dados eram tratados como dados e não relacionados a alguma idéia pré-concebida... Os dados da observação poderiam ou não se adequar a um esquema conhecido do universo, mas a coisa mais importante, na opinião de Galileu, era aceitar os dados e construir a teoria para adequar-se a eles”. (Chalmers,1993, p.24,)

Uma análise do trabalho de Galileu junto a queda livre, iluminada por uma filosofia construtivista, mostra que esta passagem não tem sustentação (Peduzzi,1998). Assim, “depois de longas reflexões”, Galileu admite que a velocidade de queda de um corpo deve ser proporcional ao tempo e não à distância percorrida (como pensava anteriormente). Não tendo como medir velocidades instantâneas, Galileu faz uso de um resultado já estabelecido pela cinemática medieval¹ para evidenciar, teoricamente, que em um movimento com aceleração constante as distâncias percorridas por um móvel, a partir do repouso, são proporcionais aos quadrados dos tempos gastos em percorrê-las. Com isto, ele transfere o problema de medidas de velocidades instantâneas para medidas de distâncias, que ele podia fazer. Como a queda livre se dá de uma forma muito rápida, dificultando medidas mais precisas de tempo, Galileu valeu-se do plano inclinado para diluir a rapidez desta descida. A hipótese que fez foi a de que qualquer que fosse a aceleração de um objeto deslizando sobre um plano inclinado o seu movimento seria, assim como o de um corpo em queda livre, um movimento uniformemente acelerado. Esta hipótese parece bastante razoável, pois um corpo que desce um plano com uma certa inclinação está, em termos de variação de velocidade, em uma situação intermediária a outras duas: a que envolve uma superfície horizontal (neste caso um objeto nela colocado em repouso permaneceria aí parado), de um lado, e a que se refere a uma superfície com 90° de inclinação (caso em que o objeto cairia como se não existisse a referida superfície), de outro.

Deste modo, as experiências que Galileu realiza com o plano inclinado cumprem um papel bem claro em seus estudos: o de corroborar um pressuposto teórico de que a natureza se serve de um movimento com aceleração constante na queda dos corpos.

¹ A distância percorrida por um corpo, a partir do repouso, em movimento retilíneo uniformemente acelerado, em um intervalo de tempo $\Delta t = t_f - 0 = t_f$, é igual à distância que este mesmo corpo percorreria em movimento retilíneo uniforme caso estivesse animado de uma velocidade igual àquela do movimento uniformemente acelerado no instante médio do tempo (isto é, em $t_f/2$).

O papel que muitos físicos atribuem à experiência de Michelson-Morley, na gênese da teoria da relatividade especial, por exemplo, contribui para a divulgação da ciência como generalizações que resultam de induções fundadas em fatos.

Millikan (1949, citado em Villani 1981) em um artigo, ilustra a visão empirista-indutivista da ciência quando procura sintetizar a origem experimental da teoria da relatividade especial afirmando que

“A teoria da relatividade especial pode ser considerada ... essencialmente uma generalização a partir do experimento de Michelson ... Descartando todas as concepções a priori sobre a natureza da realidade ... Einstein tomou como ponto de partida fatos experimentais cuidadosamente testados ..., independentemente deles parecerem no momento razoáveis ou não ... Mas este experimento (de M.-M.), depois de ter sido realizado com extraordinária habilidade e refinamento por seus autores, deu a resposta definitiva ... que não existe nenhuma velocidade observável da Terra em relação ao éter. Este incrível e aparentemente inexplicável fato experimental perturbou violentamente a física do século XIX e por quase vinte anos os físicos ... se esforçaram para torná-lo razoável. Mas Einstein nos chamou a atenção: vamos aceitá-lo como um fato experimental estabelecido e tirar as suas inevitáveis conseqüências ... Assim nasceu a teoria da relatividade especial”. (p. 31-45)

Mesmo Bachelard (1949, citado em Villani 1981) que nada tem de positivista, incorre em erro ao superenfatizar o papel e a função do experimento nas idéias de Einstein:

“Como nós sabemos, e foi-nos repetido milhares de vezes ... a Relatividade nasceu da falência do experimento de Michelson ... Parafraseando Kant, podemos dizer que este experimento acordou a mecânica clássica de seu sono dogmático ... Pode um simples experimento do século vinte aniquilar - um sartriano diria nulificar - dois ou três séculos de pensamento racional? Sim, um único decimal é suficiente - como diria o nosso poeta H. de Regnier - para fazer toda a natureza cantar”. (p. 31-45)

Através de cinco entrevistas feitas com Einstein entre 1950 e 1954, abordando diversos aspectos de seu trabalho, Shankland (1963) relata que os resultados experimentais que mais influenciaram Einstein na elaboração de sua teoria foram as observações sobre a aberração estelar e as medidas de Fizeau sobre a velocidade da luz na água em movimento. A experiência de Michelson-Morley só chamou a sua atenção depois de 1905 – “senão eu a teria mencionado em meu artigo” diz Einstein, referindo-se ao seu famoso trabalho de 1905, no qual divulga a teoria da relatividade especial.

Um outro episódio que também envolve Galileu e que ilustra, de forma bastante contundente, que todas as observações “que fazem sentido” encontram-se impregnadas de teorias, é o relativo as diferentes interpretações que Galileu e Christopher Scheiner dão as manchas solares, a partir de seus diferentes referenciais teóricos, o copernicano e o aristotélico, respectivamente (Peduzzi, 1998).

Não conseguindo distinguir um padrão de repetição periódica na disposição das supostas manchas solares, com o passar do tempo, “impedido”, ao que parece, principalmente por suas convicções filosóficas, tal era o seu desejo de “libertar o Sol da ofensa das manchas”(Shea, 1983), Scheiner descartou a hipótese delas se encontrarem no Sol - e, com isso, a

rotação solar. 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.

Os exemplos multiplicam-se e abordados em número e em profundidade compatível com o nível de estudo e grau de interesse do aluno certamente ensejam o debate de idéias e o exercício do espírito crítico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

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 ser disseminadas, entre elas: que existe um método único e infalível de fazer ciência, cuja metodologia é indutiva; que a ciência começa a partir da observação neutra dos fatos, sendo um conhecimento objetivo; que a ciência se relaciona a uma verdade “absoluta”, porque é algo provado; que o desenvolvimento científico ocorre de forma linear e cumulativa.

Conforme enfatiza Porlan et alli (1998), destacando algumas implicações desta postura no processo de ensino aprendizagem,

“a visão do conhecimento científico como algo absoluto, objetivo, acabado, descontextualizado e neutro é um obstáculo epistemológico, um núcleo duro das concepções na terminologia de Astolfi (1993), que impede considerar o conhecimento escolar (e o próprio conhecimento profissional) como um conhecimento epistemologicamente diferenciado e não como uma reprodução enciclopédica, fragmentada e simplificada das disciplinas, e o conhecimento dos alunos como um conhecimento alternativo (e não como erros a substituir pelo significado correto.” (p. 277, tradução dos autores)

Embora pareça indispensável promover a reflexão filosófica no ensino de Ciências, a moderna filosofia da ciência 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.

Os meios de comunicação, em suas diferentes formas e através dos mais variados tipos de programas, que vão 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 tem 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 percepção consciente das mensagens veiculadas por estes meios.

A mudança, tão necessária, certamente passa pela atualização dos currículos dos cursos de formação de professores, com a inclusão de disciplinas de epistemologia e outras afins. Já para o professor em exercício, restam os cursos de aperfeiçoamento, a leitura de periódicos, livros. Contudo, é natural, e esperado, que uma alteração mais drástica em uma rotina de trabalho implique em certas incertezas. Assim, conforme Harres (1999), parece ter sentido afirmar que as concepções sobre a natureza da ciência impregnadas nos professores têm características semelhantes as das concepções alternativas. Isto é, há fortes indícios de que elas são resistentes à mudanças e independentes da experiência profissional. Nesta perspectiva, 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.

A história e a filosofia da ciência permitem reflexões produtivas sobre as limitações da concepção empirista-indutivista da ciência (Zanetic, 1989; Mathewis, 1995; Peduzzi, 2001). Embora os exemplos de conteúdo específico dados neste trabalho tenham se restringido apenas a Física, eles certamente encontram o seu análogo em outras disciplinas, como a Química e a Biologia, podendo ser explorados, em sala de aula, de acordo com a profundidade pertinente ao nível de estudo em que são tratados. Já os de cunho mais geral, possibilitam uma discussão mais livre, mas nem por isto menos importante.

O que, definitivamente, não pode persistir no ensino de Ciências, em geral, é o domínio absoluto e incontestável de uma única visão de ciência. Conforme enfatizam Ostermann e Moreira (1999), é um erro didático e epistemológico ensinar para o aluno que basta observar para descobrir leis e teorias, e que o conhecimento científico é produzido através do método científico.

Certamente, é preciso um professor habilitado e competente para tratar, em sala de aula, das (com frequência) complexas questões relacionadas ao trabalho e ao desenvolvimento científico. Entre os resultados que poderá obter está o de um ensino voltado a uma visão mais real e humana da ciência, que instiga o pensamento crítico e contribui para a construção de uma cultura mais ampla.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMALDI, U. **Imagens da Física**. São Paulo, Editora Scipione, 1995. Volume único. Cap. 1 e 8.

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, 109-119, 2001.

BACON, F. **Novum Organum ou Verdadeiras Indicações Acerca da Interpretação da Natureza**. São Paulo, Editora Abril cultural, 1979.(Trad. José A. R. Andrade), 2ª ed., 231p. (Coleção os Pensadores).

- BAHIA, M. T. **O Empirismo nos Livros Didáticos: Um Convite ao Debate**. Florianópolis: UFSC. Pós Graduação em Ensino de Física. 2001 (Monografia de Especialização)
- BARROS, C.; PAULINO, W. R. A Investigação Científica. In: **Os Seres Vivos**. São Paulo: Editora Ática, 1997, 1º grau-, 50ª ed., Cap. 1, p7-9.
- BONJORNO, et alli., **Física Fundamental**. São Paulo: Editora FTD, 199, volume único.
- BORGES, R. M. R. **A Natureza do Conhecimento Científico e a Educação em Ciências**. Florianópolis: UFSC, Pós Graduação em Educação, 1991. (Dissertação de Mestrado). 235p.
- CHALMERS, A.F. **O que é Ciência Afinal?** São Paulo: Editora Brasiliense, 1993, (Trad. R. Fiker), Cap. I-III, p.23-63.
- COTES, R. O prefácio de Cotes à segunda edição. In: NEWTON, I. **Principia: princípios matemáticos de filosofia natural**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1990.
- FAVARETTO, J. A.; MARCADANTE, C. Com o que lida a Biologia. In: **Biologia**. São Paulo: Editora Moderna. 1999 Volume único, Cap. 1, p.1-5.
- FEYERABEND, P. **Contra o Método**. Rio de Janeiro, 1977. (Tradução S. da Mota e L. Hegenberg) Cap. XIV.
- HANSON, N. R. Observação e Interpretação. In: **Filosofia da Ciência**. São Paulo: Editora Cultrix, 1975. MORGENBESSER, S. (Org.), p. 126-138.
- HARRES, J. B. S. **Concepções de Professores sobre a Natureza da Ciência**. Rio Grande do Sul: PUC, Pós Graduação em Educação. 1999. (Tese de Doutorado). 192 p.
- LAUDAN, L. Teorias do método científico de Platão a Mach. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, Suplemento 1, 1980. P..5-77.
- MAGEE, B. **As idéias de Popper**. São Paulo: Editora Cultrix, 1973.
- MARCZWSKI, M.O Método Científico. In: **Ciências Biológicas**. São Paulo: Editora FTD, 1999, p. 19.
- MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**. v.12, nº 3, p.164-214, 1995.
- MENEZES, L. C. (coord.) Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. In: **Parâmetros Curriculares do Ensino Médio**, Brasília: MEC, 1999, Parte III.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **A Física na Formação de Professores do Ensino Fundamental**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1999. (Coleção Educação Continuada), 151 p.
- PEDUZZI, L. O. Q. Sobre a Utilização Didática da História da Ciência. In: **Ensino de Física: Conteúdo Metodologia e Epistemologia numa Concepção Integradora**. Editora: UFSC, 2001. PIETROCOLA, Maurício (Org.), p. 151-170.
- PEDUZZI, L.O.Q. **As Concepções Espontâneas, a Resolução de Problemas e a História e a Filosofia da Ciência em um Curso de Mecânica**. Florianópolis: UFSC. Programa de Pós Graduação em Educação. 1998 (Tese de Doutorado).

- PENTEADO, P. C. Introdução à Física. In: **Física conceitos e aplicações**. São Paulo: Editora Moderna. 1998, v.1, 1ª ed., Cap. 1, p. 2-8.
- POPPER, K.R. **Conjecturas e refutações**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1982.
- PORLÁN A., et alli. 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. & 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, nº 3, p. 350-354, 1994.
- RAMALHO et alli. Introdução à Física. In: **Os Fundamentos da Física**. São Paulo: Editora Moderna. 1997, v.1, 6ª ed., Cap. 1, p. 11-18.
- ROBORTELLA et alli. Princípios da Dinâmica. In: Física. São Paulo: Editora Ática, 1985. V. 1, 3ª ed., Cap. 9, p. 207- 233.
- SHANKLAND, R.S. Conversations with Albert Einstein. **American Journal of Physics**, v.31, nº 1, p.47-57, 1963.
- SHEA, W.R. **La revolución intelectual de Galileo**. Barcelona, Editorial Ariel, 1983. p.69
- SILVEIRA, F. L. A Filosofia da Ciência de Karl Popper: O Racionalismo Crítico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, v. 13, nº 3, p. 197-218, 1996.
- USBERCO, J.; SALVADOR, E. Método Científico. In: **Química geral**. Editora Saraiva. 1997, 5ª ed., v.1, Cap. 2, p. 20-22.
- VILLANI, A. O Confronto Lorentz-Einstein e Suas Interpretações. Parte I: A Revolução Einsteiniana. **Revista de Ensino de Física**, v.3, nº 1, p.31-45, 1981.
- ZANETIC, J. **Física Também é Cultura**. São Paulo: USP, Pós Graduação em Educação. 1989. (Tese de Doutorado). 252 p.