

Metafísica e teoria do conhecimento: pressupostos epistemológicos de licenciandos em Física e Química acerca do Método Científico

Metaphysics and theory knowledge: Scientific Method epistemological assumptions of teaching students in Physics and Chemistry

José Bento Suart Júnior

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Apucarana
suart@bol.com.br

Sílvia Regina Quijadas Aro Zuliani

UTFPR – Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru
silviazuliani@fc.unesp.br

Marcelo Carbone Carneiro

UTFPR – Universidade Estadual Paulista – Campus Bauru
carbone@faac.unesp.br

Resumo

A Teoria Quântica traz uma série de questionamentos acerca da construção de conhecimento científico, o que é, parte integrante na construção de uma imagem acerca da Ciência em cursos de Licenciatura. Neste trabalho analisa-se o ideário de licenciandos em Física e Química acerca do Método Científico através de uma atividade construída a partir dos problemas epistemológicos impostos pelo princípio de incerteza. O método empregado para o resgate e análise dos ideários é a fenomenologia. O ideário captado mostra um prematuro conjunto de posições que não admitem pressupostos metafísicos claros, abrindo espaço para discussões acerca do processo formativo nos cursos de licenciatura.

Palavras Chave: epistemologia, fenomenologia, método científico, Bachelard.

Abstract

The epistemological impositions of Quantum Theory applies questions about de construction of scientific knowledge. This problems are inside the construction of the science image into Teaching courses. This job brings, beyond a special activity, the phenomenological ideas of Physics and Chemistry teaching students about the epistemology of the scientific method. The ideas shows premature positions without explicit epistemological impositions, what brings discussions about the scenario of teaching training programs.

Key words: epistemology, phenomenology, scientific method, Bachelard.

Metafísica e teoria do conhecimento: pressupostos epistemológicos de licenciandos em Física e Química acerca do Método Científico

Introdução

A Teoria Quântica é uma poderosa ferramenta no entendimento das relações energéticas e estruturais quando se trabalha com a natureza microfísica. Ao observar a compreensão da natureza aos olhos da Química, pode-se constatar diversos conceitos e abordagens que necessitam de elementos da Teoria Quântica, e que em geral fazem parte dos tópicos iniciais em Química quer seja no Ensino Médio ou no Ensino Universitário. Entre eles podemos citar distribuição eletrônica, ligações químicas, geometria molecular e estrutura cristalina. Ao optar por ensinar os conceitos através da estruturação Histórico-filosófica ou utilizando CTSA, levando em consideração os documentos oficiais (BRASIL, 1999) que defendem ainda a interdisciplinaridade e contextualização, percebe-se a necessidade de modificação da visão tradicional de Ciência construída na escola.

Em revisões da literatura referentes ao ensino de Mecânica Quântica Greca e Moreira (2001) e Ostermann e Moreira (2000) se deparam com análises escassas e metodologias geralmente desprovidas de referenciais teóricos. Nos dois levantamentos bibliográficos constata-se a dificuldade de abordagem por parte dos professores no desenvolvimento do tema em sala de aula. Geralmente a complexidade envolvida no que concerne à teoria como desenvolvimento científico-filosófico não é abordada, assim como o desafio epistemológico que é a Mecânica Quântica, quanto à ruptura com os conceitos clássicos, geralmente utilizados nas tentativas de transposição didática.

Assumir a perspectiva histórica se mostra um viés interessante e rico neste panorama. Esta identifica problemas epistêmicos e orienta a busca pelos obstáculos para compreensão dos conceitos (MATTEWS 1995; MARTINS, 2007). Tais obstáculos se apresentam no caminho histórico do Método Científico e da estrutura epistemológica da Ciência e da Teoria Quântica. No entanto, ao analisarmos as consequências da adoção de uma “estruturação quântica” para a Ciência abdica-se da rigidez creditada ao Método Científico, ao dado empírico, e de uma visão determinista de Ciência, tendo em vista o caráter dual do elétron e suas consequências filosóficas (JAMMER, 1966). A Mecânica Quântica representa as limitações de uma concepção de Ciência de senso comum, assim como de seus métodos e crenças mais habituais, abrindo espaço para discussões referentes aos limites do conhecimento humano.

O conhecimento científico se apresenta historicamente como uma dialética entre o processo indutivo e dedutivo, entre a admissão de uma realidade objetiva e as limitações do conhecimento produzido a partir do que se sabe sobre a natureza, entre o Realismo e o Instrumentalismo (SILVA, 1998). A estruturação do método e o desenvolvimento científico, pós Revolução Científica, dão corpo a uma visão determinista de mundo (HENRY, 1997), que se fortalece com a fundamentação da Mecânica Newtoniana. Laplace contribuiu para esta visão em sua obra sobre probabilidades ao supor o denominado “Demônio de Laplace”, uma inteligência suficientemente grande (SILVEIRA, 1993), capaz de conhecer todas as forças da natureza e o estado, em um dado instante de todo os objetos, para a qual então nada seria incerto.

Tal visão caracterizou a Ciência até a segunda metade do século XIX, quando as questões relativas ao método retornaram com o Positivismo, baseando-se na observação e opondo-se

ao racionalismo, ao idealismo, à metafísica, colocando a Ciência como única forma de conhecimento verdadeiro. A Ciência deveria ocupar-se exclusivamente com a “*descoberta de leis descritivas dos fenômenos, devendo, ao mesmo tempo, renunciar prudentemente a qualquer tentativa de descrever causas eficientes ou “modos de produção”*” (LAUDAN, 2000, p. 52).

Mas, os estudos relativos à estrutura da matéria, levantaram aspectos contrários desta descrição física da realidade. A Mecânica Quântica revelava as limitações da observação e da compreensão intuitiva (HEISENBERG, 1987). Cabe ressaltar que, dentro destas limitações, o Princípio de Incerteza corroboraria as limitações de uma descrição exata da realidade através da matemática, ao impor limitações à determinação de valores às variáveis físicas (CHIBENI, 2005). O que se observa é que ele também deteria o cerne do colapso do realismo dogmático, da visão determinista laplaciana, da mecânica newtoniana e dos postulados positivistas. Ao limitar, muito mais que o conhecimento de valores discretos de variáveis, colocaria em xeque o conhecimento sobre a natureza e a natureza do conhecimento.

Bachelard (1991; 1996; 2000), filósofo contemporâneo ao desenvolvimento da teoria Mecânica Quântica, não vê um problema para a Ciência no Princípio de Incerteza. A visão de uma epistemologia dialética se coloca a partir do momento em que, para ele o que teria sido o problema histórico fundamental da construção da Ciência, o embate entre realismo e racionalismo, encontra no *Novo Espírito Científico* (2000) seu apogeu, ou seja, a dialética entre as duas correntes filosóficas. A partir de uma perspectiva histórica, dialética e racionalista, Bachelard, analisa a superação de obstáculos epistemológicos (1996), propondo como o conhecimento científico se desenvolveu como uma negação do conhecimento anterior (1991), rumo a um progresso filosófico dos conceitos científicos.

É de extrema importância que todo o aspecto epistemológico tenha valor nas concepções que cercam os mecanismos de construção da Física e da Química. Desta forma é objeto de estudo deste trabalho é o ideário de licenciandos acerca do Método Científico e as imposições epistemológicas causadas pela Mecânica Quântica quando os mesmos se deparam com um “experimento” (a atividade pedagógica do não) de cunho filosófico que impõe limites à “descrição objetiva da realidade”.

Metodologia

O presente trabalho é um recorte, com foco nos resultados, da dissertação de mestrado “A dialética do conhecimento científico, a prática e a experimentação: uma análise do ideário de licenciandos e sua relação com a epistemologia da ciência moderna” (SUART JÚNIOR, 2010).

O método de pesquisa qualitativa, especificamente a fenomenologia, foi o empregado. Nesta pesquisa optou-se pela utilização da observação participante (MOREIRA, 2002). A Fenomenologia tem ganho paulatinamente reconhecimento como metodologia de pesquisa qualitativa. Toda vez que se queira dar destaque à experiência de vida, o método fenomenológico pode ser adequado. Para Merleau-Ponty a fenomenologia é o estudo das essências que recoloca a essência na existência das coisas. Assim quer-se um retorno às coisas mesmas, ao mundo irrefletido, a busca do contato primeiro e não da explicação segunda advinda da filosofia com suas análises ou da Ciência com suas relações causais (CARNEIRO e GENTIL, 2009).

Através da fenomenologia buscou-se em dois cursos: Licenciatura em Física e Licenciatura em Química, de uma universidade pública na cidade de Bauru/São Paulo, o ideário dos

licenciandos (AFn^o;AQn^o) em relação à uma atividade especialmente desenvolvida, numa abordagem histórico-filosófica e investigativa, que convidava a discutir elementos de filosofia da Mecânica Quântica, epistemologia da Ciência e especialmente as concepções de Método Científico, sua validade, e estrutura frente ao desafio colocado pela Ciência Moderna.

Os alunos da Lic. em Física tem uma disciplina curricular tradicional de Mecânica Quântica e participaram desta pesquisa durante uma aula de Filosofia da Ciência cujo objetivo era discutir o “método científico”. Os alunos da Lic. em Química haviam participado de uma disciplina optativa de Química Quântica e participaram desta pesquisa durante uma aula da disciplina de Estágio Supervisionado. Nesta aula, o objetivo foi discutir as características da Ciência. Os temas discutidos em ambas as aulas estavam contidos nas atividades previstas.

A atividade, denominada “aparato pedagógico do não” constituiu-se de três caixas de madeira lacradas, contendo em seu interior diferentes sistemas. Os sistemas/problemas referem-se às interpretações filosóficas possíveis para o Princípio de Incerteza de Heisenberg propostas por Chibeni (2005). O autor identifica três possíveis interpretações filosoficamente distintas para o Princípio de incerteza: uma puramente estatística, advinda das relações matemáticas (*ensemble* estatístico); a segunda baseada em princípios ontológicos admite a indeterminação em detrimento da natureza ondulatória (a noção de pacote de onda); a terceira concepção, com bases epistemológicas, define a incerteza como uma característica advinda dos limites do conhecimento acerca do sistema a partir da indissociabilidade entre observador e sistema (*Gedankenexperiment* em que objetiva-se enxergar um elétron).

Uma das caixas contém em seu interior uma esfera de isopor que preenche todo o interior da caixa de forma que quando agitada nenhuma resposta se obtenha com relação ao conteúdo da caixa (sistema indeterminado – propriedade ontológica (SILVEIRA, 1993)). Uma segunda caixa contém em seu interior uma pequena esfera que deve permanecer livre no interior do sistema. A interação com a caixa destrói a informação inicial, objeto de estudo (sistema incerto – propriedade epistemológica (SILVEIRA, 1993)). No terceiro sistema temos uma esfera suspensa presa às laterais da caixa por “molas”, de tal forma que quando agitada levemente sinta-se uma vibração, e quando movida num pulso na direção ortogonal “às molas” a esfera possa se chocar com as extremidades da caixa, provocando som (analogia com a natureza dual e com o holismo proposto por Bohr).

Aos alunos foi solicitado que apresentassem um esquema para o Método Científico e que o utilizassem para responder à pergunta: *qual a posição inicial exata da esfera nas caixas?* Ao final, um relatório acerca da atividade foi solicitado. Através da Fenomenologia, partindo-se das reduções fenomenológica e eidética, das descrições realizadas pelos sujeitos foram extraídas as essências, que correspondem à aquilo que retirado do fenômeno o descaracterizam. Os dados organizados através da fenomenologia foram então analisados a luz das proposições epistemológicas do filósofo francês Gaston Bachelard, valendo-se das noções de obstáculo epistemológico, dialética metafísica e do conhecimento científico como atividade racional.

Resultados e Discussão

Os resultados advindos das análises pertinentes às descrições da atividade com a “atividade pedagógica do não” apresentam uma visão dicotômica, não dialética, e permitem encontrar obstáculos epistemológicos, como os propostos por Bachelard (1991; 1996; 2000).

O “Método Científico” para os alunos dos dois cursos possui estrutura. O caminho da Física se mostra prioritariamente indutivista (CHALMERS, 1993), enquanto os alunos da

licenciatura em Química se dividem em caminhos distintos: um em que a experimentação é carregada de hipóteses e outro em que as teorias sucedem dados experimentais.

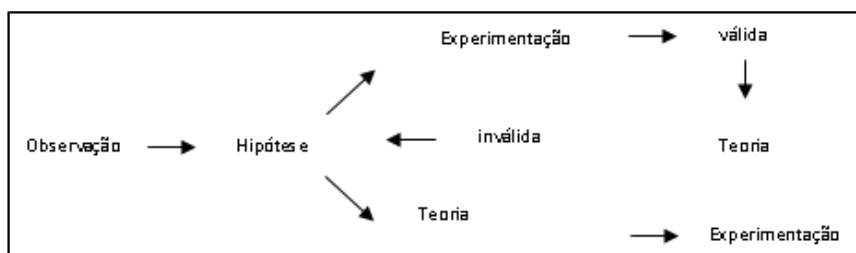


Figura 1 Estrutura do Método Científico para os licenciandos em Química

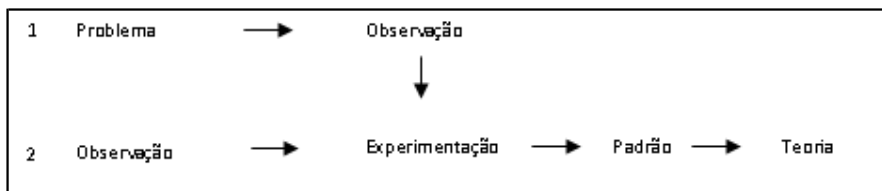


Figura 2 Estrutura do Método Científico para os licenciandos em Física

É importante verificar que AF5 se contradiz defendendo inicialmente uma postura bachelardiana (o conhecimento é a resposta a uma pergunta) para depois esquivar-se da possibilidade de uma observação carregada teoricamente.

AF5: “Essa só foi uma resposta da pergunta que ele colocou, isso aí é um modelo genérico, mas não que as coisas vão ser desta forma.”

AF5: “Ali quando ele começa o método científico pressupõe-se que não exista nada no início, eu não esperava nada no início, eu comecei com observação o que vai ocorrer e a partir daí, anuncia as leis...”

A fala de AF5 revela um caráter oposto ao apresentado por Bachelard, para quem a Ciência admite os pressupostos metafísicos ontologia e epistemologia de forma intrincada e dialética. Assim, se o método não é o exposto por eles, e não se admitem pressupostos metafísicos, que meios são estes de produção do conhecimento? É ao se deparar com tentar aplicar o método sugerido às caixas, que os alunos dos dois cursos denotam impressões de consternação, sugerindo que o problema residiria na abertura das caixas:

AQ6: “Dá um pouco de nervoso não conseguir enxergar dentro!”

AF11: “Quando a gente pega a caixa tinha uma noção de que era Deus, se é que a gente consegue provar, já que tem ou alguns não, mas depois com o tempo, a gente começou a perceber que tem um bendito elástico dentro de uma caixa.”

Para os dois conjuntos de sujeitos o problema é insolúvel, já que as caixas não podem ser abertas. Assim constitui-se um obstáculo epistemológico, a impressão primeira. A experiência imediata, na qual a negação do sentido da visão limita as formas de ação e pensamento, é suficiente para a determinação do sistema e para as proposições acerca do mesmo (BACHELARD, 1996). AQ1 admite que o problema deva ser “analisado”; a atividade pedagógica do não deveria ser desconstruída e reconstruída para um entendimento completo, pois é assim que ele admite o funcionamento da Ciência, cartesianamente.

AQ1: No meu caso por exemplo, se explica. No meu caso, um experimento de medicina, você explicar como um determinado sistema funciona, o que os caras fizeram, antes de pegar, colocar... raio, um monte de aparelho, eles desmontaram uma pessoa inteira, que foi o que aconteceu, testaram até com a pessoa viva, mataram ela, e o fígado funciona desse jeito. Na minha opinião para esse sistema devido a sua complexibilidade, eu só ia conseguir definir exatamente, se eu desmontasse o sistema inteiro, remontasse ele para explicar o sistema inteiro.

Tal posição é questionada por um colega de sala, AQ18, ao expor a ele o problema do estudo da estrutura atômica, sugerindo então, uma analogia para a atividade de desconstrução proposta, que seria uma reinterpretação do Princípio de Incerteza.

AQ18: Como é que você desmonta um átomo?

AQ18: Ele está tentando chegar na mesma ideia do Princípio da Incerteza.

Segundo Bachelard, o método Cartesiano (2000) é redutivo, o que para ele falseia a análise. Ou seja, o problema deveria ser pensado em sua totalidade e não de forma analítica; pensar o sistema desconstruído não fornece o mesmo problema epistêmico que se encontra em sua totalidade. Quando um problema semelhante (limitação dos sentidos) é colocado aos licenciandos em Física, o estudo do calor na termodinâmica, o que ocorre é um processo de negação de tal questionamento:

AF11: “Calor é calor, caixa é caixa.”

Assim, nas duas licenciaturas, depara-se com a impressão de que o problema existe apenas após a enunciação de uma ontologia:

AQ20: Se tem uma posição exata quer dizer que tem alguma coisa dentro da caixa

AF11: Mas quando tem um problema você fala assim: o negócio é o seguinte, aqui tem uma bolinha, você já sabe que você tem uma bolinha, e eu não sei como eu vou definir tal coisa.

Estas falas discordam do posicionamento colocado por AF5 no início da construção do Método. O que não admitia pressupostos, inicialmente, torna-se então analisável a partir de uma ontologia admitida. Enquanto AF5 irá redefinir o objeto de busca da Ciência, AQ7 irá complementar o comentário de AQ1, de que a metodologia construída é falha, pressupondo uma limitação, epistemológica, de ordem maior do que os passos sugeridos como estrutura do método:

AQ7: Mas será que nós estamos usando o necessário pra gente montar isso?

AQ7: Pode ser que ele esteja limitado no nosso pensamento, ou coisa assim..

AF5: É o seguinte, a gente tá pressupondo aí em que a teoria que vai formular, tem que nos dizer uma verdade absoluta a respeito da posição da bolinha. É... modernamente a teoria a gente sabe que não é uma descrição que a gente chamaria aí há uns tempos atrás de uma verdade absoluta, ela é um modelo de descrição da realidade, ela pode ser mais adequada ou menos adequada.

Finalizada a aula, o relatório proposto foi solicitado e entregue pelos alunos 15 dias após a atividade. Ainda que tenham sido solicitada a formação de 3 grupos em cada uma das salas de aula, foram produzidos 4 relatórios na Licenciatura em Química. Os Grupos F1 e F2 não construíram tópicos introdutórios em seus relatórios, assim não admitem explicitamente pressupostos conceituais para o desenvolvimento que se segue nos relatórios. Já o Grupo F3 apresenta uma discussão acerca do indutivismo e da teoria de Popper sobre a Ciência:

Grupo F3: Para o indutivismo ingênuo a ciência, ou o conhecimento físico é obtido por meio de experiências ou observação [...]

Grupo F3: Só o falseacionismo acredita que o conhecimento científico não é obtido por meio de observações sem pressupostos teóricos.

O Grupo Q1 foi o único grupo a não apresentar pressupostos em seu relatório. O tópico denominado “Introdução” reconhece o problema envolvido na “atividade pedagógica do não” de forma descritiva. Os grupos Q3 e Q4 apresentam textos idênticos, retirados provavelmente da mesma fonte de consulta. O grupo Q2 apresenta um texto semelhante. Vale ressaltar os aspectos sociológicos nos relatórios dos Grupos Q3 e Q4, que utilizaram o mesmo excerto, além do Cartesianismo (BACHELARD, 2000) admitido pelo Grupo Q2, ao mesmo tempo em que se admite subjetivação no Método Científico.

Grupo Q3: [...] bem como coloca as hipóteses em um conjunto de conhecimento maior que são as leis e teorias reconhecidas consensualmente pela comunidade científica e/ou o paradigma de seu tempo.

Grupo Q2: O método científico como conhecemos hoje foi o resultado direto da obra de inúmeros pensadores que culminaram no "Discurso do Método" de René Descartes

As impressões finais revelam o desafio colocado pela atividade pedagógica do não. Essencialmente encontram-se nos licenciandos em Física reflexões que admitem limitações epistemológicas para o problema, ou seja, a experimentação destruindo informações acerca do problema como proposto por Heisenberg em sua interpretação epistemológica do Princípio de Incerteza (CHIBENI, 2005). Para os relatórios dos licenciandos em Química verificam-se posições que caracterizam o método proposto como ineficiente, problema epistemológico vivenciado pelos licenciandos em Física, que pode ser resolvido somente por interpretação probabilística e justificado através da insuficiência de dados para a resolução do problema.

Quadro 1 Impressões finais encontradas nos relatórios

Grupo	Impressão final
Grupo F1	Uma questão importante por nós desconsiderada foi o fato de que a posição inicial da bolinha foi perdida desde o princípio, na entrega das caixas. Isso recorda um princípio físico básico que é a interferência da medida no resultado obtido.
Grupo F2	Conforme interagimos com a caixa, "destruímos" o estado inicial do sistema.
Grupo F3	A partir do momento em que pegamos as caixas, modificamos a posição inicial do objeto dentro da caixa.
Grupo Q1	Portanto, a posição exata não se pode determinar, o que se pode determinar é a probabilidade dessa esfera ocupar um certo volume [...]
Grupo Q2	Na presente problematização, não pudemos prever a posição exata da esfera na caixa sem perturbar o meio alterando assim a condição inicial
Grupo Q3	O método utilizado não foi totalmente eficaz [...]
Grupo Q4	[...] não houve subsídios suficientes para que a dedução seja concreta.

As análises possibilitam verificar o potencial da “atividade pedagógica do não” em sala de aula, ainda que este não seja o objetivo deste trabalho. Chama a atenção a ausência de impressões ontológicas acerca do problema, ou seja, qualquer referência à um problema de ordem relativa à natureza do sistema em que a esfera se encontra preenchendo todo o interior da caixa - alusão ao problema ontológico do Princípio de Incerteza. Os resultados encontrados nos mostram que ainda que os pressupostos metafísicos admitidos por Bachelard estejam no ideário dos licenciandos, tais pressupostos não se encontram articulados. As concepções relativas ao método que se iniciam como reflexos do senso comum e culminam num grande desafio frente à “atividade pedagógica do não”, o que revela um ideário confuso.

Conclusões

Para Bachelard, a dialética entre as duas facetas do pensamento humano é o ponto crucial do que ele chama de Novo Espírito Científico. Para o filósofo francês a matemática deixa de ser

mero instrumento e passa a fazer parte desta dialética, em que o conhecimento vai do racional para o real. Frente a um problema cujas estruturas usuais do Método Científico, estruturas de senso comum são confrontadas, os licenciandos revelam ideários que Bachelard seriam característicos dos Espíritos Pré-Científico e Científico. Verifica-se uma Ciência construída de passos bem definidos, calcada na experimentação, e que nega os problemas advindos de uma construção filosófica.

Por fim, ao que tudo indica, reforça-se que: somente a clarificação de pressupostos epistemológicos e a articulação com os conceitos propriamente ditos é que permitirão uma abordagem coerente dos tópicos em Mecânica Quântica.

Referências

- BACHELARD, G. **A filosofia do não**. Lisboa: Editorial Presença, 1991.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.
- BACHELARD, G. **O novo espírito científico**. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio – Ciência da Natureza Matemática e Suas Tecnologias/Ministério da Educação. Brasília: Ministério da Educação/ Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 1999.
- CARNEIRO, M. C; GENTIL, H. S. (Org). **Filosofia Francesa Contemporânea**. São Paulo; Cultura Acadêmica, 2009
- CHALMERS, A. F. **O que é Ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.
- CHIBENI, S. S. Certezas e incertezas sobre as relações de Heisenberg. **Revista Brasileira de Ensino de Física** v.27, 1.2, p. 181-192, 2005
- GRECA, I. M., MOREIRA M. A.. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da mecânica quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências** v.6(1), p. 29-56, 2001.
- HEISENBERG, Werner. **Física e filosofia**. 2ªed. Brasília : Ed. da UnB, 1987.
- HENRY, J. **A Revolução Científica e as Origens da Ciência Moderna**. Rio de Janeiro, Jorge Zahar, 1997.
- JAMMER, M. **The Conceptual development of quantum mechanics**. New York, McGraw-Hill, 1966.
- LAUDAN, L. Teorias do Método Científico de Platão a Mach. **Cad. Hist. Fil. Ci.**, Campinas, Série 3, v. 10, n. 2, p. 9-140, jul.-dez. 2000.
- MARTINS, A. F. P. História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007
- MATTEWS, M. R.. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v. 12, n. 3: p. 164-214, dez. 1995.
- SILVA, M. R. Realismo e anti-realismo na ciência; aspectos introdutórios de uma discussão sobre a natureza das teorias. **Revista Ciência & Educação**, 1998, 5(1), 7–13.
- SILVEIRA, F. L. Determinismo, previsibilidade e caos. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, v10, n.2: p.137-147, 1993.