

O ESTADO DA ARTE SOBRE MODELOS A PARTIR DA FILOSOFIA DA CIÊNCIA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DE QUÍMICA

STATE OF THE ART ABOUT MODELS FROM THE PHILOSOPHY OF SCIENCE AND ITS IMPLICATIONS FOR TEACHING CHEMISTRY

JARISON RODRIGUES BARRETO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
BINHOUFBA@YAHOO.COM.BR

NELSON RUI RIBAS BEJARANO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
NELSONBEJARANO@GMAIL.COM

Resumo

Considerando a importância do uso dos Modelos para a Educação em Ciências e para a Química em especial, um aspecto de suma importância para o entendimento do mundo é a compreensão dos modelos frente às teorias científicas. Neste trabalho, procuramos entender o estágio atual da discussão da filosofia da ciência e da filosofia da química sobre modelos. Busca-se verificar o que pensam os filósofos da ciência sobre o que são os modelos e como essas visões podem contribuir para o ensino de química. Propõe-se realizar o estado da arte sobre os modelos buscando colocar a serviço da formação do professor em ciências. A partir da análise das principais visões dos referenciais, foram consideradas como relevantes algumas implicações para o ensino de química. Dentre as principais visões dos filósofos da ciência sobre os modelos temos: entidades abstratas, sistemas que podem ser construídos a partir da mente humana, representação e construção científica.

Palavras chave: ensino, modelos, filosofia da ciência.

Abstract

Considering the importance of the use of Models for Education in Science and Chemistry in particular, an aspect of paramount importance for the understanding of the world is the understanding of the models in the face of scientific theories. In this work, we seek to understand the current state of the discussion philosophy of science and philosophy of chemistry on models. Seeks verify what philosophers of science think about what models are and how these views can contribute to the teaching of chemistry. Proposes to carry out the state of the art models seeking to put it in the service of teacher training in science. From analysis of the main visions of the references were considered as relevant some implications for teaching chemistry. Among the main views of the philosophers of science about the

models: abstract entities, systems that can be constructed from the human mind, representation and scientific construction.

Key words: teaching, models, philosophy of science.

Introdução

No ensino de ciências, a busca pela compreensão e representação da realidade sempre foi um desafio. Nesse sentido, o termo modelos assume reconhecidamente um vocábulo polissêmico, sendo um dos maiores desafios da filosofia da ciência a partir da década de sessenta – organizar essa polissemia. Segundo Suppe (1989), a palavra “modelo” deve ser utilizada com extremo cuidado, uma vez que ela pode significar algumas coisas diferentes na ciência.

O entendimento sobre o que são os modelos e o que nós podemos conhecer a partir deles em ciências (por exemplo, por mais elaboradas que sejam os modelos, logo das teorias científicas, não podemos afirmar total precisão sobre a natureza atômica e, sobretudo, sobre o seu valor de verdade neste contexto, pois há muito ainda a se conhecer sobre sua estrutura) são questões essenciais para a educação científica. Nesse contexto, propõe-se a reflexão sobre os modelos como um capítulo de qualquer estudo sobre a relação entre a realidade sensível e os procedimentos pelos quais a ciência deriva conhecimento sobre ele. Assim, este trabalho, pretende realizar o estado da arte sobre o que pensam os filósofos da ciência sobre o que são modelos e como essas visões podem contribuir para o ensino e aprendizagem em química – que é uma ciência extremamente modelar. Assim, partindo do estudo inicial do estado da arte, procuramos, neste trabalho, responder as seguintes questões de pesquisa: Quais são as concepções dos filósofos da ciência sobre o termo modelos, ou seja, qual o estágio atual da discussão sobre modelos dentro da filosofia da ciência e da filosofia da química em particular? De que forma as visões dos filósofos podem contribuir para o ensino de química que é uma ciência extremamente baseada em modelos?

Tendo como pressuposto que o ensino de Química é relevante como uma das formas de entendimento do mundo, a necessidade de se buscar respostas para as questões levantadas nesse trabalho convergem para uma melhor compreensão sobre os modelos e seu papel frente às teorias científicas. De acordo Fraassen (1980), a noção de modelo é, de fato, mais conveniente para a interpretação das teorias científicas. Ademais, essa pesquisa tem como objetivos: Identificar as concepções dos filósofos da ciência sobre o termo modelos; buscar entender a polissemia dos modelos das ciências e verificar como as visões dos filósofos da ciência podem contribuir para o ensino de química.

Os Modelos e os Realismos na Filosofia da Ciência

A importância da Filosofia da Ciência para a educação científica tem sido amplamente reconhecida na literatura nas últimas décadas. Nesse sentido, procuramos entender o que a Filosofia da Ciência tem a dizer sobre modelos na ciência, sobretudo, a visão dos realistas e anti-realistas nesse processo. Segundo a ótica do realista, consiste de maneira resumida, a alegação de que as teorias científicas aceitas são descrições aproximadamente verdadeiras da realidade nos domínios respectivos, o que inclui alegações sobre a existência de entidades que não podem ser diretamente observadas, os modelos. Por sua vez, com base em Chibeni (1993), o termo realismo refere-se a uma posição filosófica relativa a classes de objetos, como por exemplo, as entidades não observáveis das teorias científicas. Assim, essas entidades (modelos, por exemplo) têm sido objeto de debate entre realistas científicos e anti-

realistas. Vale salientar, que para algumas correntes do realismo o modelo tem correspondência com a realidade, ou compromisso com a verdade. Em relação ao realismo científico, Fraassen (1980), alega:

A ciência busca fornecer em suas teorias uma descrição literalmente verdadeira de como é o mundo; e a aceitação de uma teoria científica envolve como crença a de que ela seja verdadeira. (VAN FRAASSEN, 1980, p.8)

De acordo com a visão de Fraassen, temos, na atualidade, a mecânica quântica, por exemplo, é uma teoria fundamental e aceita pela maioria dos cientistas das ciências da natureza. Além disso, Fraassen (2007) comenta sobre o realismo ingênuo, existe uma concepção concreta da verdade, ou seja, a real existência de determinadas entidades propostas pela ciência, onde afirma que “ao realista científico a crença de que as teorias de hoje são corretas” (VAN FRAASSEN, 2007, p. 24). Ademais, verifica-se também a existência de formas brandas de realismo – o realismo de entidades e realismo estrutural. Assim, para o realista de entidades, as partículas fundamentais da matéria existem, por exemplo. O seguinte pensamento alega:

... eu não estou preocupada exclusivamente com o que pode ser observado. Eu acredito em entidades teóricas e em processos causais também. Todo tipo de coisas inobserváveis está em ação no mundo, e mesmo se quisermos prever apenas resultados observáveis, ainda teremos de olhar para suas causas não observáveis para obter as respostas certas (CARTWRIGHT, 1983).

Admite-se de acordo com Cartwright (1983), que o realista de entidades acredita na existência das causas (entidades) e que a ciência pode obter conhecimento a respeito dessas entidades (por exemplo, elétrons, etc.) que não são diretamente observáveis. Nessa perspectiva, a autora aponta para a existência do comprometimento dos realistas com entidades inobserváveis. Acredito, baseado na autora, que este compromisso decorre da tentativa de explicação da ciência e de algumas modalidades cognitivas. Ademais, o filósofo, Mário Bunge analisa a função dos modelos na constituição do conhecimento teórico das ciências. Segundo o autor, o caráter teórico do conhecimento serve como medida de progresso científico, mais do que o volume de dados empíricos acumulados. Isso decorre da necessidade de apreender o real. Diante desse contexto, Bunge afirma:

Os modelos são abordados na medida em que se procura relações entre as teorias e os dados empíricos. Por outro lado, os dados empíricos apesar de mais próximos da realidade, não podem ser inseridos em sistemas lógicos e gerar conhecimento. Desta aparente dicotomia entre teórico e empírico, é introduzida a modelização como instância mediadora (BUNGE, 1974, p. 9 apud PIETROCOLA, 1999).

O realismo estrutural (outra versão branda do realismo) é formado pelo realismo estrutural epistemológico e o ontológico. Dentro da literatura especializada, o realismo estrutural epistemológico aponta que todo o nosso conhecimento sobre o mundo está representado pelas teorias científicas; é estrutural, a ciência não nos mostra nada que esteja além da estrutura, ou seja, da “coisa em si”. Já o realismo estrutural ontológico nos diz que tudo aquilo que conhecemos do mundo são estruturas porque as estruturas existem, e nada mais além delas. Entretanto, ao contrário do realista, o anti-realista não se compromete com a teoria, logo também com os modelos. Nesta perspectiva, Silva (1998), menciona que não há estatuto ontológico da existência das entidades. O autor, ainda comenta:

a experiência não pode legitimar a ciência e que a finalidade das teorias não é a verdade, mas apenas uma acomodação das nossas crenças a algum

quadro teórico aceitável, de modo que elas possuam alguma utilidade epistêmica. (SILVA, 1998, p.8)

É fato, o filósofo Putnam afirma que não existe mundo fora da nossa mente. Reforçando tal perspectiva, Putnam (1981), aponta para a impossibilidade do acesso ao real, no sentido de que não podemos avaliá-lo ou descrevê-lo, segundo algumas premissas, ou seja, não existe uma descrição única, completa e verdadeira do mundo. O autor ainda aponta a existência de certo subjetivismo quando julgamos a relação entre teoria e realidade, ele denomina de aceitabilidade racional. De acordo com Putnam (1981), a teoria não é exatamente a realidade, mas o melhor que temos até o presente momento.

Metodologia

Esse trabalho caracteriza-se pela investigação do tipo Estado da Arte sobre os modelos a partir da filosofia das ciências o qual será dividido em dois momentos. No primeiro, é preciso verificar o que pensam os filósofos sobre o que são os modelos dentro da literatura especializada. Para isso, estamos delimitando esse estudo a partir da década de 60, onde há predominância da visão semântica e sintática dos filósofos das ciências sobre os modelos. Posteriormente, diante das principais concepções dos filósofos da ciência, deseja-se inferir no sentido de discutir algumas possíveis implicações para o ensino de química e de modelos visando colocar o estado da arte a serviço da formação do professor. De acordo com Cartwright (1983), aponta que a estratégia da inferência da melhor explicação deve ser limitada a uma inferência das “causas” do fenômeno, uma vez que as causas são inquestionavelmente reais. Portanto, os dados obtidos relativos às concepções dos referenciais teóricos serão coletados por relatos de pesquisa em artigos de revistas científicas, textos e livros a cerca do tema investigado.

Estado da Arte sobre Modelos

Atualmente, o debate sobre modelos têm tido uma repercussão relevante na filosofia da ciência. Nesta perspectiva, uma quantidade significativa de filósofos reconhece a importância de modelos e estão investigando os papéis variados que os modelos desempenham na construção do conhecimento. Este trabalho será realizado por meio de um levantamento de relatos de pesquisas para o estado da arte, através da consulta a artigos de revistas, textos e livros. Entre os referenciais teóricos, destacamos os seguintes autores: Black (1962), Cartwright (1983, 1999), Fraassen (1980, 2007), Hesse (1966), Hempel (1977), Giere (1990), Morrison & Morgan (1999), Nagel (1961) e Suppe (1977, 1989). Esses pesquisadores foram assim adotados, em função de terem realizado pesquisas de grande importância neste campo disciplinar e pelas diversas contribuições de suas pesquisas para a Filosofia da Ciência.

A utilização de modelos tornou-se uma área relevante de análise filosófica. De acordo com a literatura, os filósofos admitem que os modelos podem levantar questões de semântica (função de representação dos modelos), por outro lado, um modelo pode representar uma teoria, no sentido de que ele interpreta as leis e axiomas dessa teoria, a Ontologia (o que são os modelos) e Epistemologia (como podemos aprender com os modelos na filosofia da ciência) que se baseia na forma pela qual os modelos relacionam a teoria bem como suas as implicações para a ciência. Podemos verificar também que existem correntes da filosofia da ciência que entendem o papel dos modelos de diversas maneiras. Nesse sentido, existe uma quantidade significativa de modelo-tipo na literatura filosófica, porém estamos utilizando como fonte para a construção deste trabalho - os modelos da ciência. Inicialmente, visando à compreensão adequada do significado de modelo a partir de uma discussão filosófica, verifica-se que alguns filósofos da ciência defendem a abordagem semântica (concepção operacionalista tanto dos modelos quanto das leis e teorias científicas). Assim,

essa abordagem está mais próxima da forma operacional da qual a autora Cartwright (1999) comenta, as leis científicas são vistas de maneira operacionalista, ou seja, como prescrições do comportamento dos cientistas que desejam construir a máquina nomológica (geraria as regularidades empíricas que as leis científicas descrevem) descrita no modelo.

A abordagem semântica tem início na segunda metade do século XX. O seu nome deve-se ao fato de adotar uma estratégia interpretativa na abordagem das teorias preocupada principalmente com questões como o significado, a referência dos termos da teoria, a verdade entre outras questões, a parte da Lógica chamada Semântica. Tal abordagem consiste em considerar as teorias como famílias de modelos, e não mais como conjuntos de axiomas escritos em uma linguagem formalizada, conforme a abordagem sintática. Contudo, na abordagem semântica, as teorias são, portanto, entidades extralinguísticas (famílias de modelos e não conjunto de proposições). “Os modelos é que ocupam o lugar central”, observa o autor (FRAASSEN, 1980, p. 44). Entre os autores, que defendem essa abordagem Bas van Fraassen, Frederick Suppe, Mary Hesse e Ronald Giere. Segundo Suppe (1989), as teorias científicas devem ser interpretadas como estruturas abstratas que são, segundo o autor, “modelos matemáticos”. Admite-se, essa tipologia de modelos, ser desenvolvida para a prática científica. Assim, por exemplo, em uma situação real e conhecida, o modelo auxilia a elaboração de leis que ali se aplicam. É importante lembrar que os modelos também têm desempenhado um papel central na compreensão da natureza das teorias científicas. Reforçando tal perspectiva, de acordo com Fraassen (1980), os modelos, na prática científica e na prática epistemológica, devem ser utilizados para interpretar as teorias científicas, assim como outros defensores da abordagem semântica, que, diferentemente da abordagem sintática ou axiomática (as teorias científicas não devem ser interpretadas em termos linguísticos), as teorias científicas não devem ser interpretadas como sistemas de axiomas, mas como conjunto de modelos. Isso implica que, as teorias devem ser interpretadas como classes de modelos, enquanto entidades abstratas de situações do mundo real nas quais valem as leis. Em princípio, para os defensores da abordagem semântica, as teorias são estruturas abstratas representadas por axiomas, ou leis, ou relatos e descrições de menor grau de generalidade.

Na literatura epistemológica, Hesse (1966), baseia-se nas ideias de Max Black, entre outros autores. Em seu livro, *Modelos e Metáforas*, Black (1962), o autor apresenta a tipologia de modelos em escala, analógicos, matemáticos e teóricos. No livro, o autor faz distinção entre os modelos em escala e os modelos analógicos. Segundo Black (1962), a principal característica que um modelo em escala tem é que ele é um objeto material icônico, ou seja, ele tem uma relação com a realidade que de certa forma, ele captura alguma qualidade dessa realidade, contudo a relação entre o modelo e a realidade é qualitativa, já o modelo analógico apesar de ser considerado um objeto material e icônico, ele captura uma rede de relações bastante abstratas que é analogia da forma/estrutura. O autor discute sobre os modelos matemáticos como objetos abstratos. Segundo ele, os modelos matemáticos não nos dizem como ou o porquê os sistemas funcionam de tal forma, na verdade, os modelos matemáticos apenas nos dizem como eles se comportam. Por exemplo, tal gráfico mostra o comportamento de uma substância ao ser aquecida em um intervalo de tempo, segundo algumas premissas. Mas se questionarmos: por que é que a substância se comporta assim? Não será no modelo matemático que encontramos a resposta, mas em uma determinada teoria na qual o modelo está inserido. Nesse caso, precisaríamos estudar o que caracteriza uma substância. O autor discute também sobre modelo teórico, segundo ele, são aqueles modelos que os cientistas utilizam na ciência. Para Black (1962), um modelo teórico é abstrato e não precisa ser construído, mas, ao contrário, apenas descrito pelos cientistas que o utilizam, por exemplo, um modelo científico conhecido, o modelo de Bohr. Entretanto, Hesse (1966), por sua vez, introduz o pensamento de que as analogias envolvidas nos modelos científicos são de

três tipos - analogia positiva, quando há aspectos semelhantes entre as duas coisas (exemplo, moléculas de um gás e bolas de bilhar tem massa), analogia negativa, quando não há semelhanças entre as duas coisas (exemplo, bolas de bilhar são coloridas, as moléculas de gás não são) e neutra, quando os aspectos ainda não descobertos, mas que podem ser quando estudamos o modelo. As discussões de Black e Hesse, portanto, convergem para um mesmo ponto, em que consideram os modelos como entidades possuidoras de caráter abstrato/analgico. Pode-se afirmar que a abordagem de Nagel (1961) e Hesse (1966), sobre modelos são realizados de forma semelhantes. Verifica-se que Hesse (1966), utiliza o termo modelo para dar nome aos sistemas que são apenas “imagináveis” ou que podem ser construídos a partir da mente humana. Entretanto, Hempel (1977), sinaliza os modelos como fundamentais nas ciências, pois desempenham um papel essencial no desenvolvimento de novas teorias e na compreensão de novos fenômenos. Assim, modelos como o de Bohr utilizado para o átomo de hidrogênio e o modelo da molécula de DNA, são utilizados pelo o autor para reforçar sua concepção. Segundo Suppe (1989), os modelos possuem o papel de representar tais estados, sendo que a correspondência entre o modelo e o comportamento de um sistema não precisa ser uma correspondência que apresente uma forma idêntica. Retomando a abordagem semântica, outro filósofo da ciência que defende esta abordagem é Giere. O autor, aponta o termo modelo como objeto abstrato e ainda comenta:

Em meu entendimento pessoal da prática científica, o conceito fundamental é aquele de *modelo*. Para mim, os modelos na ciência são entidades fundamentalmente representacionais. Sustento que os cientistas utilizam tipicamente os modelos para representar aspectos do mundo. A classe de modelos científicos inclui modelos físicos em escala e representações diagramáticas, mas os modelos que mais interessam são os *teóricos*. Estes são objetos abstratos, entidades imaginárias cuja estrutura pode ou não ser *semelhante a* aspectos dos objetos e processos no mundo real (GIERE, 1999, p. 5).

Ademais, Giere (1990) e Suppe (1989), discordam de Fraassen (1980), pois, estes autores, defendem uma abordagem realista da semântica. Segundo Giere (1990), os modelos teóricos são entidades abstratas que possuem propriedades que as teorias científicas lhes atribuem e que satisfazem determinadas leis, embora ele utilize como representações. Discutindo a concepção de Giere, o modelo seria uma estrutura cognitiva de algo que confere a eles um papel fundamental na prática científica. Enfim, analisando as principais visões dos filósofos, pode-se obter a seguinte tabela:

Referenciais Teóricos	Visões sobre Modelos
Nancy Cartwright	Modelos - abstração
Van Fraassen	Modelos - interpretar as teorias científicas / entidade abstrata
Frederick Suppe	Modelos - representação/construção científica / entidade abstrata
Ronald Giere	Modelos - entidades abstratas / representações
Ernest Nagel e Mary Hesse	Modelos - sistemas construídos a partir da mente humana.
Max Black e Mary Hesse	Modelos - entidades de caráter abstrato e analógico.
Carl Hempel	Modelos - desenvolvimento de novas teorias e na compreensão de novos fenômenos.

Tabela 1: Relação das principais visões dos referenciais teóricos sobre o tema proposto

A partir das principais visões dos filósofos da ciência, discutiremos algumas implicações que consideramos relevantes para o ensino de química e de modelos. Verifica-se que a maioria dessas visões converge para ideia de modelos, como entidades abstratas. Comentando sobre esse ponto de vista, acredito que seja válido inferir, a partir desse entendimento, no sentido de buscar luzes para contribuir para o ensino de ensino de química e

de modelos. No ensino, isso implica que, enquanto entidades abstratas de situações do mundo real nas quais valem determinadas leis e teorias científicas. Penso que a ideia de modelo como entidades abstratas (por exemplo, átomos, moléculas, etc.) e de acordo, com a maioria dos autores analisados como sendo um aspecto fundamental para o ensino de modelos, aqueles que têm interesse em compreender a Química precisam buscar o entendimento de um mundo submicroscópico para explicar as possíveis realidades do mundo fenomênico. Outra visão dos filósofos que defendemos como um pensamento relevante para o ensino de modelos é a ideia de aceitar os modelos como sistemas que podem ser construídos a partir da mente humana, conforme acordada pela filósofa Hesse. Neste contexto, é necessário que o professor de química discuta a perspectiva de que nenhum modelo é perfeito, pois todos que são utilizados são produtos de construções humanas. Além disso, decorre do fato da impossibilidade de acesso direto à realidade, ou seja, muitos fenômenos químicos que são percebidos no nível macroscópico, entretanto, os conceitos e teorias envolvidos nas explicações desses fenômenos situam-se no nível submicroscópico. Há também outro aspecto que desejo apontar nesse trabalho: A visão de modelo como representação para alguns autores. Afirmo que se deve discutir no ensino de modelos, a ideia de representação. Isso implica que, ela deve ser parcial, contudo, significa que não são reais ou cópias da realidade, possui limitações e que de acordo com Morisson & Morgan (1999), tanto “abstrai a partir de” quanto “traduz em outra forma” a natureza do real do sistema ou ideia. Sugere-se que os docentes repensem a ideia de que, o modelo é apenas uma representação limitada que está utilizada para explicar o fenômeno, e não como evidências cabais de como se apresenta a realidade. Além disso, cabe enfatizar também que enquanto representação, um modelo não é capaz de abarcar todos os aspectos relacionados a uma dada realidade. Consequentemente, modelos apresentam abrangências e limitações. Propõem-se, todavia que tais limitações devem ser discutidas e reavaliadas pelo professor por que não representam, de forma nenhuma, todos os atributos de um fenômeno. Por fim, um aspecto comum entre alguns autores converge para a ideia de modelo como construção científica. Nesta perspectiva, acredito que essa concepção é de grande valia para o entendimento sobre modelos, pois é factual pensar que o progresso científico ocorre, por exemplo, quando os cientistas formulam questões sobre o mundo físico, descrevem, interpretam, testam hipóteses, entre outros.

Considerações Finais

A proposta objetivada por esse trabalho é a de fornecer aos educadores em ciências um estado da arte sobre a importância da discussão filosófica em função da sua implicação para o ensino, sobretudo, para que seus conhecimentos a respeito dos modelos, oriente sua ação, ou seja, para que o ensino de química seja mais autêntico e sirva como apoio para alcançar o objetivo que se deseja. Contudo, proponho também fornecer aos professores em ciências um espaço de reflexão sobre o termo modelos para o complexo processo de ensino-aprendizagem em ciências. Constatei no trabalho um olhar filosófico sobre o tema proposto na tentativa de melhor compreender a complexidade dos modelos da ciência de forma a verificar como as visões dos filósofos da ciência podem contribuir para o ensino de química que é uma ciência extremamente modelar. Verifica-se que a discussão filosófica contribui para o ensino, pois nos apresenta algumas possibilidades, tais como: um entendimento mais autêntico, rico e adequado sobre os objetos científicos (modelos da ciência); pode melhorar a formação do educador, auxiliando-o no desenvolvimento epistêmico da ciência; a conhecer o empirismo da ciência e a aprender para compreender adequadamente o real.

Referências

- BLACK, M. *Models and Metaphors: studies in language and philosophy*. Ithaca and London: Cornell UP, 1962.
- BUNGE, M. *Filosofia da física*, Edições 70, O Saber da Filosofia, Lisboa, 1973.
- BUNGE, M. **Teoria e Realidade**. São Paulo, Editora Perspectiva, 1974.
- CARTWRIGHT, N. *How the laws of physics lie*. Oxford: Clarendon Press, 1983.
- CARTWRIGHT, N. *The Dappled World: A Study of the Boundaries of Science*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1999.
- CHIBENI, S. N. Descartes e o realismo científico. *Reflexão*, n. 57, pp. 35 - 53, 1993.
- GIERE R. N. *Explaining science: a cognitive approach*. Chicago: The University of Chicago Press, 1988.
- _____. *Science without laws*. Chicago: University of Chicago Press, 1999a.
- HEMPEL, C. G. Formulation and formalization of scientific theories. A summary - abstract. In: Suppe, F. (Ed.). *The structure of scientific theories*. Urbana/Chicago, University of Illinois Press, 1977. p. 244-65.
- HESSE, M. B. *Models and analogies in science*. Notre Dame, EUA: University of Notre Dame Press, 1966
- JUSTI, R. S.; GILBERT, J. K. A Cause of ahistorical of teaching: use of hybrid models. *Science Education*, v. 83, n. 2, p.163 - 177, 1999a.
- MORRISON, M.; MORGAN, M. “Models as Mediating Instruments” in Morgan and Morrison, 10 - 37, in Morgan and Morrison (eds.) *Models as Mediators: Essays on the Philosophy of the Natural and Social Sciences*, Cambridge: CUP, 38-65, 1999.
- NAGEL, E. *The Structure of Science*. London, Routledge and Kegan Paul, 1961.
- PIETROCOLA, M. Construção e Realidade: O realismo científico de Mário Bunge e o ensino de Ciências através de modelos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 4, n. 3, p. 213 – 227, 1999.
- PUTNAM, H. *Meaning and Moral Sciences*. London: Routledge & Kegan Paul, 1978.
- _____. *Reason, Truth and History*. Cambridge: Cambridge University Press, 1981.
- SILVA, M. R. Realismo e anti-realismo na ciência: aspectos introdutórios de uma discussão sobre a natureza das teorias. *Ciência & Educação*, 5(1), 7-13, 1998.
- SUPPE, F. (Ed.) *The structure of scientific theories*. 2 ed. Urbana: University of Illinois Press, 1977.
- SUPPE, F. (1989) *The Semantic Conception of Theories and Scientific Realism*, Urbana e Chicago: University of Illinois Press.
- VAN FRAASSEN, B. C. *The Scientific Image*. Oxford, Clarendon Press, 1980.
- _____. *Laws and Symmetry*. Oxford University Press, 1989.
- VAN FRAASSEN, B. C. *A Imagem Científica*. Tradução: Luiz Henrique de Araújo Dutra. São Paulo: Editora UNESP: Discurso Editorial, 2007.