

DA SIMPLICIDADE À CRESCENTE COMPLEXIDADE DOS FENÔMENOS DO MUNDO: A NECESSIDADE DE UM PENSAMENTO MAIS COMPLEXO

José A. Florentino*

RESUMO

Neste artigo, realiza-se uma revisão teórica do surgimento da ciência moderna e os principais aspectos que envolveram a chamada “Revolução Científica” dos séculos XVI e XVII, assim como as transformações ocorridas na concepção de ciência que corroboraram para a solidificação da ciência moderna. Com efeito, o presente estudo tem por objetivo abordar a dimensão histórica do desenvolvimento e das transformações ocorridas no campo científico. Tal abordagem visa mostrar como, ao longo dos séculos, foi sendo construído no interior da ciência o pensamento complexo.

Palavras-chave: Sociologia da ciência e do conhecimento, pensamento complexo, paradigma cartesiano, ciência moderna.

Introdução

Neste artigo, realiza-se uma revisão teórica do surgimento da ciência moderna e os principais aspectos que envolveram a chamada “Revolução Científica” dos séculos XVI e XVII, bem como as transformações ocorridas na concepção de ciência que contribuíram para a solidificação da ciência moderna. Cabe ainda ressaltar, a virada paradigmática a partir dos avanços inevitáveis em diversas áreas do conhecimento científico, tendo em vista a crescente complexidade do mundo fenomênico, instaurando na ciência a necessidade de um pensamento mais complexo.

Contudo, ao falar-se de ciência moderna, julga-se necessário resgatar alguns aspectos importantes no que diz respeito a sua consolidação na sociedade contemporânea. Com efeito, abordam-se aspectos considerados fundamentais, quais sejam: a passagem de uma visão de

* Professor convidado pelo Programa de Pós-Graduação em Pedagogia do Esporte pela Faculdade Cenecista de Osório – FACOS. Mestre em Ciências Sociais pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Endereço para acesso ao CV Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9920039475963778> E-mail: zeflorentino@ig.com.br

mundo medieval, teocêntrica, para uma visão de mundo regido por leis matemáticas e universais; a consolidação do mundo como uma “máquina perfeita”; a crise do pensamento moderno (cartesiano-mecanicista) do início do século XX, o qual contribuiu para uma mudança na maneira de compreender o mundo e de fazer ciência. Para tanto, o presente artigo tem por objetivo abordar a dimensão histórica do desenvolvimento e das transformações ocorridas no campo científico; tal abordagem visa mostrar como, ao longo dos séculos, foi sendo construído no interior da ciência o pensamento complexo.

Com as importantes descobertas em Física no início do século XX, a realidade se apresentava cada vez mais complexa na ótica de muitos cientistas e pensadores. Os fenômenos não mais podiam ser vistos a partir de uma visão de mundo mecanicista. Os avanços inevitáveis do mundo e da ciência, somados aos limites do próprio pensamento moderno, culminaram em uma crise de percepção de mundo. Tal crise manifestava-se na medida em que os fenômenos tornavam-se imprevisíveis, indeterminados, concorrendo para o aparecimento, dentro das mais variadas ciências (Biologia, Cibernética, Física, Psicologia, Ciências Humanas), de um *pensar mais complexo*, colaborando na busca por explicações que fossem mais adequadas para a compreensão do saber científico.

De um modo geral, este novo entendimento de ciência será decisivo na busca por uma epistemologia mais complexa como forma de dar conta das transformações que estavam ocorrendo no mundo e na própria ciência. Dá-se, assim, com a (re)valorização do observador, com o fim das certezas e do determinismo, o surgimento de um “novo mundo” – bem diferente daquele preconizado pela Ciência durante a Revolução Científica dos modernos.

DA VISÃO DE MUNDO ORGÂNICO, ESPIRITUAL À VISÃO DE MUNDO COMO UMA “MÁQUINA PERFEITA”: O (RE)NASCIMENTO DA CIÊNCIA MODERNA

Antes do século XVI a visão de mundo predominante era a orgânica. Já no século XIII, Tomás de Aquino combinou o abrangente sistema da natureza de Aristóteles com a teologia e a ética cristã, estabelecendo uma estrutura conceitual que permaneceu firme durante toda a Idade Média. De um modo geral, esta ciência medieval, baseada na fé e na razão, tinha como objetivo compreender o significado das coisas, sem que, para isso, precisasse predizê-las ou controlá-las. No decorrer dos séculos XVI e XVII, pode ser observada uma mudança na maneira como as pessoas viam e pensavam o mundo. A visão de mundo medieval, orgânico, vivo e espiritual, baseado na filosofia aristotélica e na teologia cristã não estava mais dando conta das inevitáveis transformações que ocorriam neste período (Capra, 1982).

Com a dissolução do Cosmo dissolveu-se, também, a idéia de um mundo de estrutura finita, hierarquicamente ordenado e diferenciado do ponto de vista ontológico¹. Nasce uma idéia de Universo aberto, indefinido e, mesmo, infinito; Universo, este, unificado e governado por leis universais que, de alguma maneira, contrariava a concepção tradicional da Igreja medieval que distinguia e colocava em oposição os dois mundos, quais sejam, o céu e a terra.² Tais Transformações ocorreram graças às descobertas em Física, Astronomia e Matemática que ficaram conhecidas pelo nome de Revolução Científica e associadas a pensadores como Copérnico, Bacon, Galileu, Descartes e Newton (Capra, 1996; Pereira; Gioia, 1994).

No fim da Idade Média, o homem começa a ocupar-se do mundo sem a preocupação de ter que se referir a Deus. Nessa nova visão de mundo, as atenções voltam-se para o ser humano; a relação Deus-homem, tão enfatizada pelo teocentrismo medieval acabou sendo substituída pela relação entre homem e natureza. No século XVI, expandem-se os horizontes geográficos do mundo. A atmosfera intelectual da sociedade no Renascimento e no Humanismo encontra-se em efervescência. Segundo Pereira e Gioia (1994), os acontecimentos vividos no Renascimento contribuíram para o rompimento das idéias do mundo medieval, à medida que a confiança nos velhos caminhos para a produção de conhecimento também se romperam. A fé já não era mais suficiente para se chegar à verdade absoluta e as tradições antigas são contestadas, pairando um sentimento de ceticismo. Em outras palavras, não mais se podia recorrer a Deus como garantia de verdade indubitável.

No que tange ao conhecimento, tem-se uma valorização da capacidade do homem de conhecer e transformar a realidade. Durante esta fase de transição, do medieval ao moderno, o mundo encontrava-se fragmentado, sem um centro de referência, restando ao pensamento ocidental agarrar-se na razão como última instância; para muitos filósofos a razão seria a única forma de reordenar o mundo. Para tanto, a formulação de uma nova visão de Universo exigia o repensar de toda a produção de conhecimento que era feita até então. Tais formulações fizeram parte das preocupações de diversos pensadores que se destacaram nesse período de transição. Pensadores, estes, que ao firmarem um novo conhecimento, abriram um

¹ A Revolução Científica teve início com Nicolau Copérnico e, posteriormente, com Galileu Galilei ao fazer oposição à concepção geocêntrica de Ptolomeu e da Bíblia; Copérnico apresentou sua concepção heliocêntrica em 1543. Após suas descobertas a terra deixa de ser o centro do universo, tornando-se mais um entre tantos planetas que formavam o Universo. Quanto ao homem, foi tirado seu orgulhoso *status* de figura central da criação de Deus (Capra, 1982).

² O ponto central da derrubada do edifício conceitual de Aristóteles iniciado por Galileu e consolidado por Newton consistiu na unificação do céu e da terra; em outros termos, “as leis que governavam os fenômenos terrestres governavam também os fenômenos celestes. Aristóteles com a idéia de quinta essência considerava o ‘céu’ como uma substância perfeita e imutável, isto é, só na terra poderia haver mudanças químicas e físicas como: água, ar e fogo” (Lima, 2006: 156).

novo horizonte no mundo da ciência, a *ciência moderna*, que buscava leis, mais especificamente, leis naturais que permitissem a compreensão do Universo. Tal compreensão se caracterizou pela expressão simbólico-matemática (Pereira; Gioia, 1994; Zilles, 1995).

Nesse sentido, tudo o que já era conhecido ou que pudesse vir a ser conhecido, deveria estar embasado em fundamentos últimos, os quais repousariam a certeza e a garantia de um conhecimento seguro e infalível. Assim, o projeto epistemológico da modernidade instaurado a partir do século XVI, por importantes pensadores como Galileu, Bacon, Descartes, Newton, entre outros, foi marcado pela confiança na existência de uma verdade segura, absoluta e inabalável, em que poderiam ser assentadas as bases do conhecimento verdadeiro. Com isso, a Filosofia e as ciências, de um modo geral, colocaram como tema central a questão do método. Para muitos filósofos e pensadores era preciso a criação de um método que superasse as incertezas e que levasse à verdade toda e qualquer ciência. Nessa busca por uma nova metodologia, duas propostas puderam ser verificadas, são elas: o *empirismo* de Bacon e o *racionalismo* de Descartes. No empirismo a verdade tem por norma e origem unicamente a experiência do mundo dos fatos, sendo um método *aposteriorístico*. Já no racionalismo, a verdade tem por única norma e origem a razão, não havendo a necessidade de recorrer à experiência do mundo dos fatos; este método ficou conhecido como *apriorístico*. Tanto Bacon quanto Descartes dedicaram parte de suas obras a discutir o caminho que lhes conduziria ao verdadeiro conhecimento (Bombassaro, 1997; Zilles, 1995).

Isto posto, o uso da razão, de dados sensíveis e da experiência, em oposição à fé cristã, foram traços que marcaram o pensamento filosófico do período moderno. Vasconcellos (1995) salienta que o projeto da modernidade foi ambicioso, tendo em vista que esta ciência universal buscou estender esse novo padrão de racionalidade a todos os domínios – do universo físico ao mundo social, político e moral. Ao contrário do ideal proposto pela antiguidade, a ciência moderna pretendia oferecer meios para que o homem pudesse superar obstáculos a fim de tornar-se conhecedor e possuidor da natureza, exercendo, por assim dizer, o controle sobre ela.

Em suma, pode-se dizer que essa reconhecida contribuição da ciência configurou-se em uma visão de mundo que se sustentaria a partir de premissas como: a ordem das coisas, a legislação universal, a matemática, a máquina, etc. Não obstante, este entendimento do Universo exerceria influência em outros campos do conhecimento científico, devido, em parte, às conquistas da Revolução Científica do século XVII, com o mecanicismo de Newton e suas leis do movimento (Neves; Neves, 2006).

A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA E A CONSOLIDAÇÃO DA METÁFORA DO MUNDO COMO UMA “MÁQUINA PERFEITA”: BACON, GALILEU, DESCARTES E NEWTON

O Método Indutivo como Forma de Conhecimento dos Fenômenos Naturais: Francis Bacon e a formação do pensamento moderno

Em meio a novos tempos e períodos conturbados, Francis Bacon (1561-1626) defendia o uso da ciência e do conhecimento para controlar e dominar a natureza. Ele não descobriu nenhuma nova lei, entretanto, o que propôs foi uma forma de se chegar a novas teorias, isto é, um método que propiciasse a compreensão correta dos fenômenos naturais. Para Bacon, o bem-estar do homem dependia do controle deste sobre a natureza, conhecendo suas leis por meio do raciocínio indutivo que, na sua visão, levaria o homem a obter uma vida mais “fácil” (Vasconcellos, 2005).

O conhecimento para Bacon (1961) não tem valor em si, desde que possam ser gerados resultados práticos. O conhecimento para ter valor, ou melhor, para cumprir a sua finalidade de se colocar a serviço do homem, deve estar fundado em fatos, numa ampla base de observações (empíricas). O homem tem que estar em contato com a natureza se deseja conhecê-la. A este respeito Bacon afirma que:

Nos resta, pois, um método de exposição único e simples, para levar os homens diretamente aos fatos particulares e às suas ordens e séries, e que eles, por sua vez, se sintam obrigados a renunciar às suas noções e que comecem a familiarizar-se ao trato direto das coisas (Bacon, 1961: 82, afor. XXXVI, tradução nossa).

Isto significa que Bacon (1961) opõe-se a qualquer idéia pré-determinada da natureza e acredita que seu conhecimento só pode ser determinado pela via experimental e não pela via especulativa. Além disso, ao propor a utilização do conhecimento, Bacon deu atenção às *noções falsas* que, segundo ele, impediam o alcance da verdade e a produção de um conhecimento que servisse realmente ao homem, afirmando a necessidade de um instrumento para corrigir tais noções.

Para tanto, são quatro os tipos de erros que o homem pode vir a cometer, segundo Bacon, na produção de conhecimento que, em linhas gerais, são denominados: a) *ídolos da tribo*, que são falhas tanto dos sentidos quanto do intelecto, “tendo seu fundamento na própria natureza humana [...]” as percepções são parciais, não podendo confiar nas informações fornecidas pelos sentidos, senão quando corrigidas pela experimentação (Bacon, 1961: 84,

afor. XLI, tradução nossa); b) *ídolos da caverna*, que são atitudes diante da “experiência que surgem da criação, ou pelo temperamento próprio e singular, ou pela educação dos homens como indivíduos” (Bacon, 1961: 85, afor. XLII, tradução nossa); c) *ídolos do foro*, falhas provenientes do uso da linguagem e da comunicação entre os homens. “[...] as palavras que usamos limitam nossa concepção das coisas [...]” porque pensamos sobre as coisas a partir das palavras que temos para exprimi-las (Bacon, 1961: 86, afor. XLIII, tradução nossa); e, d) *ídolos do teatro*, que são distorções introduzidas no pensamento, advindas da aceitação de falsas teorias, de falsos sistemas filosóficos, “[...] porque creio que todos os sistemas filosóficos criados e propagados até agora são outras tantas comédias compostas e representadas que contém mundos fictícios e teatrais” (Bacon, 1961: 86, afor. XLIV, tradução nossa).

No que tange aos ídolos do teatro, Bacon (1961) faz duras críticas às escolas filosóficas, mais especificamente, à aristotélica e aos seus seguidores pois, segundo ele, há um dogmatismo, uma infecundidade para a produção de resultados práticos que possam vir a beneficiar a vida do homem. Em Bacon, o motivo da estagnação das ciências está na utilização de métodos que não partem da experiência, mas de idéias pré-concebidas que acabam abandonadas em meio aos argumentos. Para ele o melhor caminho estaria na realização de um grande número de experiências ordenadas, das quais seriam retirados os axiomas e, a partir destes axiomas serem propostos novos experimentos. Assim,

na constituição de axiomas por meio dessa indução, é necessário que se proceda a um exame ou prova para verificar se o axioma que se constitui é adequado, e está na exata medida dos fatos particulares de que foi extraído, se não os excede em amplitude e latitude, se é confirmado com a designação de novos fatos particulares que, por seu turno, irão servir como uma espécie de garantia [...] (Bacon, 1961: 147, afor. CVI, tradução nossa).

Dessa forma, o método que Bacon (1961) anuncia e preconiza é o da indução³; no método indutivo baconiano não há conhecimento sem que passe primeiro pelos órgãos do sentido. Segundo Pereira (1994: 195), caberia ainda ao novo método “multiplicar e diversificar as experiências, alterando as condições de sua realização, repeti-las, ampliá-las, aplicar os resultados; verificar as circunstâncias em que o fenômeno está presente, circunstâncias em que está ausente e as possíveis variações do fenômeno”. Para isso, Bacon propõe uma divisão das experiências em três índices, são eles: a) o *índice da presença*, em que são registradas todas as condições que propiciaram o fenômeno o qual se quer investigar;

³ Segundo Pereira (1994), a indução é o processo de eliminação que permite separar o fenômeno que se busca conhecer de tudo o que não faz parte dele na natureza, ou seja, outros fenômenos.

b) o *índice da ausência*, que contém as condições sob as quais o fenômeno não se manifestaria; e, c) o *índice da graduação*, que possui registros das condições sob as quais o fenômeno varia. De certa forma, fica evidente a diferença entre a indução proposta por Bacon e aquela utilizada por Aristóteles, tendo em vista que o mesmo registrava apenas as condições em que o fenômeno se manifestava.

Como último recurso para se chegar a um resultado definitivo, Bacon (1961) propôs o uso de auxílios mais poderosos à razão, isto é, *fatos privilegiados* que se refeririam aos fenômenos mais prováveis de esclarecer o objeto de estudo. Desse modo, a possibilidade ou não de se chegar à verdade – problema que preocupava a Filosofia – era uma questão que teria de ser respondida na prática, ou seja, comprovada e não apenas discutida.

O “espírito baconiano” mudou profundamente a natureza e o objetivo da investigação científica. Na antiguidade, os objetivos da ciência eram a sabedoria e a compreensão dos fenômenos naturais, tudo em nome de Deus; porém, com Bacon o objetivo da ciência mudou, passando a ser a busca por um conhecimento que pudesse ser usado no controle da natureza e de seus fenômenos (Capra, 1982; Pereira, 1994).

Os Fenômenos são Naturais, mas a Linguagem é Matemática: a razão e a experimentação na construção do saber

De grande importância na chamada Revolução Científica dos séculos XVI e XVII, Galileu Galilei (1564-1642) foi o primeiro pensador a combinar a experimentação científica com o uso da linguagem matemática, a fim de formular as leis da natureza, sendo considerado por muitos o pai da ciência moderna. Para Galileu, a Filosofia⁴ estava escrita “no grande livro que permanece sempre aberto diante de nossos olhos, mas que não podemos entendê-la se não aprendermos primeiro a linguagem e os caracteres em que ela foi escrita”. Tal linguagem é a da matemática e os caracteres são todas aquelas figuras geométricas – triângulos, círculos, retângulos, quadrados, etc. (Randall⁵, 1976 apud Capra, 1982: 50).

⁴ Segundo Capra (1982), do período que compreende a Idade Média até o século XIX, a palavra *filosofia* era usada num sentido muito amplo, incluindo em seu significado o que hoje conhecemos como ciência.

⁵ RANDALL, John Herman. **The making of the modern mind**. Columbia University Press, New York, 1976.

Em *Istoria e dimostrazione intorno alle machie solari* de 1613, Galileu ataca o princípio aristotélico da incorruptibilidade do céu, defendendo a hipótese de Copérnico e os princípios metodológicos em relação ao papel do experimento e do raciocínio lógico na construção de um saber. De certa forma, Galileu assumia a posição de que todos os fenômenos celestes deviam ser interpretados por analogias terrestres, indo contra o postulado de Aristóteles das diferenças essenciais. Entretanto, Galileu deixa de criticar a filosofia de Aristóteles para, mais tarde, anunciar suas convicções contrárias às palavras da “Sagrada Escritura”, opondo-se à Igreja católica. Em 1623, Galileu lança uma de suas obras mais polêmicas, *O Ensaaiador*; esta obra ficou conhecida por sua discussão sobre os aspectos metodológicos da construção do conhecimento, defendendo os processos lógico-rationais contra o dogmatismo e a autoridade cristã. No entanto, usando de toda a sabedoria que lhe competia, Galileu atacou a devoção submissa de seus opositores ao declarar que o livro do Universo era escrito em símbolos matemáticos. Porém, como forma de se resguardar de futuras repressões, Galileu defendeu a separação entre fé e ciência. Neste sentido, a Igreja seria soberana em assuntos morais e religiosos e a ciência basearia a construção do conhecimento na experiência e na razão (Gioia, 1994; Rossi, 1992).

O método empregado por Galileu para chegar ao conhecimento baseou-se na observação e na experimentação. No que diz respeito à observação, sua importância deu-se no fato de Galileu ter construído o telescópio, que lhe possibilitou o uso para a observação científica dos fenômenos (Rossi, 1992). Galileu via na observação e na experimentação métodos muito importantes para a construção da ciência, uma vez que tinha como objetivo buscar dados numéricos que pudessem expressar os fenômenos físicos; busca, esta, que se dirigia por suas concepções teóricas. Nas palavras de Lima (2006: 157):

Uma de suas mais significativas contribuições à ciência não está numa descoberta particular, mas no fato de ter reabilitado em novas bases o método experimental, que andava esquecido desde os tempos de Arquimedes [...] o método ‘galileano’ da verificação experimental permitia, inclusive, contrariar toda evidência não controlada, não laboratorial – a conjectura torna-se verdadeira se o experimento concordar com ela.

Os dois aspectos pioneiros do trabalho de Galileu, a abordagem empírica e o uso de uma descrição matemática da natureza, tornaram-se as características dominantes da ciência do século XVII. Não obstante, a revolução do conhecimento iniciada por Galileu serviria de alicerce para a grande síntese newtoniana que ocorreria anos mais tarde⁶.

⁶ Para Lima (2006) o método de Galileu foi tão revolucionário que acabou transformando a ciência em algo novo. Cabe ressaltar que a partir de Copérnico e sua teoria heliocêntrica o modo de ver e pensar a terra (parada e ocupando um lugar privilegiado no cosmos) começa a mudar. No entanto, é com Galileu e seu método DA SIMPLICIDADE À CRESCENTE COMPLEXIDADE DOS FENÔMENOS DO MUNDO

“Penso, Logo Existo”, a Razão como Método Único na Busca por Verdades

Com o filósofo francês René Descartes (1596-1650) a ciência viveu seu momento de expansão e descobertas, passando de uma noção de mundo espiritual para uma noção de mundo como uma máquina. Descartes (1997) acreditava na possibilidade de conhecer e de chegar a verdades absolutas; para tanto, propõe o uso da razão como uma maneira de obter idéias claras e distintas. Esta crença na razão chega a Descartes por meio de um processo em que usa a dúvida como procedimento metódico.

Descartes (1997) parte do princípio de que para se chegar à verdade é preciso duvidar de tudo. Assim sendo, parte do pressuposto de que não se deve ter certeza de nada que não seja indubitavelmente claro e distinto. Descartes passa a duvidar da existência de todas as coisas, principalmente do que é proveniente da via dos sentidos. No entanto, esta dúvida a qual Descartes anuncia, só não podia atingir o pensamento, cuja existência fica evidente pelo simples fato de ter dúvida, isto é, na existência de si mesmo como um ser pensante “*Cogito, ergo sum*”, “penso, logo existo”. A partir daí, Descartes chega à conclusão de que a essência da natureza humana está no pensamento e que todas as coisas que concebemos clara e distintamente são verdadeiras (Capra, 1982; Rubano; Moroz, 1994).

Segundo Descartes (1997), o caminho para o alcance do conhecimento certo da verdade é por meio da intuição evidente e da necessária dedução. É a partir da intuição e da dedução que ele busca dar bases sólidas ao conhecimento científico. Em Descartes, a ênfase dada à razão – método único para buscar verdades – foi uma tentativa de “controlar” o mundo a partir de seu método racional. Se a dúvida, num primeiro momento, foi o ponto inicial para que Descartes pudesse chegar a seus primeiros princípios do qual deriva sua filosofia, o modelo de raciocínio que utilizou para chegar até eles, no entanto, foi o matemático, pelas certezas e evidências que lhe possibilitava. Sendo assim, a sua busca por idéias claras e distintas teve como modelo não o raciocínio lógico, mas o matemático (Rubano; Moroz, 1994).

Em seu *Discurso do Método*, Descartes (1997) indica o caminho que o indivíduo deve percorrer para chegar à verdade. Desse modo, suas regras constituem-se num exercício do processo de descoberta. Além disso, evidenciava a necessidade de uma ordenação, a qual

experimental que uma nova razão se instituíra no mundo, surgindo uma nova forma de obtenção da verdade.

estava presente o raciocínio matemático. E são as leis, ou preceitos deste pensamento que as regras do método ensinam:

O primeiro era de jamais acolher alguma coisa como verdadeira que eu não conhecesse evidentemente como tal [...] e de nada incluir em meus juízos que não se apresentasse tão clara e tão distintamente a meu espírito, que eu não tivesse nenhuma ocasião de pô-lo em dúvida. O segundo, o de dividir cada uma das dificuldades que eu examinasse em tantas parcelas quantas fossem possíveis e quantas necessárias fossem para melhor resolvê-las. O terceiro, o de conduzir por ordem meus pensamentos, começando pelos objetos mais simples e mais fáceis de conhecer, para depois subir, pouco a pouco, como por degraus, até o conhecimento dos mais compostos [...] e o último, o de fazer em toda parte enumerações tão completas e revisões tão gerais, que eu tivesse a certeza de nada omitir (DESCARTES, 1997: 37-38).

Desta forma, a ênfase na dúvida e no modelo matemático como forma de raciocínio é refletida no seu livro *Discurso do Método*, em que, por meio da razão, chegaria a certezas indubitáveis, assim, evitando erros. Em outros termos, o método para Descartes era a maneira que lhe asseguraria o emprego adequado da razão nas suas duas operações intelectuais fundamentais, quais sejam: a *intuição* e a *dedução* (Rubano; Moroz, 1994).

Assim, Descartes criou o método de pensamento analítico, que consistia na redução de fenômenos complexos a fim de compreender o comportamento do todo a partir das propriedades das suas partes. Nas palavras de Capra (1982: 55 [grifo nosso]):

Esse método analítico de raciocínio é provavelmente a maior contribuição de Descartes à ciência. Tornou-se uma característica essencial do moderno pensamento científico e provou ser extremamente útil no desenvolvimento de teorias científicas e na concretização de complexos projetos tecnológicos [...] por outro lado, a excessiva ênfase dada ao método cartesiano levou à fragmentação característica do nosso pensamento em geral [...] e levou à *atitude generalizada do reducionismo na ciência – a crença em que todos os fenômenos complexos podem ser compreendidos se reduzidos às suas partes constituintes*.

Para Descartes (1997), o Universo – aqui inclui-se os seres vivos (sistemas vivos) – era como uma máquina. A natureza funcionava de acordo com leis mecânicas e tudo no mundo material podia ser explicado em função da organização e através da análise de suas partes. Com efeito, este modo de pensar mecânico da natureza tornou-se o paradigma dominante da ciência no período que se sucedeu a Descartes, passando a orientar a observação científica e a formulação de todas as teorias dos fenômenos naturais.

A Mecânica Newtoniana e o Mundo como uma “Máquina Perfeita”

Físico e matemático, Isaac Newton (1642-1727) foi o responsável pela grande síntese da física, pode-se dizer que o paradigma da ciência o qual estamos inseridos é o paradigma newtoniano do mundo como uma “máquina perfeita”. “Com Newton, a ciência moderna, que vinha se edificando em torno da matemática, passa a se edificar em torno das ciências da natureza: a física empírica torna-se o modelo de ciência, o paradigma” (Vasconcellos, 2005: 63).

Anterior a Newton, duas tendências opostas orientavam a ciência, o método empírico de Bacon e o método racional de Descartes. Em seus *Principia*, Newton (1974) realizou uma combinação, uma síntese de ambos os métodos, afirmando que, tanto os experimentos sem interpretação sistemática quanto a dedução a partir de princípios básicos sem evidência experimental, não poderiam conduzir a uma teoria que fosse confiável na busca pelo conhecimento e pela verdade. Segundo Capra (1982: 59): “Newton unificou as duas tendências e desenvolveu a metodologia em que a ciência natural passou a basear-se desde então”. Metodologia, esta, denominada de *mecânica newtoniana*. Em verdade, Newton propôs um sistema geral de mecânica que permitisse explicar – por meio da observação do comportamento da matéria na Terra – os movimentos e os fenômenos. A descoberta de um novo método matemático que permitia converter princípios físicos em resultados quantitativos, verificáveis pela observação e, ao mesmo tempo, chegar a estes princípios físicos pela observação, foi importante para que Newton desse continuidade ao seu trabalho (Gianfaldoni, 1994).

O Universo newtoniano em que os fenômenos aconteciam era o espaço, baseado na geometria euclidiana clássica. Em Newton, o espaço era absoluto e vazio, independentemente dos fenômenos físicos que podiam ocorrer, permanecendo, assim, inalterado. Os elementos do mundo newtoniano que se movimentavam nesse espaço e nesse tempo absolutos eram as partículas materiais, objetos pequenos, sólidos e indestrutíveis de que toda matéria era feita. Para Capra (1982), o modelo newtoniano de matéria era atomístico; Newton considerava a matéria homogênea, isto é, explicava a diferença entre um tipo de matéria e outra através da aglomeração mais ou menos densa e compacta de átomos.

Para Newton (1974), o movimento das partículas era causado pela força da gravidade; ele considerava que tanto as partículas quanto a força da gravidade eram criadas por Deus e, por conseguinte, não estavam sujeitas a uma análise posterior. Na mecânica newtoniana todos os fenômenos físicos estão reduzidos ao movimento de partículas materiais que são causadas por sua atração mútua, ou seja, pela força da gravidade. Força, esta, que é descrita

matematicamente pelas equações do movimento enunciadas por Newton, as quais formam a base da mecânica clássica (Capra, 1982).

Para tanto, foram estabelecidas leis fixas de acordo com as quais os objetos materiais se moviam e acreditava-se que tais objetos poderiam explicar todos os fenômenos observados no mundo físico (Newton, 1974). A maneira como Newton entende o mundo e seu movimento sintetiza uma nova forma de compreender os fenômenos da natureza. Na visão newtoniana não haveria possibilidades de “inventar” nenhuma dessas hipóteses, isto é, causas que em sua opinião podem dar conta dos fenômenos (Bréhier⁷, 1977 apud Gianfaldoni, 1994).

Dessa forma, Newton (1974: 28) não aceita outra causa senão a que poderia ser deduzida dos próprios fenômenos que a cercam “[...] pois tudo que não é deduzido dos fenômenos deve ser chamado de uma hipótese; e as hipóteses, querem metafísicas ou físicas, quer de qualidades ocultas ou mecânicas, não têm lugar na filosofia experimental”. Deste modo, Newton propõe um método de análise e síntese dos dados baseado na matemática e na filosofia natural, onde a investigação de coisas difíceis pelo método de análise deve sempre preceder o método de composição. Assim, a análise consiste em fazer experimentos e observações para, posteriormente, traçar conclusões gerais por meio da indução. Desse modo, não se admite nenhuma objeção às conclusões, senão aquelas que são tomadas dos experimentos ou de outras verdades, uma vez que as hipóteses não devem ser levadas em consideração na filosofia experimental (Newton⁸, 1979 apud Gianfaldoni, 1994).

Este é o método de análise e sua síntese consiste em assumir as causas descobertas e estabelecidas como princípios, os quais possamos explicar os fenômenos que são gerados por estas causas, para assim, provar as explicações (Newton⁹, 1979 apud Gianfaldoni, 1994). Sem nenhum constrangimento, as teses newtonianas implicam que se soubéssemos as posições e as velocidades de todas as partículas do Universo em um determinado momento, bem como todas as forças envolvidas, era possível, em princípio, prever com todos os detalhes o futuro. Sendo assim, torna-se clara a visão mecanicista do mundo por parte de Newton; visão, esta, predominante em nosso pensamento ocidental. Segundo Gianfaldoni (1994), este método durou séculos: as hipóteses deduzidas dos fenômenos, a observação como critério para a produção e aceitação de conhecimento; a possibilidade da quantificação dos fenômenos e, por fim, a utilização de análise e síntese por meio da indução como forma de explicar os eventos naturais.

Capra (1982: 61 [grifo nosso]) salienta que:

⁷ BRÉHIER, Émile. **História da filosofia**. São Paulo: Mestre Jou, 1977, tomo II, v. II.

⁸ NEWTON, Isaac. Óptica. In: NEWTON. **Os pensadores**. São Paulo: Abril Cultural, 1979.

⁹ Ibid., 1979.

Todo o universo foi posto em movimento [...] como uma máquina, governado por leis imutáveis. *A concepção mecanicista da natureza está, pois, intimamente relacionada com um rigoroso determinismo, em que a gigantesca máquina cósmica é completamente causal e determinada.* Tudo o que aconteceu teria tido uma causa definida e dado origem a um efeito definido, e o futuro de qualquer parte do sistema podia – em princípio – ser previsto com absoluta certeza, desde que seu estado, em qualquer momento dado, fosse conhecido em todos os seus detalhes.

A partir deste momento, não se poderia mais pensar em um mundo regido por leis divinas e, tampouco, os fenômenos físicos poderiam ser explicados através da presença de um Deus onipotente. Na ciência moderna a figura do divino acaba desaparecendo por completo da visão científica do mundo; há uma secularização, que tem como base, conforme Capra (1982: 61): “A divisão cartesiana entre espírito e matéria”. Divisão, esta, que teve como consequência a concepção de mundo como um grande sistema mecânico o qual poderia ser descrito de forma clara e objetiva sem a intervenção de um observador e, tal descrição objetiva dos fenômenos tornou-se o tipo ideal para toda a ciência moderna. Para tanto, poder-se-ia afirmar que o mundo como uma máquina perfeita, regido por leis matemáticas, foi completado de maneira triunfal por Newton, cuja mecânica newtoniana foi a grande síntese que coroou a ciência do século XVII com louvores.

A “REALIDADE” DOS FENÔMENOS É MAIS COMPLEXA DO QUE SE ESPERAVA: A CRISE DO PARADIGMA MODERNO CARTESIANO-MECANICISTA E O CONFRONTO COM O CAOS, O INDETERMINISMO E A INCERTEZA

As Descobertas em Física e as Conseqüentes Transformações no Conhecimento Científico e Social

A ordem, palavra-chave da ciência moderna triunfou soberanamente estendendo seu domínio entre os séculos XVI e XIX. Com Galileu, Descartes e Newton, ficou estabelecido que o Universo e suas estrelas obedecem a uma estrita lei mecânica. Uma lei em que “o peso dos corpos, o movimento das marés, a rotação da lua em volta da terra, a rotação da terra em volta do sol [enfim] todos os fenômenos terrestres e celestes obedecem [...]” (MORIN, 2003: 51[grifo nosso]). Nesse Universo não há espaço para a desordem, a degradação e, tampouco,

para o caos; pelo contrário, tudo se mantém na mais perfeita ordem. Ordem, esta, que é soberana, absoluta e imutável às leis da natureza.

Para Ruelle (1993), a ambição do pensamento ocidental sempre foi a de controlar, na medida do possível, a natureza e seus fenômenos. Desde Newton a preocupação da mecânica estava centrada em dizer como o Universo evolui ao longo do tempo, para isso a mecânica newtoniana pretendia descrever a evolução temporal dos sistemas físicos. Por outras palavras, a mecânica de Newton pregava uma imagem determinista do mundo, uma vez que se pudesse ser conhecido o estado do Universo num instante inicial seria possível determinar seu estado em qualquer outro momento. Este é o dilema do pensamento moderno, a questão do tempo, do determinismo. Segundo Prigogine (1996: 9): “A questão do tempo está na encruzilhada do problema da existência e do conhecimento”.

De um modo geral, pode-se referir a questão do tempo e do determinismo como sendo originária das primeiras formulações da Física na segunda metade do século XIX e início do século XX, período em que vários acontecimentos sucederam-se, acarretando várias transformações. Segundo Saint-Sernin (1998: 99-100):

Enquanto o tempo da física matemática permanecia no essencial, como em Platão, uma ‘imagem móbil da eternidade’, ou como fora enunciado por Newton, ‘o tempo absoluto, verdadeiro e matemático’, impunha-se a idéia da irreversibilidade de certos processos, inspirada pela reflexão sobre o calor; e o tempo, que ‘por sua própria natureza corre uniformemente sem nenhuma relação com algo externo’, foi substituído por um tempo despedaçado, complexo, orientado; em segundo lugar, esfumou-se a esperança de reconstruir os equilíbrios ou as evoluções de conjunto a partir de leis aplicáveis, sobretudo, aos fenômenos elementares; as leis estatísticas, começando pela teoria cinética do gás e prosseguindo pela mecânica quântica, tomavam parcialmente o lugar das leis deterministas da mecânica clássica; finalmente, a relatividade restrita e, mais ainda, a relatividade geral vieram dar um brilho novo à explicação geométrica e à idéia de forma.

A partir do século XX, o mundo não podia mais ser visto como uma máquina perfeita regido por leis e cálculos; o paradigma simplificador, da ordem, da simetria, da regularidade, da adequação, começa a entrar em crise. Não se poderia mais ver os fenômenos no mundo de uma maneira linear. A este respeito Mariotti (2000) salienta que até meados do século XX, a maior parte das ciências tinha como modo de conhecimento a redução – do conhecimento de um todo pelo conhecimento das partes que o compõe –, como conceito-chave o determinismo¹⁰. No entanto, com os avanços inevitáveis e a crescente complexidade¹¹ advinda

¹⁰ As leis da natureza enunciadas pela física newtoniana são da esfera de um conhecimento ideal que alcança a certeza. A natureza é apenas um autômato que podemos controlar; a novidade, a escolha, a espontaneidade são traços relativos apenas ao nosso ponto de vista (Prigogine, 1996).

¹¹ A palavra complexidade vem do grego *complexus*, que significa, o que é tecido junto. A complexidade, de acordo com Morin (2005), é um tecido de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas: ela coloca a contradição do uno e do múltiplo.

da ciência e demais áreas do conhecimento científico, começaram as buscas por respostas para a compreensão de muitas questões que estavam sendo formuladas:

A questão do tempo e do determinismo não se limita às ciências, mas está no centro do pensamento ocidental desde a origem do que chamamos de racionalidade [...] assistimos hoje ao surgimento de uma ciência que não mais se limita a situações simplificadas, idealizadas, mas nos põe diante da complexidade do mundo real, uma ciência que permite que se viva a criatividade humana como a expressão singular de um traço fundamental comum a todos os níveis da natureza (Prigogine, 1996: 14).

Nas primeiras décadas do século XX, a física moderna ficou marcada pelas brilhantes descobertas de Albert Einstein¹², em especial, por sua “Teoria Geral da Relatividade” que acarretou mudanças importantes nos conceitos de tempo e espaço. Outra conquista importante da Física foi a descoberta dos átomos; os físicos acabaram descobrindo fenômenos relacionados aos átomos, os quais eram inexplicáveis à luz da Física clássica.

De acordo com Crespi e Fornari (2000), descobertas em Física, tais como: a “Teoria do Campo Eletromagnético” de Maxwell; as “Leis da Termodinâmica”; a elaboração da física dos *Quanta* de Max Planck; a “Teoria da Relatividade” de Einstein; e, a “Teoria Atômica” de Niels Bohr, mostravam que as leis que, até meados do século XIX, serviam para interpretar os fenômenos macroscópicos, descritos pela mecânica newtoniana, não poderiam ser aplicadas às dimensões microscópicas que estavam se manifestando no interior da estrutura *complexa* do átomo e nos fenômenos conexos, ou seja, interligados a ele. Estava, assim, sendo dado grande passo a uma nova visão de mundo, a um novo paradigma; paradigma, este, da *complexidade dos fenômenos*.

Esta dificuldade em lidar com fenômenos (complexos) advindos de experiências atômicas e subatômicas levou os cientistas a refletirem sobre a natureza e sobre o Universo. Pela primeira vez, estava posto à Física o desafio de entender o Universo e o intrigante paradoxo exposto pela natureza a cada experimento novo que se sucedia. Os conceitos, a linguagem e toda a forma de pensar eram inadequados para descrever os fenômenos que ocorriam naquele momento. Dessa forma, no interior do pensamento científico estava se tornando evidente a necessidade e, porque não dizer, a coexistência de modelos teóricos diferentes para cada fenômeno que fosse estudado (Crespi; Fornari, 2000).

¹² Em dois artigos publicados em 1905, Albert Einstein introduziu duas tendências revolucionárias no pensamento científico. A primeira foi a teoria especial da relatividade; a segunda, um novo modelo o qual considerava a radiação eletromagnética, que se tornaria característico da teoria quântica, a teoria dos fenômenos atômicos. Dez anos mais tarde, Einstein propôs a sua teoria geral da relatividade, ampliando a estrutura da teoria especial, passando a incluir também a gravidade em seus estudos (Capra, 1982).

Segundo Capra (1996), desde Newton, a Física acreditava que os fenômenos poderiam ser reduzidos às propriedades de partículas materiais rígidas e sólidas. Contudo, foi na década de 1920 que, após muitas tentativas, os físicos perceberam e aceitaram o fato de que os paradoxos com os quais se deparavam constituíam um aspecto essencial da física atômica e que os mesmos surgem sempre que se tenta descrever os fenômenos atômicos a partir dos conceitos da Física clássica. Desse modo, a solução encontrada pelos físicos estava na “Teoria da Incerteza”, de Werner Heisenberg, que consistia em expressar as limitações dos conceitos clássicos através de uma linguagem matemática precisa. Segundo Gribbin (1988: 113):

Um aspecto importante do princípio de incerteza – e que nem sempre é destacado como merece – é o de não se aplicar ao passado e ao futuro de forma idêntica [...] as relações de incerteza mostram-nos ser impossível o conhecimento simultâneo de posição e quantidade de movimento, pelo que o futuro é imprevisível [...] o futuro é forçosamente incerto. Não sabemos para onde caminhamos. Mas o passado está perfeitamente definido. Sabemos de onde viemos. Parafraseando Heisenberg, podemos, em princípio, conhecer o passado em todos os seus detalhes.

Após a conclusão dessa formulação matemática – da nova *teoria quântica* –, uma nova visão de mundo começa a surgir, em contraste à concepção de mundo mecanicista. Os fenômenos são complexos, a *realidade se tornava aos “olhos” dos cientistas, complexa*. A “nova Física” exigiu profundas mudanças nos conceitos de espaço, tempo, matéria e relações de causa-efeito¹³. Fica evidente, neste momento que as noções de tempo e de espaço não são mais pensadas como absolutas, mas, sim, postas em relação a um observador que *observa uma dada realidade*.

Com efeito, na teoria da relatividade de Einstein a velocidade de um corpo e a simultaneidade de dois fenômenos depende dos métodos utilizados pelo observador. Einstein demonstrava que nenhum fenômeno poderia ocorrer fora do sistema de referência que o releva, isto é, o próprio observador que o observa. “Todavia, não devemos pensar que a ‘relatividade’ seja sinônimo de ‘arbitrariedade’”. De fato, a relatividade mostra as leis intransponíveis do sistema de referência dentro do qual se dá uma determinada observação do fenômeno” (Crespi; Fornari, 2000: 173). Não obstante, a objetividade dessas leis remete a um princípio de subjetividade do conhecimento; subjetividade, esta, que servirá, posteriormente, ao *princípio de verificação dos positivistas lógicos*.

De certa forma, tais avanços permitiram ao conhecimento moderno ver a fragilidade em que estava sendo assentado todo o seu conhecimento. O Universo deixa de ser visto como

¹³ Se na mecânica clássica com suas leis de causa-efeito os fenômenos eram previsíveis, com as descobertas de leis indetermináveis e da incerteza, já não era mais possível prever de maneira determinista os fenômenos postos na realidade.

uma máquina para ser descrito como um todo dinâmico e indivisível em que tudo está interligado e interdependente. Nas palavras de Lima (2006: 159, [grifo do autor]):

A ciência do século XX resultou das formas novas de ver o mundo, a natureza, o Cosmos. A primeira veio da digitalização da matéria e da energia, átomos e *quanta*, uma digitalização que deixou apenas umas poucas ‘ondas’ perdidas agitando-se em sua esteira no mundo físico, biológico e social. A segunda, adveio da necessidade vital de enfrentarmos o determinismo e da idéia de que não podemos absolutamente prever resultados, pois, dadas as quantidades iniciais das imensas partículas e ondas informacionais e simbólicas e mesmo seu complexo processo de auto-organização, encontramos, no mundo físico e social, uma auto-organização independente de nossos desejos determinísticos.

Com base no que foi descrito, ao longo dessa seção procurou-se mostrar as transformações ocorridas no mundo e no conhecimento científico, em parte, graças às profundas descobertas em física, o que proporcionou uma virada paradigmática rumo a um pensamento mais complexo. Em outras palavras, um mundo determinado, regido por leis imutáveis não mais podia ser concebido; os fenômenos apresentavam-se complexos, indeterminados, recursivos. Desse modo, a atividade científica deixa de ser uma simples aplicação de conceitos rígidos de matemática e de princípios mecanicistas para, acima de tudo, ser um instrumento em prol da construção do seu objeto de análise por meio da seleção de fatores e das relações entre fatores (recursividade), tendo por base critérios relativamente contingentes. Sendo assim, a ciência deixa de refletir passivamente o real para proceder,

[...] através de hipóteses e princípios que não dependem totalmente da experiência, mas, conforme a formulação de Einstein, são criações livres do pensamento, cuja validade, como já dizíamos, é relativa ao sistema de referência dentro do qual o pensamento se explica. Esta forma de conceber o conhecimento científico altera profundamente o próprio conceito tradicional de *causa*, na medida em que a presença de um princípio seletivo, conexo com um sistema particular de referência, mostra que aquilo que é assumido vez por vez como *causa de um fenômeno* é na realidade apenas um conjunto de condições indispensáveis, mas não suficientes, para explicar o próprio fenômeno. Isso significa que as condições podem justificar um certo grau de *probabilidade* a respeito da ocorrência de um determinado fenômeno, não porém de *leis certas e imutáveis* (Crespi; Fornari, 2000: 175-176 [grifo dos autores]).

É importante ainda frisar que esta crise do paradigma dominante (cartesiano-mecanicista) é resultado de múltiplas causas, sejam elas sociais ou teóricas, sendo que o limite desse pensamento científico é, de certa forma, fruto do seu próprio avanço no conhecimento. Com propriedade, Neves e Neves (2006: 186 [grifo nosso]) afirmam que dá-se início à retomada do caos, da incerteza, do observador e da própria complexidade, tendo repercussão

em outras esferas do conhecimento, “da Biologia às Ciências Humanas, *elevando a teoria da complexidade à categoria de paradigma*”.

Algumas Considerações Sobre o Debate Epistemológico no Interior da Ciência Moderna

Tendo em vista os recentes avanços na ciência e o crescente quadro de complexidade que apresentava a realidade empírica no mundo, no final do século XIX e início do século XX, muitos pensadores, entre eles físicos, matemáticos e filósofos, viram-se obrigados a rever algumas premissas no que se refere ao conhecimento, reformulando, por assim dizer, o conceito de *objetividade* do saber científico. A partir desse momento se desenvolve “um debate articulado no qual o *neopositivismo* ou *empirismo lógico* assumiu um papel de primeiro plano” (Crespi; Fornari, 2000: 176 [grifo dos autores]).

O neopositivismo, empirismo lógico, ou ainda positivismo lógico¹⁴, que consolida toda uma tradição “dura” da ciência moderna nasceu com a fundação, na cidade de Viena, do *Wiener Kreis* ou Círculo de Viena, em 1929¹⁵, tendo em Moritz Schlick, sua principal figura tornando-se, posteriormente, líder do Círculo de Viena. Não obstante, o positivismo lógico tem sua origem nas inúmeras contribuições teóricas, quais sejam: o monismo metodológico do positivismo de Auguste Comte; o fenomenalismo de Ernst Mach; o desenvolvimento da lógica e da filosofia da matemática de Alfred Whitehead e Bertrand Russell; e, por fim, a Teoria do Significado de Ludwig Wittgenstein, em seu *Tractatus Lógico-Philosophicus*. Cabe salientar ainda os estudos em filosofia da ciência realizados por Pierre Duhem e Henri Poincaré em que buscaram encontrar novos fundamentos para o conhecimento, uma vez que grandes transformações no campo científico estavam ocorrendo, tendo em vista as revolucionárias descobertas em Física, principalmente, por Einstein (Bombassaro, 1997; Crespi; Fornari, 2000; Zilles, 2006).

De um modo geral, os representantes do positivismo lógico tiveram como preocupação romper com algumas idéias do positivismo clássico, principalmente com o *positivismo dos dezenove* de Auguste Comte. Em Comte, a ciência não tinha por tarefa explicar a natureza dos fenômenos postos no mundo; no entanto, com os avanços da física de Newton, a experimentação e a observação permitiam a Comte a busca pelo conhecimento verdadeiro. O positivismo lógico, de certa forma, procurou libertar a Filosofia da concepção metafísica.

¹⁴ Durante esta seção adotou-se as três formas conhecidas de denominar a corrente epistemológica empirista do Círculo de Viena, são elas: *neopositivismo*, *empirismo lógico* e *positivismo lógico*.

¹⁵ O positivismo lógico era formado por cientistas das áreas das ciências ditas exatas, sendo que muitos deles eram físicos, contudo possuíam grandes interesses por filosofia e por epistemologia.

Seus representantes inspiravam-se no empirismo das obras de David Hume; para ele, todo o nosso conhecimento é originado na experiência (Zilles, 1974). Seguindo neste mesmo caminho, tem-se Mach que utilizou-se do fenomenismo agnóstico de Hume para criticar o positivismo clássico. Em Mach o objeto das ciências são nossas mais puras sensações, que não correspondem e nem podem representar um objeto externo; para ele, as coisas são apenas nomes, ou mesmo, parte de um simbolismo, à medida que se designa os complexos particulares das sensações. Mach adotava como postura científica o criticismo empírico, em que o conhecimento de fatos científicos é obtido através dos órgãos do sentido. A ciência para o autor, em último caso, deveria ser apenas uma descrição das sensações (Magee, 1986). “Assim, o positivismo constitui-se em um fenomenismo, uma vez que os fatos conscientes foram reduzidos a sensações materiais” (Rodrigues, 1999: 51).

Com efeito, se a física newtoniana teve papel inspirador ao positivismo clássico, da mesma forma, inspirou-se o positivismo lógico através da física de Einstein. Einstein tinha recebido forte influência de Mach, o que contribuiu para que os positivistas vissem, tanto na teoria da relatividade quanto nos trabalhos sobre física quântica, justificativas para o enfoque positivista lógico, tendo em vista que uma das principais características dos trabalhos de Einstein consistia no postulado da verificação (Crespi; Fornari, 2000; Magee, 1986).

Conforme Crespi e Fornari (2000: 176), as teses fundamentais que envolviam os positivistas lógicos giravam em torno da tentativa de elaborar – através de instrumentos da lógica matemática – “uma concepção científica do mundo (*Wissenschaftliche Weltauffassung*), que possibilite a formulação de uma ‘ciência unificada’ (*Einheitswissenschaft*) [...]”. Esta ciência unificada abrangia, por exemplo, as diversas áreas do conhecimento científico: Física, Matemática, Ciências Naturais e Psicologia. Segundo os autores, tal concepção de ciência e de mundo era uma tentativa de superação do “positivismo ingênuo” do século XIX, em que persistiam teorias metafísicas que acabavam prejudicando a própria legitimidade de tais teorias.

Para tanto, teóricos como Wittgenstein e Schlick tentavam dar fundamentos à dimensão do saber científico a partir de elementos originários da experiência, a fim de mostrar como o problema do significado do conhecimento não podia prescindir de dados básicos vindos do sentido, isto é, da observação. Segundo Ayer (1981), Wittgenstein teve forte influência sobre o positivismo lógico do século XX; pupilo de Bertrand Russell, Wittgenstein publicou na década de 1921, em Viena, o seu *Tractatus Lógico-Philosophicus*, que “teve uma enorme influência sobre o movimento positivista, tanto em Viena como em outras partes; não

resultaria totalmente correto dizer que o Círculo de Viena se inspirou nele” (Ayer, 1981: 10, tradução nossa). Não obstante, para Schlick o fundamental era que a Lógica, a Matemática e as ciências empíricas esgotassem por completo o domínio de um conhecimento dado, uma vez que a Lógica e a Matemática fornecem, no seu entendimento, instrumentos capazes de descrever a experiência. De certa forma, as idéias de Schlick iriam servir de base para o Círculo de Viena; na perspectiva do autor as constatações acerca da experiência subjetiva e presente que adquirimos, constitui um sólido fundamento que, por sua vez, sustenta todo o conhecimento empírico. A Filosofia tradicional, para tanto, é vista como um projeto impossível (Zilles, 2006).

Crespi e Fornari (2000) salientam que o princípio da verificação tão importante para os positivistas baseava-se na convicção de que apenas a correspondência entre uma proposição e um fato (observado) tornava o conhecimento verdadeiro. Zilles (1974: 166) complementa que o postulado da verificação indicava que “proposições não-verificáveis empiricamente carecem de sentido. Ora, os juízos metafísicos nunca poderão ser verificados por fatos. Portanto, carecem de sentido, ou seja, de toda a significação cognitiva”. Era este, por assim dizer, o “núcleo duro” da obra *Tractatus*, de Wittgenstein.

Segundo Crespi e Fornari (2000: 178):

No *Tractatus* emerge com clareza o fato que a metafísica deve ser limitada não propriamente por ser falsa, *mas* por se colocar como um *corpus de proposições carentes de significado*. De fato, as proposições da metafísica são proposições só na aparência. [...] o significado de uma afirmação depende da possibilidade de averiguar se a mesma é verdadeira ou falsa – se é averiguável ou contestável –, mostrando a existência ou a inexistência do fato que a afirmação enuncia. A metafísica, porém, na sua pretensão de superar a experiência, dá lugar a afirmações que não podem ser averiguadas, caindo em uma insignificância radical. E isso acontece porque a metafísica não controla a própria linguagem, ignorando as leis que estão na base da construção da linguagem científica.

Conforme Rodrigues (1999), para Wittgenstein e Schlick a Filosofia não devia ser considerada uma doutrina, mas, sim, uma atividade. No *Tractatus*, o método correto em Filosofia era livrar as proposições metafísicas levantadas pela ciência, e demonstrar a carência de sentido. Isto acontecia porque a obra *Tractatus* não dava espaço para proposições filosóficas, ficando todo o campo do discurso restrito a enunciados formais, assim nada restava a ser tratado pela Filosofia. Tanto Mach quanto Wittgenstein e Schlick posteriormente, pensavam que todo o enunciado podia ser traduzido em um enunciado referente aos dados sensíveis, aos dados imediatos da observação. “De fato, o sentido de uma proposição é justamente o método da sua constatação” (Crespi; Fornari, 2000: 179). Por

outras palavras, a Filosofia não poderia pronunciar-se a respeito da existência ou não de alguma coisa, uma vez que na visão dos autores ela deveria ser entendida como um procedimento metodológico apto para assegurar a possibilidade de averiguação dos eventos científicos.

Assim sendo, os positivistas lógicos, em contraposição ao positivismo clássico, buscaram realizar uma crítica de seu método, formulando uma epistemologia partindo de suas próprias premissas, gerando, assim, uma incongruência metafísica não no sentido do que se poderia conhecer, porém no que poderia ser dito (Ayer, 1981). A acusação contra os metafísicos era baseado no fato de que as regras de um enunciado não poderiam ser violadas, devendo satisfazer o princípio da verificação caso fossem realmente significativas. Para tanto,

[...] o Círculo de Viena incorporava o princípio básico da filosofia empirista e positivista, que afirmava somente ser possível o conhecimento em se partindo da experiência com o imediatamente dado e servia-se da análise lógica da linguagem como método filosófico [...] Neste sentido, as principais preocupações dos membros do Círculo de Viena constituíam um amplo programa de investigação que incluía, entre outros, *a aplicação de conceitos científicos; a exigência de verificabilidade dos enunciados; a procura de critérios de significado empírico e a conseqüente recusa da metafísica; a superação da distinção entre as ciências da natureza e as ciências humanas, através do recurso à tradução geral para a linguagem da ciência unificada etc* (Bombassaro, 1997: 27 [grifo nosso]).

Não obstante, as teses defendidas pelo positivismo lógico eram centradas na afirmação de que a Filosofia consistia numa atividade que deveria tornar clara as idéias, os conceitos e os métodos mediante a análise lógica, contribuindo para o estabelecimento na epistemologia, de um *rigor metodológico para a investigação*. Isto posto, esta exagerada confiança neste tipo de proposta filosófica, que pretendia reduzir o mundo aos enunciados científicos, acabaria por conduzir o próprio movimento neopositivista ao fracasso. Entre seus maiores críticos está Karl Popper¹⁶; Popper é o principal responsável pelas críticas ao Círculo de Viena e ao seu modo de fazer ciência.

Para Popper, os problemas da epistemologia estavam centrados na lógica da investigação, no critério de demarcação e na objetividade científica. Segundo Crespi e Fornari (2000: 186), a objetividade das ciências, para Popper, não consistia em assumir de imediato os fatos postos no mundo, mas “na tensão que pode existir entre as nossas conjecturas cognitivas e a realidade que consideramos ser constituída pelos fatos”. Neste sentido, toda

¹⁶ Popper é o principal responsável pelo movimento de auto-renovação do empirismo lógico, conhecido na historiografia da epistemologia como *racionalismo crítico*. Não obstante, tal situação fez de Popper um autor que pode ser visto de duas formas: ao mesmo tempo em que defende os princípios do empirismo, também realiza duras críticas ao Círculo de Viena (Bombassaro, 1997).

teoria parte de uma escolha, ou seja, da formulação de problemas e de hipóteses; para tanto, não se pode pensar a mente como sendo uma tabula rasa, porém como uma tabula plena, nunca se esquecendo de que *a observação é sempre carregada de expectativas teóricas* – trazemos conosco sempre uma pesada carga teórica ao irmos ao mundo empírico –, portanto nunca é orientada de *forma neutra*.

Popper (1972) recusava-se em aceitar a lógica indutiva como faziam os membros do Círculo de Viena pois, para ele, o indutivismo como método, não garantiria a validade dos enunciados científicos. A solução, na visão do autor, estaria na lógica dedutiva a qual possibilitaria uma avaliação segura dos enunciados científicos. Para isso, empreende um trabalho de reconstrução lógica que o leva a questionar o critério de demarcação proposto pelo positivismo lógico. Contrário ao princípio de averiguação, Popper faz valer o critério de falsificação que, de acordo com Crespi e Fornari (2000), não deve ser visto como neopositivista (como critério estabelecido de significados das proposições), mas, sim, como um critério de demarcação entre o saber científico e o saber de caráter não-científico.

Assim sendo, Popper (1972) passa a defender a falseabilidade como critério legítimo de demarcação entre ciência e não-ciência. Desse modo, uma teoria poderia ser considerada como científica se pudesse ser falseada pela experimentação. Ou seja, toda a teoria para ser considerada científica deve ter a capacidade de ser *refutada*, não havendo mais um estatuto de verdade para a ciência. Por fim, quanto ao critério de objetividade, na opinião de Popper, o conhecimento deveria possuir uma base empírica que consistisse em enunciados básicos; a objetividade científica baseia-se, portanto, na tradição crítica, no intercâmbio e nas trocas sociais da comunicação recíproca das observações realizadas pelos cientistas. Dessa forma,

o cientista não deve se submeter à crença errônea de que a ciência possa levar, de alguma forma, à certeza de uma explicação final. Tal crença, de fato, implicaria uma atitude extremamente grave, publicando hipóteses que fossem falsificadas, cometendo desse modo um crime contra a ciência. Entretanto, a possibilidade de falsificação é o destino inevitável de todas as hipóteses (Crespi; Fornari, 2000: 187).

Com efeito, mesmo com as críticas contundentes de Popper com relação aos *problemas da epistemologia*, os ideais empiristas continuaram firmemente. A ciência moderna, em sua versão tradicional, caracterizou-se pelo positivismo lógico que tinha como objetivo criticar o método até então utilizado pelo positivismo clássico do século XIX. De um modo geral, a finalidade dos positivistas lógicos era a de efetuar uma síntese do empirismo que pudesse livrar a filosofia das ocas especulações da metafísica ao fundamentar firmemente todo o conhecimento na experiência (Bombassaro, 1997).

De maneira sucinta, pode-se afirmar que os principais elementos que caracterizaram o pensamento positivista lógico da primeira metade do século XX e, por conseguinte, toda a ciência moderna, em linhas gerais, foram: 1) a idéia de um método único para a investigação científica; 2) o reducionismo filosófico com o estabelecimento por parte das ciências naturais de um ideal metodológico que fosse usado para medir o grau de desenvolvimento das outras ciências, entre elas, as ciências humanas; 3) o princípio da verificação e o abandono à metafísica; e, 4) a causalidade que consistiria na consideração de casos individuais sob leis hipotéticas gerais da natureza.

Como pôde ser averiguado ao longo desta seção o positivismo lógico tinha como objetivo eliminar de toda a ciência a concepção metafísica. Entretanto, para que isso fosse possível, os lógicos reduziram toda a Filosofia a uma teoria da ciência criando, por assim dizer, uma filosofia científica. No entanto, avesso aos posicionamentos do positivismo lógico do início do século XX, tem-se as manifestações teóricas ocorridas a partir da década de 1950. Para Giddens e Turner (1999), o primado dos empiristas lógicos caiu por terra quando começou a sofrer pesadas críticas. Dentre os representantes dessa nova tendência, destacam-se nomes como os de Thomas Kuhn, Stephen Toulmin, Imre Lakatos, Paul Feyerabend.

Segundo Giddens e Turner (1999), no lugar da tendência neopositivista surgiu *uma nova filosofia da ciência*, também conhecida como *tendência histórica*, que rejeitava as inúmeras teses das visões anteriores¹⁷. Esta nova concepção filosófica tinha como maior preocupação os elementos históricos da epistemologia e a revalorização da ontologia e da metafísica. Além disso, os autores descartavam a idéia de que poderiam existir observações que fossem isentas de teoria, enquanto os sistemas de leis dedutíveis já não são mais exaltados como o tipo ideal de explicação científica. A crítica que sofreu o positivismo lógico estava baseada no fato de que a epistemologia formulada por eles “era *excessivamente simplista*, pois ao analisar o conhecimento científico pelos seus enunciados lógicos *deixava de considerar a ação dos homens que faziam à ciência e o modo pelo qual essa ação se realizava*” (Bombassaro, 1997: 32 [grifo nosso]).

Dessa maneira, para os representantes dessa nova corrente filosófica, a percepção na ciência dependia de certas pressuposições sobre o objeto observado. Isto significaria dizer que

¹⁷ Mesmo que a “nova filosofia da ciência” não tenha escrito manifestos, como fez os positivistas lógicos, a partir do Círculo de Viena, as principais propostas dessa “nova filosofia” podem ser vistas através de obras, tais como: *The Structure of Scientific Revolutions*, de Kuhn; *History of Science and its Rational Reconstructions*, de Lakatos; *Human Understanding*, de Toulmin; e *Against Method*, de Feyerabend. Segundo Bombassaro (1997: 32): “longe de representar um conjunto monolítico de assuntos e alternativas, essas obras constituem a própria diversidade teórica que caracterizava a ‘tendência histórica’”.

o conhecimento prévio e a crença são constituintes da observação e do significado que é atribuído àquilo que se observa. Para os teóricos da epistemologia histórica a tese da invariância do significado proposta pelos positivistas lógicos não poderia mais ser sustentada, “pois a história da ciência revela a ocorrência de mudanças radicais no conhecimento produzido pela investigação científica” (Bombassaro, 1997: 33).

De certo modo, os princípios do monismo metodológico e a idéia de uma ciência unificada acabaram sendo contestados pela *nova filosofia da ciência*. Com Feyerabend em seu livro, “Contra o Método” (1989), esses princípios sofreram duras críticas. Para ele, não há um método para fazer ciência, assim sendo nada mais restava senão a tendência ao favorecimento de um *anarquismo metodológico* que, segundo Feyerabend, seria capaz de superar a exigência abstrata e metafísica de conceder à ciência a possibilidade de fundamentação universalista. Com efeito, o que se começa a perceber é uma mudança quanto à questão referente ao método na ciência, em outras palavras, começa-se a perguntar não mais por *um método*, porém passa a se perguntar por *métodos*. Dessa forma, não há mais espaço para a redução da ciência ao estatuto baseado no espírito do monismo metódico positivista¹⁸.

Não cessando as críticas relacionadas ao positivismo lógico do início do século XX, cabe salientar ainda as críticas que foram disparadas por Lakatos no que diz respeito ao critério de demarcação. Bombassaro (1997) comenta que a proposta de Popper no que tange o critério de falseabilidade era vista por Lakatos como sendo insubsistente, tendo em vista que para Lakatos nenhuma proposição factual poderia ser comprovada a partir da experiência. Da mesma forma, são as teorias científicas mais admiráveis que falham ao proibir qualquer estado observável de coisas. Portanto, Lakatos (1982) procura mostrar a fragilidade do critério de Popper, ao utilizar exemplos históricos, afirmando que a atitude adotada pelos cientistas não obedecia a nenhum princípio de falseacionismo. Tal fato leva Lakatos a considerar a própria história da ciência como sendo falsificadora do falseacionismo popperiano.

Lakatos (1982) propõe uma nova metodologia a qual denomina de *programa de investigação científica*, que tem como objetivo não isolar as teorias, mas, sim, que elas possam vir a servir de avaliação para uma série de outras teorias. Não obstante, embora criticasse o falseacionismo popperiano, Lakatos reconheceu que a crítica produzida por Popper corroborou para dar um fim ao ideal *justificacionista* de racionalidade clássica.

¹⁸ Stephen Toulmin, em seus estudos, aponta para a necessidade de recusa aos modelos teóricos fornecidos pela Física e pela Matemática, adotando como modelo teórico categorias de análise advindas de teorias evolucionistas (Bombassaro, 1997).

Poder-se-ia dizer que, com a tendência histórica observa-se uma mudança de posicionamento, tendo em vista a revalorização da metafísica¹⁹. Neste sentido, teve papel fundamental para esta mudança os estudos históricos de Kuhn, principalmente, a partir da publicação de seu livro, “A Estrutura das Revoluções Científicas” de 1962, que constituiu-se numa verdadeira *revolução na teoria da ciência moderna*. Em Kuhn (2000), a verdade não era mais um critério de distinção entre as teorias, passando a ter um novo marco para a história científica ao relatar a transitoriedade das chamadas verdades científicas. Kuhn, ao contrário de Popper, parte de concepções epistemológicas relativistas, afirmando que existem variáveis não estritamente racionais na produção do conhecimento científico e que são justamente elas que permitem compreender as mudanças da ciência. Não obstante, Kuhn muda o enfoque metódico para a história da ciência, desenvolvendo os conceitos de *ciência normal*, *revolução científica* e *paradigma*. De acordo com o autor:

a) “‘Ciência normal’ a pesquisa firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica como proporcionando os fundamentos para sua prática posterior” (Kuhn, 2000: 29).

b) “[...] consideramos *revoluções científicas* aqueles episódios de desenvolvimento não-cumulativo, nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior” (Kuhn, 2000: 125 [grifo nosso]).

c) “[...] ‘paradigma’ é usado em dois sentidos diferentes. De um lado, indica toda a constelação de crenças, valores, técnicas, etc..., partilhadas pelos membros de uma comunidade determinada [...] que chamaremos de sociológico” (Kuhn, 2000: 218).

Em “A Estrutura das Revoluções Científicas”, Kuhn faz referência a um conjunto de metas elevadas que, no seu entender, forneceriam aos cientistas uma percepção de mundo e um conjunto de regras que lhes permitiriam realizar suas atividades de modo mais eficiente. Dessa forma, ao lançar seu livro e, conseqüentemente, seu conceito de *paradigma*²⁰, Kuhn (2000) constrói um importante marco de críticas ao indutivismo e ao falseacionismo de Popper.

Segundo Crespi e Fornari (2000), o positivismo lógico sofreria outro duro golpe em suas bases, no que diz respeito: primeiro, a existência de uma base empírica neutra; segundo,

¹⁹ Conforme Bombassaro (1997), os estudos epistemológicos de Kuhn e Lakatos demonstram, de certa forma, uma preocupação com a questão da revalorização da metafísica. O próprio Lakatos afirma que as decisões metodológicas tomadas pelos cientistas ao desenvolverem seus *programas de investigação* estão comumente ligadas a um plano de fundo metafísico. Em Kuhn, a defesa em relação à metafísica parte do uso de seu conceito de *paradigma*.

²⁰ Kuhn (2000) coloca que, nos diversos momentos históricos e nos diferentes ramos da ciência, há um conjunto de crenças, visões de mundo e de formas de trabalhar, reconhecido pela comunidade científica, configurando o que ele denomina paradigma.

a importância exclusiva da justificação; e, terceiro, ao caráter cumulativo do conhecimento científico. Kuhn vai de encontro ao positivismo lógico, tendo em vista que seus conceitos (ciência normal, revoluções científicas e paradigma) eram contrários a visão de conhecimento cumulativo e de neutralidade do pesquisador. Tais conceitos iriam, conforme Rodrigues (2005: 100 [grifo do autor]): “[...] possibilitar uma verdadeira revolução no próprio *estudo social do conhecimento e da ciência*”. Dessa forma, se a discussão central se baseava na gênese social do conhecimento e na questão da validade teórica do conhecimento, o conceito de paradigma formulado por Kuhn, a princípio tornava o debate epistemológico da época mais acirrado.

Para tanto, cabe ressaltar algumas contribuições teóricas de Kuhn, quais sejam: 1) o fim da hegemonia da tradição positivista lógica; 2) a colaboração com a alternativa de Popper – falseacionismo – como único critério para a demarcação entre ciência e não-ciência; 3) a ajuda com relação ao desenvolvimento de uma epistemologia de *orientação hermenêutica*, fazendo manifestar-se diversas correntes orientadas para o estudo social da ciência (Rodrigues, 2005).

Esta nova concepção de ciência trazida pela *nova filosofia* e, principalmente, pelas posições teóricas de Kuhn, destaca de maneira brilhante o caráter contingencial dos conteúdos da ciência, oferecendo às ciências, em geral, e às ciências sociais uma ampla reflexão no que se refere à contínua busca por uma definitiva epistemologia analítica que pudesse dar conta dos avanços inevitáveis no mundo e na ciência (Rodrigues, 2005). Além disso, a obra de Kuhn conseguiu redirecionar as atenções dos cientistas e pesquisadores no que concerne à produção científica, uma vez que o foco das atenções se voltou para a busca de explicações mais adequadas quanto ao que realmente se constituiria o saber e o fazer científico.

Para tanto, a “nova filosofia” através de seus epistemólogos considerava a própria ciência como sendo um esforço interpretativo, instaurando nas ciências uma perspectiva *hermenêutica*, de modo que problemas como: significado, comunicação e tradução se tornaram prontamente relevantes para as teorias científicas. Tais desenvolvimentos na filosofia da ciência influenciaram de maneira inevitável a reflexão sobre as ciências sociais, ao mesmo tempo em que promoveram uma crescente desilusão com relação às teorias dominantes das Ciências Sociais (Giddens; Turner, 1999).

CONSIDERAÇÕES

A partir deste verdadeiro passeio teórico realizado neste artigo, pôde-se perceber que a visão de mundo medieval baseado na filosofia aristotélica e na fé cristã não era suficiente para dar conta das transformações que estavam ocorrendo na sociedade e na ciência. Tais transformações foram impulsionadas por diversos pensadores que em diferentes áreas do conhecimento (Astronomia, Física, Matemática e Filosofia) consolidaram o que viríamos a conhecer como “Revolução Científica”. Desde o início da modernidade a intenção do homem foi buscar através de métodos empíricos e racionais, a compreensão do mundo e o controle sobre a natureza.

Entretanto, no início do século XX, o pensamento moderno viu a fragilidade em que estava sendo assentado todo o seu conhecimento. O Universo deixa de ser descrito como uma máquina, regido por leis universais e positivas, para se tornar um todo dinâmico, interligado e interdependente, em que os fenômenos são imprevisíveis. Tais fatos se deram, em parte, às descobertas em Física; é nesse período que uma “nova física” surge – a física quântica –, trazendo consigo uma nova realidade para as ciências. Os físicos perceberam que princípios mecanicistas não podiam ser aplicados para todos os tipos de fenômenos, principalmente para aqueles fenômenos os quais apresentavam certa complexidade.

Concomitantemente, devido a esta crescente complexidade, muitos pensadores e cientistas foram obrigados a rever certos conceitos no que concerne o conhecimento e à forma de fazer ciência. Sendo assim, o que pôde ser percebido foi o fim da hegemonia de uma ciência estritamente positiva e o conseqüente desenvolvimento de uma epistemologia mais complexa. Essa nova forma de ciência preconizou uma epistemologia de caráter hermenêutico, interpretativo, em que o conhecimento não era mais visto como algo estanque. Essas reflexões no campo científico trouxeram repercussões também no âmbito social, pois como foi visto ao longo deste capítulo, o homem sempre buscou um método, uma epistemologia que pudesse explicar os fenômenos postos no real.

Em suma, percebeu-se que o impacto dessa verdadeira revolução paradigmática, teve como característica, em muitas disciplinas, o desenvolvimento de uma nova ciência, uma ciência da complexidade, verificando-se a preocupação em formular um pensamento que pudesse contrapor àquela visão linear e mecanicista de mundo. Estava sendo construída uma nova teoria, um novo pensamento que ganharia repercussão nos mais diversos âmbitos do conhecimento científico. A este pensamento deu-se o nome de *complexo*.

REFERÊNCIAS

- ANDERY, Maria Amália; SÉRIO, Tereza Maria de Azevedo. (1994), “Há uma ordem imutável na natureza e o conhecimento a reflete: Auguste Comte”. In: M. A. ANDERY et al (Org.). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*, Rio de Janeiro, Espaço e Tempo.
- AYER, Alfred Julius. (1981), *El positivismo lógico*. Madrid, Fondo de Cultura Económica.
- BACON, Francis. (1961), *Novum organum*. Buenos Aires, Losada.
- BOMBASSARO, Luiz Carlos. (1997), *As fronteiras da epistemologia: como se produz o conhecimento*. Petrópolis, Vozes.
- CAPRA, Fritjof. (1982), *O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente*. São Paulo, Cultrix.
- CRESPI, Franco; FORNARI, Fabrizio. (2000), *Introdução à sociologia do conhecimento*. Bauru, EDUSC.
- DESCARTES, René. (1997), *Discurso do método*. Lisboa, Guimarães.
- FEYERABEND, Paul Karl. (1989), *Contra o método*. Rio de Janeiro, Francisco Alves.
- GIANFALDONI, Mônica H. Tieppo Alves. (1994), “O universo é infinito e seu movimento é mecânico e universal”. In: M. A. ANDERY et al (Org.). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*, Rio de Janeiro, Espaço e Tempo.
- GIDDENS, Anthony; TURNER, Jonathan. (1999), “Introdução”. In: A. GIDDENS; J. TURNER, (Org.). *Teoria social hoje*, São Paulo, UNESP.
- GIOIA, Sílvia Catarina. (1994), “A razão, a experiência e a construção de um universo geométrico: Galileu Galilei”. In: M. A. ANDERY et al (Org.). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*, Rio de Janeiro, Espaço e Tempo.
- GRIBBIN, John. (1988), *À procura do gato de Schrödinger*. Lisboa: Editorial Presença.
- KUHN, Thomas S. (2000), *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva.
- LAKATOS, Imre. (1982), *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid, Alianza Editorial.
- LEVINE, Donald N. (1997), *Visões da tradição sociológica*. Rio de Janeiro, Zahar Editores.
- LIMA, Gilson. (2006), “Sociologia na complexidade”. *Sociologias*, 8, 15: 136-181.
- MAGEE, Bryan. (1986), *El positivismo lógico y su legado*. México, Fondo de Cultura Económico.
- MARIOTTI, Humberto. (2000), *As paixões do ego: complexidade, política e solidariedade*. São Paulo, Palas Athena.

MORIN, Edgar. (2005), *Introdução ao pensamento complexo*. Porto Alegre, Sulina.

_____. Edgar. (2003), *O método I: a natureza da natureza*. Porto Alegre, Sulina.

NEVES, Clarissa Eckert. Baeta; NEVES, Fabrício Monteiro. (2006), “O que há de complexo no mundo complexo? Niklas Luhmann e a teoria dos sistemas sociais”. *Sociologias*, 8, 15: 182-207.

NEWTON, Isaac. (1974), “Princípios matemáticos”. In: I. NEWTON. *Os pensadores*, Rio de Janeiro, Abril Cultural.

PEREIRA, Maria Eliza Mazzilli. (1994), “A indução para o conhecimento e o conhecimento para a vida prática: Francis Bacon”. In: M. A. ANDERY et al (Org.). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*, Rio de Janeiro, Espaço e Tempo.

PEREIRA, Maria Eliza Mazzilli; GIOIA, Sílvia Catarina. (1994), “Do feudalismo ao capitalismo: uma longa transição”. In: M. A. ANDERY et al (Org.). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*, Rio de Janeiro, Espaço e Tempo.

POPPER, Karl Raimund. (1972), *A lógica da pesquisa científica*. São Paulo, Cultrix.

PRIGOGINE, Ilya. (1996), *O fim das certezas*. São Paulo, UNESP.

RODRIGUES, Léo Peixoto. (2005), *Introdução à sociologia do conhecimento, da ciência e do conhecimento científico*. Passo Fundo, UPF.

_____. (1999), *Concepções de ciência e práticas discursivas de grupos de pesquisa da UFRGS: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado. UFRGS, Porto Alegre.

ROSSI, Paolo. (1992), *A ciência e a filosofia dos modernos*. São Paulo, UNESP.

RUBANO, Denize Rosana; MOROZ, Melania. (1994), “A dúvida como recurso e a geometria como modelo: René Descartes”. In: M. A. ANDERY et al (Org.). *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*, Rio de Janeiro, Espaço e Tempo.

RUELLE, David. (1993), *Acaso e caos*. São Paulo, UNESP.

SAINT-SERNIN, Bertrand. (1998), *A razão no século XX*. Rio de Janeiro, José Olympio & UNB.

VASCONCELLOS, Maria José Esteves. (2005), *Pensamento sistêmico: o novo paradigma da ciência*. São Paulo, Papirus.

ZILLES, Urbano. (2006), *Teoria do conhecimento*. Porto Alegre, EDIPUCRS.

_____. (1995), *Teoria do conhecimento*. Porto Alegre, EDIPUCRS.

_____. (1974), “O empirismo lógico na filosofia da linguagem”. *Véritas*, 19, 75: 165-172.