

ISSN 1415 - 4668



ANO 2014

REVISTA IDEIAÇÃO

Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia - NEF



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Reitor

José Carlos Barreto de Santana

Vice-Reitor

Genival Correia de Souza

Diretor do DCHF

Departamento de Ciências Humanas e Filosofia

Nilo Henrique Neves dos Reis

Vice-Diretor do DCHF

Charliston Pablo do Nascimento

Coordenador do NEF

Malcom Guimarães Rodrigues

Vice-coordenador

André de Jesus Nascimento

Secretária

Jaciene Silva e Carvalho

Estagiária

Larissa Aparecida Góes Damasceno

Endereço para correspondência. Address for correspondence

Revista Ideação, Módulo VII, DCHF/NEF

Universidade Estadual de Feira de Santana

Avenida Transnordestina, S/N — Novo Horizonte

CEP: 44.036-900 Caixa Postal 294

Tel: (75) 3161-8209 e-mail: nef@uefs.br

Feira de Santana — Bahia — Brasil

Solicita-se permuta. Exchange desired



REVISTA IDEACÃO

ORGANIZAÇÃO DESTE NÚMERO E REVISÃO FINAL

Julio Vasconcelos

CORPO EDITORIAL

SECRETÁRIA

Larissa Aparecida Góes Damasceno

WEBMASTER

Marcelo Vinicius Miranda Barros

REVISÃO

Lolita Guimarães Guerra

PROJETO GRAFICO, DIAGRAMAÇÃO E CAPA

Jaciene Silva e Carvalho

COEDITORES

Adriana Santos Tabosa

André de Jesus Nascimento

Caroline Vasconcelos Ribeiro

EDITOR-CHEFE

Malcom Guimarães Rodrigues

Conselho Editorial

Antônia Pereira Bezerra (Universidade Federal da Bahia - UFBA)
Antônio José Romera Valverde (Pontifícia Universidade Católica de São Paulo - PUC/SP)
Aurino Ribeiro Filho (Universidade Federal da Bahia)
Carlos Ziller Camenietzki (Museu de Astronomia e Ciências Afins/CNPQ)
Catherine Moreira Bryan (Universidade de Wisconsin – Oskosh - UWU/USA)
Charbel NiñoEl-Hani (UFBA)
Constança Marcondes César (Pontifícia Universidade de Campinas-PUCCAMP)
Desidério Murcho (King's College - UK)
Dante Augusto Galeffi (UFBA)
Edvaldo Souza Couto (UFBA)
Elyana Barbosa (UFBA)
Hugo Aznar (C.E.U. San Pablo–Valencia/Espanha)
Israel de Oliveira Pinheiro (UFBA)
James Fieser (The University of Tennessee at Martin)
João Carlos Salles Pires da Silva (UFBA)
Joceval Bitencourt (Universidade Estadual da Bahia/UNEB)
Jorge Vital de Brito Moreira (Universidade de Wisconsin – Oskosh - UWU/USA)
José Crisóstomo de Souza (UFBA)
Lêda Silva Guimarães (Psicanalista)
Leonidas Hegenberg (Instituto Brasileiro de Filosofia)
Maria Constança Pissara (PUC/SP)
Mariluze Ferreira de Andrade e Silva (Universidade Federal de São João Del-Rei/UFSJ)
Olival Freire Júnior (UFBA)
Sérgio Antônio Carlos (Universidade Federal do Rio Grande do Sul)

Periodicidade: Semestral

Os artigos e demais textos publicados nesta revista são de inteira responsabilidade de seus autores. A reprodução, parcial ou total, é permitida, desde que seja citada a fonte.

Ficha Catalográfica: Biblioteca Central Julieta Carteado

Ideação: Revista do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas
Filosóficas da Universidade Estadual de Feira de Santana -
Feira de Santana - v. 1, n. 1 (1997-)
n. 29, jan./jun. 2014

Semestral

ISSN 1415 - 4668

1. Filosofia - Periódicos I Universidade Estadual de
Feira de Santana, Núcleo Interdisciplinar de Estudos
Filosóficos.

CDU 1

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO

Julio Vasconcelos	9
-------------------------	---

ARTIGOS

COMO CONSTRUIR UM MUNDO CAUSALMENTE POSSÍVEL?

Oswaldo Pessoa Jr.	13
-------------------------	----

KUHN E AS DIMENSÕES DA INCOMENSURABILIDADE

Robinson Guitarrari Caetano Ernesto Plastino	31
-------------------------------------------------------	----

O PROBLEMA DA DEMARCAÇÃO CIENTÍFICA EM KARL POPPER

Juliana Barbosa Brito	63
-----------------------------	----

UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE ALGUNS CAMINHOS DA FÍSICA

Aurino Ribeiro Filho	79
----------------------------	----

A TEORIA DA MATÉRIA E AS HIPÓTESES COSMOLÓGICAS DE DESCARTES

Claudemir Roque Tossato Paulo Tadeu da Silva	121
-------------------------------------------------------	-----

DO COSMOS ARISTOTÉLICO AO MUNDO-MÁQUINA NEWTONIANO: AS BASES METAFÍSICAS DA CIÊNCIA MODERNA

Filicio Mulinari	147
------------------------	-----

ROBERT BOYLE NO CONTEXTO DA TRANSIÇÃO PARA A CIÊNCIA MODERNA: ELEMENTOS PARA
UMA ANÁLISE SÓCIO-HISTÓRICA

Bárbara Carine Pinheiro da Anunciação
Hélio da Silva Messeder Neto
Edilson Fortuna 165

TECNOCENCIA E INCERTIDUMBRE: ALGUNAS CONSIDERACIONES PRELIMINARES COMO
SUSTENTO DEL PRINCIPIO DE PRUDENCIA EN LA INVESTIGACIÓN

Juanma Sánchez Arteaga 193

NORMAS EDITORIAIS

Ano 2014225

EDITORIAL GUIDELINES

Ano 2014 229

SUMMARY

Ideação 29 233

APRESENTAÇÃO

A Área de Filosofia da UEF e o Núcleo de Estudos Interdisciplinares de Filosofia (NEF) decidiram-se, há algum tempo, pelo engrandecimento acadêmico de nossa Revista **Ideação**. Este processo prossegue e se consolida com a direção atual, de onde partiu a ideia de um número dedicado a reflexões sobre a Ciência (ou sobre as ciências, como querem alguns estudiosos). Foi com grande satisfação que recebemos um bom número de artigos de qualidade, com o que se tornou uma necessidade — uma feliz necessidade — dividir **Ideação** em dois números: **28** e **29**.

Ideação 29 constitui-se de artigos de pesquisadores de graus diversos de experiência e de inserção no mundo acadêmico, que nos trazem artigos de variadas dimensões, temas, enfoques e estilos, propiciando ao leitor um pequeno panorama do que hoje se faz no Brasil em termos de investigações histórico-filosóficas sobre a Ciência.

Decidimos abrir a **Revista** com trabalhos de caráter mais propriamente filosófico, começando com o artigo de Osvaldo Pessoa Jr., que nos brinda com uma instigante reflexão, estruturada a partir de uma atitude antirrealista e antideterminista, sobre os “mundos causalmente possíveis” (que o artigo, entre outros aportes, nos ensina serem uma subclasse dos mundos logicamente possíveis). Em seguida, Robinson Guitarrari e Caetano Ernesto Plastino nos trazem uma apresentação muito precisa, didática e completa a respeito do conceito de incomensurabilidade, no contexto da obra de Kuhn e de seus críticos e comentadores, discutindo extensamente sobre as dimensões ontológica, semântica e epistemológica do conceito. O terceiro artigo é o

de Juliana Barbosa Brito, que sumaria muito bem o cenário e as razões que levaram Popper a propor a falseabilidade como um novo critério de demarcação entre ciência e não-ciência.

A **Revista** apresenta, a seguir, artigos em perspectiva histórico-filosófica, começando com o de Aurino Ribeiro Filho, que oferece um panorama sintético do percurso da Física, panorama que parte da Antiguidade, passa pela origem da Ciência Moderna e chega à contemporaneidade, apresentando teorias em linguagem não técnica e ajudando a esmaecer a distinção entre Ciência e Filosofia. Segue o trabalho de Claudemir Roque Tossato e Paulo Tadeu da Silva, um rico e erudito ensaio sobre a cosmologia de Descartes, com destaque para seu conceito de matéria e sua teoria dos vórtices.

Focado na mesma época mas com perspectiva algo diferente é o artigo seguinte, de Filicio Mulinari, que trata de realizações científicas do XVII mas com a intenção de recusar a tese de que a Ciência Moderna suplantou a metafísica, retirando-a de suas bases mais fundamentais.

Seguem-se dois artigos que podem ser ditos alinhados à postura externalista. Com certeza, isso vale para o primeiro destes trabalhos, pois Bárbara Carine Pinheiro da Anunciação, Hélio da Silva Messeder Neto e Edilson Fortuna decididamente declaram sua filiação à perspectiva externalista, a partir da qual apresentam aspectos das realizações científicas e não-científicas de Robert Boyle na Inglaterra seiscentista que transita do feudalismo para o capitalismo.

A **Revista** se encerra com vigoroso artigo de Juanma Sánchez Artega, que faz uma contundente e densa defesa da tese de que a incerteza e a não-exatidão são qualidades essenciais de qualquer discurso técnico-científico.

Ideação 29 sente-se honrada em ser veículo para esse rico mosaico de trabalhos acadêmicos sobre a Ciência, conjunto de valiosos artigos que, sem mais delongas, a Revista põe à disposição do leitor nas páginas seguintes.

Feira de Santana, abril de 2014.

Prof. Dr. Julio Vasconcelos

Organizador

COMO CONSTRUIR UM MUNDO CAUSALMENTE POSSÍVEL?

Oswaldo Pessoa Jr.¹

RESUMO: A área da filosofia analítica conhecida como “metafísica dos mundos possíveis” concebe a “possibilidade contrafactual” como qualquer estado de coisas que não seja logicamente contraditório. O presente trabalho visa explorar uma classe restrita de tais mundos logicamente possíveis, que seriam os mundos “causalmente possíveis” (duas classes intermediárias são também caracterizadas). Tais mundos seriam definidos por meio da chamada “possibilidade temporal”, que se refere às possibilidades futuras de um dado instante. Um mundo causalmente possível seria uma possibilidade temporal futura com referência a algum instante do passado real do Universo. Neste trabalho, supõe-se que a evolução do Universo não seja determinista. A cada instante, um “grau de dispersão” caracterizaria a amplitude de possibilidades futuras. Supondo que a identidade das pessoas se preserva no futuro, então esta metafísica aceitaria a existência de indivíduos “transmundiais”. A probabilidade de um mundo causalmente possível depende do tempo em que ocorreu a ramificação em relação ao mundo atual. Ilustramos esta concepção com um exemplo detalhado envolvendo dois instantes de ramificação. O valor de verdade de um condicional contrafactual é associado a uma probabilidade, que mede a proporção dos mundos em que,

dada a ocorrência do antecedente, ocorre também o consequente.

PALAVRAS-CHAVE: Mundos Possíveis; Possibilidade Causal; Condicional Contrafactual.

ABSTRACT: The field of analytical philosophy known as “metaphysics of possible worlds” considers “counterfactual possibility” as any state of things that is not logically contradictory. The present paper explores a more restricted class of logically possible worlds that are “causally possible” (two other intermediate classes are also explored). These worlds are defined by means of the so-called “temporal possibility”, that refers to future possibilities at a given instant. A causally possible world is a future temporal possibility with reference to some instant in the past of the actual Universe. In this work, it is assumed that the evolution of the Universe is not deterministic. At each instant, a “degree of dispersion” characterizes the extension of future possibilities. Assuming that the identity of a person is preserved in the future, this metaphysical approach accepts the existence of “transworld” individuals. The probability of a causally possible world depends on the instant of time in which it branched from the actual world. This conception is illustrated by means of a detailed example involving two branching times. The truth value of a counterfactual conditional is associated to a probability, that measures the proportion of worlds that, given the occurrence of the antecedent, the consequent also occurs.

KEYWORDS: Possible Worlds; Causal Possibility; Counterfactual Conditional.

A METAFÍSICA DE MUNDOS LOGICAMENTE POSSÍVEIS

Noções “modais” são aquelas envolvendo necessidade, possibilidade, contingência e impossibilidade². A partir do início da década de 1960, essas noções ganharam redobrado interesse filosófico, quando Saul Kripke esclareceu o significado das diversas lógicas modais propostas até então introduzindo uma “semântica de mundos possíveis”. Assim, dizer que uma sentença é “necessária” equivaleria a dizer que ela é verdadeira em todos os mundos possíveis, etc.

A aplicação desse resultado da lógica simbólica para a filosofia levaria ao surgimento da área da filosofia analítica conhecida como “metafísica dos mundos possíveis”, em que se destacaram autores como David Lewis, Robert Stalnaker e Alvin Plantinga. Um traço comum desses metafísicos é considerar que uma “possibilidade contrafactual” se refere a um mundo que não seja logicamente contraditório. Ou seja, para tais metafísicos um mundo possível é um mundo *logicamente possível*. Assim, um mundo em que os asnos falam tagalo ou em que a lei da gravidade segue uma forma exponencial são considerados possíveis³.

Diferentes usos são feitos dessa concepção de possibilidade lógica, dentro de diferentes posturas metafísicas. Uma distinção metafísica fundamental é entre “nominalistas” e “realistas de universais”. Um nominalista (como Willard Quine) vê o mundo como constituído de coisas (particulares concretos) com propriedades e mantendo relações com outras coisas. Essas propriedades, no entanto, não subsistiriam de maneira independente, como defenderia um realista de universais (como Platão). Para definir o que é uma propriedade, o nominalista

gostaria de invocar uma definição “extensional”⁴, utilizando por exemplo a noção de conjunto, mas tal definição esbarraria no problema de que propriedades diferentes podem ter a mesma extensão no mundo. Por exemplo, a propriedade de ser humano é diferente da propriedade de ser um bípede implume, no entanto a extensão desses dois conjuntos, pelo menos na Terra, é a mesma.

David Lewis utilizou a noção de contrafactual, no sentido de possibilidade lógica, para resolver esse problema da definição nominalista de propriedades, em termos extensionais. Segundo o seu nominalismo de mundos possíveis, “ser humano” corresponderia ao conjunto que engloba homens de todos os mundos logicamente possíveis, e “ser um bípede implume” ao conjunto dos bípedes implumes de todos os mundos possíveis. Essas duas propriedades mostram-se então distintas, porque existiria um mundo possível em que há pássaros depenados ou elefantes bípedes, e outro em que existem humanos com penas nos tornozelos. Lewis consegue assim reduzir o significado das palavras a conjuntos envolvendo mundos logicamente possíveis (Loux, 1998, pp. 186-91).

Outro ponto de interesse do nominalismo de Lewis é fornecer um critério de verdade para os “condicionais contrafactuais”, como na sentença ‘Se Chomsky não tivesse se tornado um linguista, então a gramática gerativa teria sido desenvolvida só a partir da década de 1970’, baseado numa medida da “distância” entre mundos possíveis. Essa sentença seria verdadeira se, no mundo mais próximo ao nosso em que Chomsky não se tornou linguista (ou, se houver mais do que um com a mesma proximidade, em todos os mundos mais próximos ao nosso), a gramática gerativa tivesse surgido na década de 1970.⁵

MUNDOS CAUSALMENTE POSSÍVEIS

Mundos logicamente possíveis podem ser interessantes para a semântica, mas queremos saber quais são os mundos “de fato” possíveis, ou melhor, os mundos “causalmente” possíveis. O Brasil poderia ter se tornado comunista? Os dinossauros poderiam ter se tornado tão inteligentes quanto nós? A física quântica poderia ter sido descoberta por um caminho diferente? Essa classe de mundos causalmente possíveis seria um subconjunto dos mundos logicamente possíveis. Mas como definir os mundos de fato possíveis?

Tais mundos seriam definidos por meio da chamada “possibilidade temporal” (Lowe, 2002, p. 79), que se refere às possibilidades futuras de um dado instante. Para fins práticos (ao menos), podemos supor que o futuro é “aberto”. Assim, por exemplo, posso considerar que há diferentes situações possíveis para minha vida amanhã: cada uma dessas situações factíveis seria uma possibilidade temporal com relação ao meu instante presente. Quando chegar amanhã, apenas uma dessas possibilidades se tornará “atual”, ou real, e as outras possibilidades passarão a ser consideradas situações “causalmente contrafactuais”, ou seja, situações causalmente possíveis que não se realizaram.

Um mundo causalmente possível pode ser definido com uma possibilidade (temporal) futura com referência a algum instante do passado real do Universo. Por exemplo, um mundo em que o Brasil adotasse o regime comunista seria causalmente possível (mesmo que com probabilidade baixa) com referência ao ano 1920, mas não com referência ao ano 1980.

Neste trabalho, exploramos essa metafísica de mundos causalmente possíveis. Supõe-se que a evolução do Universo

não seja determinista. A cada instante, um “grau de dispersão” caracterizaria a amplidão de possibilidades futuras. Supondo que a identidade das pessoas se preserva no futuro, então esta metafísica aceitaria a existência de indivíduos “transmundiais”. Para diferentes mundos possíveis, poder-se-iam atribuir probabilidades, dependentes do tempo em que ocorreu a ramificação em relação ao mundo atual. Analogamente, a mundos impossíveis poderiam ser atribuídas probabilidades negativas.

Dentro da classificação proposta por John Divers para as metafísicas de mundos possíveis, a presente abordagem atribui valores de verdade (com um grau de probabilidade) a sentenças de mundos possíveis. Porém, não atribui valor verdadeiro para todos os mundos logicamente possíveis: aceita que “há” mundos possíveis diferentes do atual, e que há mundos possíveis sem seres humanos (ou mesmo sem seres pensantes); no entanto, considera falso que haja mundos possíveis em que jumentos falem, ou mundos possíveis em que o espaço-tempo é newtoniano, porque tais mundos não poderiam ser gerados como possibilidades temporais a partir de algum momento da história do Universo.

A opinião do presente autor sobre o sentido em que “há” mundos possíveis parece se aproximar da concepção que Divers (2002, p. 24) chama de “anti-realismo modalista mundano”, para o qual a modalidade alética (em que se diz “é possível que...”, etc.) é tomada como primitiva, e onde “mundano” (*worldly*) designa que se faz uso do vocabulário de mundos possíveis. Diante da pergunta “existem mundos contrafactuais?”, a resposta a ser dada se limitaria a: “eles poderiam ter existido”.

Isso se opõe ao realismo “genuíno” ou “reducionista” de Lewis, para quem os mundos contrafactuais existiriam concretamente, da mesma maneira que o mundo atual, apesar de não serem

atuais. Opõe-se também aos “realismos atualistas” de Plantinga e Stalnacker, para quem os mundos contrafactuais subsistiriam de maneira abstrata, como universais, e portanto seriam atuais. Apesar da posição antirrealista adotada pelo presente autor, nada impediria que os mundos “causalmente possíveis”, explorados neste artigo, fossem interpretados de maneira realista.

A “CONSTRUÇÃO” DE MUNDOS CAUSALMENTE POSSÍVEIS

Para que a metafísica dos mundos causalmente possíveis gere problemas interessantes, é preciso supor que o futuro seja aberto, ou seja, que o determinismo estrito seja falso. Esta, porém, é uma questão para a qual não há solução científica: mesmo a física quântica, anunciada como evidenciando que o Universo é intrinsecamente probabilista, pode ser interpretada de maneira determinista, como mostrou David Bohm em 1952. Se de fato o Universo for estritamente determinista, então só há um mundo causalmente possível, e os cenários contrafactuais imaginados pelos seres humanos são meras ficções. Isso trivializaria a presente abordagem, apesar de não refutá-la.

Ao supormos que o futuro é aberto⁶, surge a questão de como quantificar as possibilidades temporais para um instante futuro. Para nos guiar, podemos imaginar um cenário de ficção científica, com um “demônio sísmico” que faz cópias idênticas do Universo e os “chacoalhe” levemente a cada instante. Para tornar esta fantasia mais palpável, vamos supor que o Universo de fato evoluiria de maneira determinista, mas aí o demônio sísmico, a cada intervalo de tempo Δt , produz 99 cópias idênticas do Universo, e chacoalha cada uma delas aleatoriamente e quase

instantaneamente com uma certa energia, tomando o cuidado de retirar, ao final do processo quase instantâneo, qualquer energia adicionada. Cada uma das 100 versões do Universo seria um mundo causalmente possível, que evoluiria deterministicamente até que a próxima chacoalhada fosse realizada em cada um dos mundos, após mais um intervalo de tempo Δt .

A energia com que o demônio sísmico chacoalha o Universo resultaria em um “grau de dispersão” da classe de Universos criados a cada intervalo de tempo. O grau de dispersão zero equivaleria a um Universo estritamente determinista. Uma avaliação de tal grau de dispersão seria relevante para se conjecturar histórias contrafactuais, mas não tenho ideia de como fazer tal avaliação.

Façamos agora uma ilustração deste modelo metafísico, considerando chacoalhadas realizadas a cada 30 anos. Enfoquemos dois instantes de produção de mundos possíveis, $t_1 = 1920$ e $t_2 = 1950$, com igual dispersão. Tal situação está representada na Fig. 1, onde consideramos apenas seis mundos possíveis após cada chacoalhada.

Primeiramente, voltamos a fita da história⁷ até 1950, e imaginamos o demônio sísmico gerando seis mundos equiprováveis, com o que chamaremos “chacoalhada-50”. Um desses mundos, naturalmente, teria que evoluir segundo a história atual de nosso Universo (por exemplo, aquele marcado pelo número 24). Porém, vamos também supor que em um desses seis mundos, e apenas em um deles, dentro de vinte anos o Brasil acabasse sofrendo uma revolução comunista! Isso corresponderia a uma probabilidade de $1/6$ para esta ocorrência, e está ilustrado pelo ponto D na Fig. 1.

Uma primeira questão é se este cenário causalmente possível, que toma o ano de 1950 como data de referência, seria uma possibilidade futura para a data de referência de 1920. Em outras

palavras: uma história contrafactual tomando t_2 como tempo inicial seria uma história contrafactual tomando $t_1 = t_2 - \Delta t$ como tempo inicial? O modelo é construído para que a resposta seja positiva.

A “chacoalhada-20” é realizada tomando o Universo atual em 1920, e considerando a ação do demônio sísmico. Seis mundos possíveis são gerados, e um deles (o atual) leva até a situação considerada na “chacoalhada-50”. Olhando para a Fig. 1, fica claro que há uma probabilidade de pelo menos $1/36$ de o Universo partir do estado A, logo antes de 1920, e chegar ao ponto D em que o Brasil se torna comunista, seguindo a história atual entre 1920 e 1950 (caminho 16 na figura).

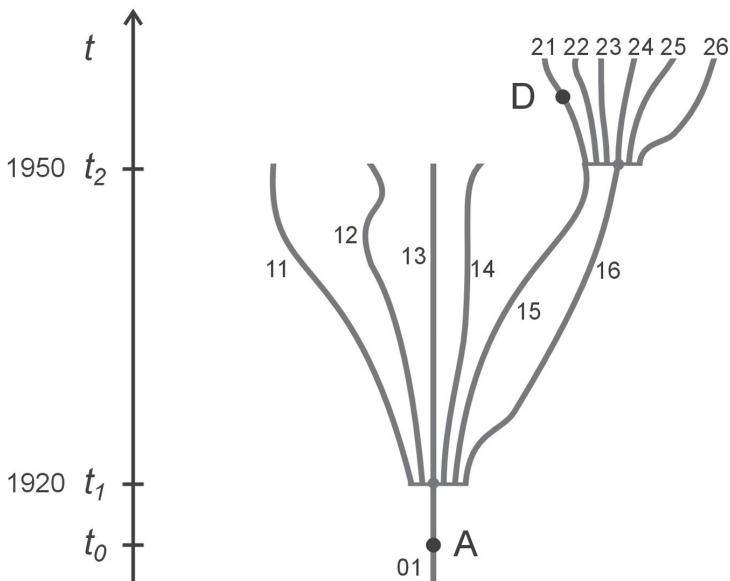


Figura 1. Representação de histórias possíveis a partir de um estado do universo A, considerando apenas duas chacoalhadas (em t_1 e t_2), cada qual gerando 6 mundos possíveis.

Alguns detalhes devem ser mencionados. Primeiro, ao considerar as possibilidades a partir de 1920, supomos que, no mundo atual em 1950, ocorra *exatamente* a mesma “chacoalhada-50” considerada anteriormente (quando a fita foi voltada para 1950). Se isso não fosse imposto, poderia acontecer que, por acaso, não houvesse nenhum mundo em que o Brasil se tornasse comunista, o que seria insatisfatório para o modelo.

Em segundo lugar, é razoável supor que a probabilidade de o Brasil se tornar comunista, tomando 1920 como data de referência, seria maior do que no caso em que se toma 1950 como referência. No modelo, isso seria explicado levando em conta os outros cinco caminhos (numerados 11 a 15 na figura), que em conjunto teriam uma probabilidade maior de chegar ao regime comunista (em estados diferentes de D) do que pelo caminho atual até 1950 (numerado por 16).

Em terceiro lugar, o presente modelo metafísico (especialmente para o caso de Universos com um número finito de estados possíveis a cada instante) permite que se possa chegar ao mesmo mundo D por dois (ou mais) caminhos diferentes. Na figura, esses dois caminhos são representados por 01-15-21 e 01-16-21. O que ocorre é que na segunda chacoalhada (em t_2) o mundo foi colocado no exato mesmo estado que um mundo gerado a partir do caminho 15. Um problema relacionado com esta possibilidade é que os habitantes de D não teriam como distinguir os dois caminhos possíveis.

A QUESTÃO DA IDENTIDADE DE INDIVÍDUOS

Na presente abordagem metafísica naturalista, o problema da identidade de seres humanos e objetos em diferentes mundos

possíveis é reduzido à questão da identidade no tempo, já que um mundo causalmente contrafactual é tomado como uma possibilidade temporal futura em um instante do passado atual.

Se adotarmos a noção de que uma pessoa (em condições usuais) mantém sua identidade ao longo do tempo, mesmo que mudando suas propriedades, então ela terá a mesma identidade no futuro quanto no presente. Se o futuro for de fato aberto, então este indivíduo manteria sua identidade em todos os futuros mundos possíveis. Consequentemente, pela definição adotada para “mundo contrafactual”, essa pessoa manteria sua identidade em diferentes mundos possíveis. Em outras palavras, a presente abordagem aceita a existência de “indivíduos transmundiais”, ao contrário da visão de Lewis, por exemplo.

Essas considerações não esgotam o problema, pois a questão da identidade no tempo tem seus problemas. Por exemplo, se adotarmos a visão de que um indivíduo humano adquire sua identidade na concepção, o que dizer do instante em que o ovo se separa em dois, na formação de gêmeos univitelinos? Deixaremos para tratar desta questão em outra oportunidade.

O VALOR DE VERDADE DE CONDICIONAIS CONTRAFACTUAIS

Consideremos agora a questão de como tratar os “condicionais contrafatuais”, como na sentença ‘Se Chomsky não tivesse se tornado um linguista, então a gramática gerativa teria sido desenvolvida só a partir da década de 1970’ (ver discussão em Pires de Oliveira, 2010). Mencionamos que Lewis consideraria esta sentença verdadeira se no mundo possível “mais próximo”

ao atual, em que Chomsky não se tornou linguista, a gramática gerativa de fato surgisse a partir da década de 1970.

Segundo a abordagem proposta no presente artigo, podem-se tomar datas de referência entre o nascimento de Chomsky (1928) e o final da década de 1970, e considerar que o demônio sísmico chacoalha o Universo a cada intervalo Δt , com um certo grau de dispersão. Do número N de mundos possíveis resultantes desse processo abstrato, consideram-se os N_a mundos em que o antecedente é satisfeito, ou seja, em que Chomsky não se tornou linguista. Desta subclasse, o demônio verifica o número N_c de mundos em que o conseqüente ocorre, ou seja, em que a gramática gerativa é desenvolvida a partir da década de 1970. O valor de verdade do condicional contrafactual em questão deverá então ser medido pela probabilidade N_c/N_a , que mede a proporção dos mundos em que, dada a ocorrência do antecedente, ocorre também o conseqüente.

Para fins práticos, é melhor perguntar a um historiador da linguística qual é sua avaliação intuitiva a respeito desta probabilidade, e sua resposta poderia ser “acima de 80%”. Seres humanos possuem uma capacidade muito boa para avaliar cenários contrafactuais, como mostra a pesquisa em psicologia (Roese, 2005), capacidade esta que está intimamente relacionada com a habilidade de avaliar causas.

O que a presente abordagem propõe é uma maneira de explicitar qual o sentido de se atribuir uma probabilidade subjetiva (“acima de 80%”) para o valor de verdade de um condicional contrafactual. Vemos que essa atribuição depende de alguns parâmetros, como o tempo de referência e o grau de dispersão, cuja variação talvez afete a avaliação subjetiva a ser realizada.

TIPOS DE POSSIBILIDADE

Neste trabalho, traçamos uma distinção entre possibilidade lógica e possibilidade causal, mas ela deve ser refinada.

Podemos partir da distinção tradicional que é feita entre possibilidade lógica (ou mundos logicamente possíveis) e possibilidade física (mundos fisicamente possíveis) (Earman, 1986, p. 19). Geralmente, supõe-se que um mundo fisicamente possível seja um mundo em que as leis da física não sejam violadas. Um mundo com outras leis físicas, ou que viole as leis físicas, pode não violar as leis lógicas, de forma que se pode escrever que a classe W_F de mundos fisicamente possíveis é um subconjunto próprio da classe W_L de mundos logicamente possíveis: $W_L \supset W_F$.

Na definição de possibilidade física apresentada acima, seria preciso especificar qual é o conjunto de leis que permaneceriam constantes nos vários mundos. Teorias recentes de cosmologia postulam universos possíveis em que constantes fundamentais da física teriam valores diferentes (cf. Carr, 2009). Assim, tal conjunto de mundos violaria certas leis do universo atual que dependem do valor dessas constantes, mas não violariam leis mais gerais (nas quais as “constantes” entram como variáveis). Isso sugere que se distinga dos mundos fisicamente possíveis aqueles que satisfazem as leis específicas de nosso universo (que dependem dos valores das constantes universais), ou que satisfaçam as “condições iniciais” de nosso universo (condições essas que geralmente são consideradas independentes das leis). Sem examinar tais distinções em maiores detalhes, podemos definir a classe W_I de mundos possíveis consistentes com as leis

específicas e com as condições iniciais de nosso universo, que é um subconjunto próprio da classe de mundos fisicamente possíveis: $W_F \supset W_I$. Tal classe definiria o conceito de “probabilidade física com as condições iniciais do universo atual”, ou simplesmente “probabilidade física inicial”.

A classe de mundos causalmente possíveis é definida através do procedimento abstrato de voltar no tempo e chacoalhar o universo (empreendido pelo demônio sísmico). À medida que o tempo de referência é tomado cada vez mais próximo do início temporal do universo (no big bang), a classe de mundos causalmente possíveis W_C se aproxima de W_I , mas para evitar problemas conceituais neste limite, podemos nos restringir a tempos de referência maiores do que “os três primeiros minutos” após o big bang⁸, de forma que $W_I \supset W_C$.

Há situações fisicamente possíveis que não podem ser atingidas através do procedimento abstrato do demônio sísmico, e que portanto não são causalmente possíveis. Um exemplo prosaico, extraído da história da ciência, seria um mundo em que as bactérias fossem descobertas por seres inteligentes antes da construção de um microscópio óptico, especialmente se nos limitarmos a tempos de referência posteriores a 1 milhão de anos atrás.

Há também condicionais contrafactuais cujo antecedente é fisicamente possível mas causalmente impossível, como no enunciado “Se não houvesse silício na Terra, bactérias seriam descobertas por seres inteligentes sem o uso de microscópios ópticos”. Voltando a fita da evolução para o tempo em que a Terra se formou, em todos os mundos causalmente possíveis haveria silício na Terra.

Para atribuir valor de verdade para um enunciado fisicamente possível como este, ter-se-ia que definir um outro procedimento

abstrato, envolvendo talvez um “demônio jocoso”, que eliminaria, em um certo instante do passado remoto, todo o silício da Terra, para depois examinar os mundos possíveis que se seguiriam a este ato.

Em suma, mundos causalmente possíveis (W_C) são uma subclasse própria dos mundos fisicamente possíveis com as condições iniciais do universo atual (W_I), que são uma subclasse própria dos mundos fisicamente possíveis (W_F), que são uma subclasse própria dos mundos logicamente possíveis (W_L): $W_L \supset W_F \supset W_I \supset W_C$.

AGRADECIMENTOS

Este artigo foi redigido a partir de uma comunicação apresentada no evento *Language and Ontology: Encontro de Linguística e Filosofia da Linguagem*, realizado na Unicamp em julho de 2007. A comunicação também foi apresentada na *Jornada Mundos Possíveis*, realizada na FFLCH-USP em 8 de junho de 2010. Agradeço os comentários de Achille Varzi, Desidério Murcho, Diego Caleiro, Jerzy Brzozowski, Roberta Pires de Oliveira e Walter Carnielli. A discussão em torno da Fig. 1 foi estimulada por uma pergunta feita por Thomas Kang, da Faculdade de Economia e Administração da USP.

NOTAS

¹Depto. Filosofia – FFLCH – Universidade de São Paulo. opessoa@usp.br

²Há diversos tipos de “modalidade”, todas seguindo lógicas semelhantes. Os termos “necessário” e “possível” se referem à chamada *modalidade alética*. Há também as modalidades deôntica (é obrigatório que, é permitido que),

epistêmica (saber que), doxástica (acreditar que), etc. Especial atenção será dada neste artigo à *modalidade causal*, presente nas expressões “é causalmente necessário que” e “é causalmente possível que”. Salientamos também a distinção entre *possibilidade contrafactual* (“Seria possível que a presente palestra tivesse sido suspensa”) e *possibilidade temporal* (“É possível suspender a próxima palestra”).

³O tagalo é a língua oficial das Filipinas. Uma lei de força exponencial foi considerada por Thomas Bradwardine em 1328 (ver Clagett, 1959, pp. 437-40).

⁴Numa sentença *extensional*, a substituição de um de seus termos por outro que tenha a mesma referência não altera o valor de verdade da sentença. Tais termos são chamados “correferenciais”. A expressão também se aplica a sentenças: “sentenças correferenciais” são aquelas que têm o mesmo valor de verdade. Numa linguagem lógica extensional, é fácil determinar quais sentenças podem ser deduzidas de um conjunto de sentenças. Já o uso de termos modais não passa no teste da extensionalidade. Podemos escrever ‘É necessário que dois mais dois seja igual a quatro’, mas se substituirmos a oração subordinada ‘dois mais dois igual a quatro’ por outra de igual extensão (ou seja, com o mesmo valor de verdade), como ‘Dilma é a presidenta do Brasil’, a sentença resultante será falsa: ‘É necessário que Dilma seja presidenta do Brasil’. Diz-se, então, que a introdução de termos modais converte um contexto extensional em um contexto “intensional”. Essa é uma das razões pelas quais, nas décadas de 1940 e 1950, Quine e outros argumentaram que as noções modais não deveriam ter lugar numa filosofia séria (Loux, 2002, pp. 179-81).

⁵O que define “proximidade” entre dois mundos é a proporção de proposições que são verdadeiras em ambos os mundos. Assim, um mundo que difere do nosso com relação ao valor de verdade de apenas uma proposição, ‘Chomsky tornou-se linguista’, é mais próximo do nosso do que um mundo em que os valores de verdade de duas proposições sejam diferentes, ‘Chomsky tornou-se linguista’ e ‘Turing tornou-se linguista’ (ver Lowe, 2002, pp. 137-47).

⁶Vale lembrar que a lógica temporal descreve de maneira elegante este “tempo ramificado” (Prior, 1967).

⁷A expressão “voltar a fita da evolução” foi usada por Stephen Jay Gould (1989, cap. 5).

⁸Os “três primeiros minutos” referem-se ao nome de um livro Steven Weinberg, de 1977, sobre a origem do universo. Hoje a cosmologia tem um retrato plausível para a história do universo a partir de 10^{-35} segundos, quando teria ocorrido a inflação cósmica.

REFERÊNCIAS

CARR, B. (org.) **Universe or Multiverse?** Cambridge: Cambridge University Press, 2009.

CLAGETT, M. **The Science of Mechanics in the Middle Ages.** Madison: University of Wisconsin Press, 1959.

DIVERS, J. **Possible Worlds.** Londres: Routledge, 2002.

EARMAN, J. **A Primer on Determinism.** Dordrecht: Reidel, 1986.

GOULD, S.J. **Vida Maravilhosa.** Trad. P.C. de Oliveira. São Paulo: Cia. das Letras, 1990.

LOUX, M.J. **Metaphysics: a contemporary introduction.** 2^a ed. Londres: Routledge, 1998.

LOWE, E.J. **A Survey of Metaphysics.** Oxford: Oxford University Press, 2002.

PIRES DE OLIVEIRA, R. A linguística sem Chomsky e o método negativo. **ReVEL - Revista Virtual de Estudos da Linguagem**, v. 8, n. 14, p. 1-19, 2010. Online: http://www.revel.inf.br/files/artigos/revel_14_a_linguistica_sem_chomsky.pdf.

PRIOR, A.N. **Past, Present, and Future.** Oxford: Clarendon, 1967.

ROESE, N. **If Only: how to turn regret into opportunity.** New York: Broadway Books, 2005.

WEINBERG, S. **The First Three Minutes.** London: Deutsch, 1977.

KUHN E AS DIMENSÕES DA INCOMENSURABILIDADE

Robinson Guitarrari¹

Caetano Ernesto Plastino²

RESUMO: Desde *The structure of scientific revolutions* em 1962 até artigos da década de 70, Thomas Kuhn utilizou a incomensurabilidade entre paradigmas para caracterizar a mudança de compromissos teóricos e práticos nas ciências maduras, destacando aspectos ontológicos, semânticos e epistemológicos. A tese geral afirma a inexistência de uma instância supraparadigmática que resolva conflitos entre comunidades científicas que defendam paradigmas rivais. As primeiras críticas indicavam a irracionalidade que sua defesa instauraria. Críticas de Shapere e de Sheffler incidiram sobre a formulação semântica. Em resposta, Doppelt, defendendo um quadro kuhniano da dinâmica da ciência, destacou que a incomensurabilidade epistemológica seria a mais básica, e que, além disso, ela evitaria as críticas dirigidas à versão semântica. Putnam, posteriormente, também considerou apenas a incomensurabilidade semântica para mostrar a irracionalidade do relativismo kuhniano. Contra Doppelt, mostramos que não há uma redução dos aspectos semânticos aos epistemológicos. São dimensões distintas de um mesmo conceito. Contudo, a favor de Doppelt, entendemos que a dimensão epistemológica acarreta formas de relativismos que se impõem como desafios aos críticos que apenas se detiveram em sua dimensão semântica.

PALAVRAS-CHAVE: Incomensurabilidade; Racionalidade; Relativismo Cognitivo; Racionalidade Científica; Thomas Kuhn.

ABSTRACT: Since *The structure of scientific revolutions* in 1962 to the 70s articles, Thomas Kuhn used incommensurability between paradigms to characterize the change of theoretical and practical commitments in mature sciences, highlighting its ontological, epistemological and semantic aspects. The general thesis asserts the absence of a supra-paradigmatic instance that resolves conflicts between scientific communities that defend rival paradigms. Early criticisms indicate the irrationality that his defense would involve. Shapere and Sheffler focused on the semantic formulation. In response, Doppelt, defending a Kuhnian framework of the dynamics of science, pointed out that the epistemological incommensurability would be the most basic, and that, moreover, it would avoid the criticism directed at the semantic version. Putnam later also considered only the semantic incommensurability to show the irrationality of Kuhnian relativism. Against Doppelt, we show that there is no reduction of the semantic aspects to the epistemological ones. They are different dimensions of the same concept. However, on behalf of Doppelt, we understand that the epistemological dimension entails forms of relativism that impose themselves as challenges to critics who just stopped in its semantic dimension.

KEYWORDS: Incommensurability; Rationality; Cognitive Relativism; Scientific Rationality; Thomas Kuhn.

INCOMENSURABILIDADES ENTRE PARADIGMAS

No quadro de desenvolvimento das ciências que Thomas Kuhn procurou traçar ao longo dos seus escritos, a tese da incomensurabilidade se destaca. Ainda que até o final dos anos 70 essa tese relacionasse paradigmas rivais, passando, nos anos 80, a relacionar teorias rivais, o modelo de fases³, proposto desde a primeira edição de *The structure of scientific revolutions* (SSR), em 1962, foi mantido.⁴ A visão original traçada reflete a aplicação de uma nova historiografia, bem como o comportamento da comunidade científica.

Segundo esse modelo, o padrão de desenvolvimento de um campo de estudo é dividido em dois períodos: o pré-paradigmático (ou de imaturidade) e o paradigmático (ou de maturidade). O primeiro compreende o início do desenvolvimento de uma ciência e se caracteriza pelo dissenso de investigadores sobre os compromissos envolvidos em uma pesquisa em certo campo de estudo. O segundo, porque é regido por um paradigma hegemônico, que se instalou com uma realização sem precedentes, apresenta um consenso quanto a teorias, problemas relevantes, estratégias para a sua solução, padrões de avaliação e valores cognitivos e pragmáticos. Esse consenso sobre essa rede de compromissos se torna condição para a prática da chamada ciência normal, marcada pela atividade de resolver problemas como se fossem quebra-cabeças, tendo em vista que se supõe que o paradigma assumido fornece os instrumentos para a solução do problema. Além da fase de ciência normal, a ciência madura possui um período de dissenso, em que a comunidade científica se divide em torno de diversos candidatos a paradigma. São épocas de crise, em que se pratica a chamada ciência extraordinária.⁵

A dinâmica das ciências maduras é descrita como a sucessão de períodos de ciência normal, intercalados por períodos de ciência extraordinária. O conflito entre paradigmas rivais revela a “tensão essencial” da comunidade científica: seguir o antigo paradigma ou inovar. Esse processo não é resolvido por uma metodologia de ação rápida. Fatos mostram, para Kuhn, que os cientistas não se comportam da mesma maneira: parte da comunidade permanece conservadora, enquanto outra se arrisca a buscar alternativas que não seguem as orientações do paradigma em crise. Além disso, porque há compromissos, aprendidos pela prática da ciência normal, que são apenas tacitamente conhecidos e, também, porque os paradigmas rivais são incomensuráveis, não há esperança que se encontre uma metodologia constituída por regras claras, explícitas, imparciais e decisivas, que estabelecesse o consenso nessa situação de conflito.

As mudanças de paradigma são revolucionárias, no sentido de que registram “episódios de desenvolvimento não cumulativo nos quais um paradigma mais antigo é total ou parcialmente substituído por um novo, incompatível com o anterior” (Kuhn, 1970a, 92). O resultado é que os paradigmas separados por uma revolução científica são incomensuráveis entre si (Kuhn, 1970, 103).

Em SSR, Kuhn apresentou vários aspectos da incomensurabilidade, sistematizados, aqui, em três esferas: a epistemológica, a ontológica e a semântica.⁶

Em termos ontológicos, a tese envolve uma mudança radical de percepção do mundo de experiência. Porque dirigidos por paradigmas rivais, comunidades científicas rivais “orientam seu olhar em novas direções” (Kuhn, 1970, 111), de modo que “os

proponentes de paradigmas rivais praticam suas atividades em mundos distintos” (Kuhn, 1970, 150).

Referindo-se a um domínio epistemológico, Kuhn afirma que, com um paradigma, “o cientista adquire, ao mesmo tempo, teoria, métodos e padrões científicos, normalmente em uma mistura inextrincável”, de modo que a mudança de paradigma acarreta “alterações significativas nos critérios que determinam a legitimidade, tanto dos problemas como das soluções propostas” (Kuhn, 1970, 109). Paradigmas rivais possuem diferentes conjuntos de problemas e de padrões de avaliação dos resultados de pesquisa, incluindo padrões de solução para os problemas considerados. Essa descontinuidade impede que um progresso cumulativo em relação a um conjunto único de metas.

Nota-se que a incomensurabilidade epistemológica envolve rupturas tanto com perdas de problemas como sem essas perdas. No primeiro caso, claramente a importância que se atribui ao tratamento de certos problemas e não de outros acarretará divergência na escolha entre os conjuntos rivais de compromissos teóricos e de práticas associadas a resoluções dos problemas escolhidos. No caso em que não ocorrem perdas de problema, mesmo que os problemas relevantes tratados por uma tradição de pesquisa sejam também tratados pelo paradigma mais abrangente, ainda assim pode haver uma divergência irreduzível gerada pelos conjuntos de padrões e valores com os quais as comunidades científicas rivais estão comprometidas. Neste caso, diversas razões podem ser levantadas em favor da incomensurabilidade epistemológica: a ambiguidade de regras metodológicas (Kuhn, 1977, 262), um conflito entre resultados de aplicações de regras metodológicas (Kuhn, 1977, 322), ou a

atribuição de pesos diferentes a padrões e valores científicos por parte de comunidades científicas rivais (Kuhn, 1970a, 147-148).

Embora tenha explorado aspectos da incomensurabilidade epistemológica⁷, o esforço de Kuhn se voltou, sobretudo, ao esclarecimento da incomensurabilidade semântica e de suas consequências.

A afirmação de que “[u]ma mudança na rede de compromissos de uma disciplina altera a rede conceitual pela qual os cientistas veem o mundo” (Kuhn, 1970a, 102), feita em SSR, torna-se mais clara no “Postscript”, na ocasião em se declara que defensores de paradigmas rivais “não podem recorrer a uma linguagem neutra, que seja utilizada da mesma maneira e que seja adequada para o enunciado de ambas as teorias ou mesmo das consequências empíricas dessas teorias” (Kuhn, 1970a, 201). A referência à impossibilidade de acessar uma linguagem neutra também aparece em “Reflections on my critics”.⁸

Em “Commensurability, comparability, communicability”, Kuhn apresenta outra visão: “se duas teorias são incomensuráveis, elas devem ser afirmadas em linguagens mutuamente intraduzíveis” (Kuhn, 1983a, 34). Hoyningen-Huene nota que a intraduzibilidade envolve *diretamente* a incomensurabilidade, sem recorrer à tese da impossibilidade de acesso a uma linguagem neutra (Hoyningen-Huene, 1993, 215). Contudo, no mesmo artigo, ocorre a formulação segundo a qual a incomensurabilidade semântica implica que “não existe linguagem neutra, ou outra qualquer, em que ambas as teorias, concebidas como conjuntos de sentenças, podem ser traduzidas sem resíduos ou perdas (Kuhn, 1983a, 36). Assim, é sensato pensar que, nesse artigo, a incomensurabilidade semântica traz a ideia de que duas linguagens rivais não podem ser traduzidas sem perdas de significado ou

referência, seja porque se nega a existência de uma linguagem neutra, seja porque as duas linguagens disponíveis na disputa são tais que essa tradução traria perdas.

Cumpra-se notar que ‘tradução’ nesse contexto tem um sentido estrito. Ela é feita só por quem conhece as duas linguagens envolvidas no processo, e demanda um trabalho que consiste em substituir “palavras ou sequências de palavras do texto por palavras ou sequências de palavras da outra linguagem” (Kuhn, 1983a, 38). Isso não muda o significado das palavras ou frases, embora não seja necessariamente feito substituindo palavras e frases numa relação um-a-um (Kuhn, 1983a, 38).

Não se trata da tradução que envolve um elemento interpretativo, que é operada por um intérprete que, como historiadores e antropólogos, inicialmente, conhece apenas uma única linguagem (Kuhn, 1983a, 37-38). O sucesso da tarefa do intérprete implica que ele tenha aprendido uma nova linguagem, o que pode envolver aspectos da linguagem estrangeira que são distintivos, embora inicialmente ininteligíveis (Kuhn, 1983a, 39).

Com isso, no registro semântico, duas teorias são incomensuráveis exatamente no caso de terem sido formuladas em linguagens que não permitem a realização de uma tradução em sentido estrito (Kuhn, 1983a, 47-53). Mas a impossibilidade da tradução em sentido estrito não impede uma tradução em sentido lato, tendo em vista que a incomensurabilidade não é total.

Kuhn havia indicado em *SSR* que a incomensurabilidade era parcial: paradigmas rivais podem compartilhar, e compartilham, alguns dados observáveis⁹ e alguns problemas¹⁰, embora o compartilhamento de significados e referências de alguns termos

e expressões não fique tão claro, dada o forte holismo semântico que se declara¹¹.

Se no “Postscript”, o holismo já é menos radical¹², em “Commensurability, comparability, communicability”, Kuhn restringe o alcance da “incomensurabilidade semântica”, localiza o domínio problemático que inviabiliza uma tradução ponto a ponto e afirma que há partes comensuráveis de linguagens incomensuráveis. Nessa demanda por esclarecimentos, ele diz:

Muitos dos termos comuns às duas teorias funcionam do mesmo modo em ambas; seus significados, quaisquer que eles sejam, são preservados; sua tradução é simplesmente homofônica. Somente para um pequeno subgrupo de termos (normalmente) interdefinidos e para as sentenças que os contêm realmente os problemas de tradução se originam (Kuhn, 1983a, 36).

Essa é a incomensurabilidade local. A lista de palavras cujas propriedades semânticas não mudam incluem “todo”, “o”, “último”, “primeiro”, “com”, “entre” etc., enquanto “princípio”, “elemento”, “físico”, “corpos”, “composto”, “propriedades”, “ar” etc. estão na lista das palavras cujos significados podem ser alterados na mudança de linguagem. A primeira lista destaca a parte comensurável dessas linguagens rivais. A segunda, a incomensurável. Kuhn descarta a interpretação de um holismo mais radical compatível com algumas passagens de SSR, em que ele afirma que os paradigmas rivais “raramente empregam, de uma maneira totalmente tradicional, esses elementos emprestados” e que “dentro do novo paradigma, termos, conceitos e experiências antigas estabelecem novas relações entre si” (Kuhn, 1970a, 149).

Assim, a comensurabilidade local abre a possibilidade de compreensão de uma linguagem estrangeira, o que permite a comunicação e comparação dos compromissos teóricos assumidos pelas comunidades científicas rivais.

INCOMENSURABILIDADES E SUAS RELAÇÕES

Kuhn sempre sustentou a incomensurabilidade entre compromissos científicos que sucedem e os que antecedem uma revolução científica. Muitos críticos descartaram suas propostas com base numa visão reducionista do núcleo da tese da incomensurabilidade. Shapere, Scheffler e Putnam estão entre os que consideraram em suas críticas fundamentalmente os aspectos semânticos. Por outro lado, a defesa de Doppelt do relativismo kuhniano, frente a algumas dessas críticas, considerou o registro epistemológico o mais básico.

Embora considere diversos aspectos da incomensurabilidade, Shapere apresenta sua objeção central baseando-se em um problema gerado pela incomensurabilidade semântica. Com efeito, ele afirma:

De acordo com Kuhn, ‘as diferenças entre paradigmas são necessárias e irreconciliáveis’; essas diferenças mostram que os paradigmas são incomensuráveis: eles discordam quanto ao que são os fatos e também quanto aos problemas reais a serem atacados e aos padrões que uma teoria bem-sucedida deve atingir. (...) Sendo incomensuráveis, dois paradigmas não podem ser julgados de acordo com a sua habilidade de solucionar problemas, de tratar dos mesmos fatos ou de reunir os mesmos padrões (Shapere, 1966, 83).

Em seguida, ele explica o seu ponto:

os significados, tanto de fatos como de quaisquer outros tipos de termos, são dependentes de teoria (paradigma) e, portanto, são diferentes para as teorias (paradigmas) diferentes; pois, dois conjuntos de significados são diferentes quer dizer, para ambos, que são incomensuráveis; se duas teorias (paradigmas) são incomensuráveis, elas não podem ser diretamente comparadas entre si. (...) A escolha deve ser feita sem qualquer base, arbitrariamente (Shapere, 1966, 83).¹³

Nota-se que o argumento de Shapere assume que a incomensurabilidade semântica inviabiliza a racionalidade científica, a justificação de uma escolha.

A objeção de Scheffler, em *Science and subjectivity*, também se centra em implicações da incomensurabilidade semântica. Depois de destacar que os paradigmas em competição, porque possuem linguagens radicalmente diferentes, não permitem que uma tradução ponto a ponto de um paradigma a outro possa ser levada a cabo (Scheffler, 1982, 81), Scheffler afirma:

Se os paradigmas em competição estão, de fato, baseados em mundos diferentes e se eles tratam de problemas diferentes com o auxílio de padrões diferentes, em que sentido se pode dizer que eles estão em competição? Enfim, como é que existe uma rivalidade entre eles? Declará-los em competição é, afinal, localizá-los dentro de *algum* quadro comum, vê-los de dentro de *alguma* perspectiva compartilhada que satisfaça, pelo menos em princípio, considerações comparativas e avaliativas aplicáveis a ambos (Scheffler, 1982, 82).

A objeção pressupõe que as linguagens rivais que expressam diferenças entre padrões de avaliação, problemas teóricos e experimentais e percepções do mundo impedem a comparação e avaliação de uma rede de compromissos científicos em relação a outra rival.

Por outro lado, Doppelt, em “Kuhn’s epistemological relativism: an interpretation and defense” (Doppelt, 1978, 38-39), considera aberta a possibilidade de defesa do relativismo kuhniano frente a objeções centradas na versão semântica da tese da incomensurabilidade, em particular a de Shapere e a de Scheffler, segundo as quais o relativismo kuhniano provoca uma profunda ruptura entre tradições rivais de pesquisa, promovendo, com isso, a incomunicabilidade na atividade científica.

A estratégia de Doppelt, em sua defesa do que considera ser o relativismo kuhniano, consiste em sustentar que “a incomensurabilidade de problemas científicos fornece a base central para explicar e justificar o argumento em favor do relativismo como um todo” (Doppelt, 1978, 35). Desse modo, Doppelt entende que o equívoco das críticas de Shapere e Scheffler está em considerar que o aspecto semântico “é o pilar indispensável em que assenta o argumento da incomensurabilidade” (Doppelt, 1978, 38). Contra esse pressuposto, ele apresenta outra “base central”: “é a incomensurabilidade de *problemas* científicos entre paradigmas rivais e não essa de *significados* que constitui a premissa mais básica do argumento” favorável ao relativismo kuhniano (Doppelt, 1978, 39).

Para Doppelt, os problemas científicos e os padrões utilizados no encaminhamento da atividade científica estão estreitamente relacionados:

Para Kuhn, o ponto não é simplesmente que os paradigmas rivais (i) focalizam diferentes conjuntos de problemas, (ii) fornecem a esses problemas diferentes prioridades em seus respectivos programas de pesquisa e (iii) definem distintamente os problemas mais básicos (...). Mais precisamente, para Kuhn, essas diferenças ganham importância epistemológica porque elas estão baseadas nos próprios padrões de adequação teórica, nos objetivos específicos da ciência, em termos dos quais cada paradigma avalia a si mesmo e seus rivais (Doppelt, 1978, 42).

Na passagem acima, Doppelt expõe uma conexão muito estreita entre as diferenças de conjuntos de problemas e os padrões e valores que compõem os paradigmas rivais. A ideia de Doppelt é que as diferenças de conjuntos e de prioridades de problemas a serem solucionados ganham *importância epistemológica* por conta dos padrões de adequação de explicações científicas e dos valores cognitivos aceitos pelos paradigmas rivais. Ele quer dizer que a relevância dada aos problemas tratados se ajustam com os tipos de padrões e valores aceitos. Se a teoria do oxigênio de Lavoisier não resolvia certos problemas que anteriormente a teoria do flogisto resolvia, deve-se notar que as explicações que a teoria do oxigênio deixou de dar eram notadamente qualitativas, um padrão de explicação que Lavoisier e seus seguidores não valorizavam mais. Assim, a incomensurabilidade entre agendas de problemas a serem resolvidos não pode ser dissociada, a não ser para fins analíticos, da incomensurabilidade entre padrões e valores cognitivos.

Para Doppelt, há uma prioridade do aspecto epistemológico da incomensurabilidade em relação ao semântico.¹⁴ Nesse sentido,

o ponto central a ser compreendido na interpretação de Doppelt é o de como se relacionam os diversos domínios incomensuráveis. Como fica essa “sobreposição” de incomensurabilidades? (Doppelt, 1978, 39) A estratégia de Doppelt revela uma posição reducionista. Por isso, ele deveria mostrar tal hierarquia das incomensurabilidades. Mas a conexão entre a incomensurabilidade semântica e a incomensurabilidade de problemas e padrões científicos não é explicitada por Doppelt.

O significado que Doppelt atribui ao termo “sobreposição” é vago. Uma referência à prioridade da incomensurabilidade epistemológica em relação à semântica poderia ser feita com a passagem, em SSR, em que, ao comparar os vocabulários de newtonianos com os de aristotélicos para tratar de questões relativas ao movimento, Kuhn conclui que “nosso léxico, de uma maneira mais poderosa e precisa do que o seu [de Aristóteles], permite lidar com aqueles que são *para nós* os problemas de dinâmica, mas esses não são os seus problemas (...)” (Kuhn, 1993, 330). Na interpretação de que o léxico serve a uma agenda de problemas, à medida que o léxico newtoniano lida melhor com os seus problemas do que o léxico aristotélico, transparece a ideia de que diferenças de problemas e padrões de solução são os determinantes de um bom léxico, ou seja, a partir dos problemas e padrões de solução podemos reconhecer os melhores léxicos. Mas não é esse sentido de prioridade que Doppelt tenciona defender.

De fato, a posição de Doppelt enfrenta sérias dificuldades para ser levada a cabo. Levando em conta o mesmo exemplo da passagem da mecânica clássica para a física relativista, Kuhn indica que as incomensurabilidades epistemológica e semântica

possuem diferentes escopos. Nesse caso, a ruptura acentuada é semântica. Mais precisamente, segundo Kuhn, a afirmação de que a dinâmica newtoniana pode realmente ser derivada da dinâmica relativista é “espúria”, “pelo menos” no seguinte aspecto semântico:

Embora os N_i 's sejam um caso especial de mecânica relativista, eles não são as leis de Newton. (...) As variáveis e os parâmetros que os E_i 's einsteinianos representavam posição espacial, tempo, massa etc. ainda ocorrem nos N_i 's; contudo, eles continuam representando o espaço, o tempo e a massa einsteiniana. Mas os referentes não são de modo algum idênticos àqueles conceitos newtonianos que levam o mesmo nome. (A massa newtoniana é conservada; a einsteiniana é conversível em energia (...).) (Kuhn, 1970a, 101-102)

A incomensurabilidade semântica aparece como o que se escondia de modo subliminar no que formalmente pareceria um caso típico de acúmulo de conhecimento ou de redução de teorias. Nesse sentido, a posição de Doppelt implicaria uma perda de compreensão da própria história da ciência. A tese geral da incomensurabilidade deve dar conta de que desacordos como esses, em que não há perdas de problemas nem mudança de padrões de avaliação, de modo que teorias possam entrar em conflito com um de seus casos especiais (Kuhn, 1970a, 99).

Entendemos que os aspectos semânticos, epistemológicos e ontológicos da incomensurabilidade guardam certa independência, ainda que possam estabelecer algumas relações. Essas dimensões da incomensurabilidade são decorrentes da

aprendizagem da linguagem, um processo complexo que não é estabelecido por regras.

Ainda em “Commensurability, comparability, communicability”, Kuhn afirma que já não utilizaria o termo ‘incomensurabilidade’ para designar diferenças entre métodos problemas e padrões de solução, “exceto pelo fato considerável de que tais diferenças são consequências necessárias do processo de aprendizagem da linguagem.” (1983a, 34, n. 2) Ora, essa declaração não afirma que a incomensurabilidade epistemológica é derivada da semântica, embora possam caminhar juntas.

Mais recentemente, em “A discussion with Thomas S. Kuhn”, ele disse: “eu agora penso que *é tudo* linguagem e associo isso à mudança de valores”. Em seguida, acrescenta: “valores são adquiridos junto com a linguagem” (Kuhn, 2000, 298). Fica claro que ainda que um episódio revolucionário implique uma mudança de linguagem, as diferenças entre valores e aspectos semânticos de duas tradições de pesquisa se revelam com o aprendizado de uma nova linguagem, de modo que não se deriva daqui uma prioridade semântica em relação à epistemológica.

POR QUE DESTACAR A INCOMENSURABILIDADE EPISTEMOLÓGICA?

Se considerarmos a natureza das críticas apresentadas aqui contra a incomensurabilidade kuhniana e analisarmos a força crítica que a sua dimensão semântica oferece à tradição filosófica que procura, na esfera metodológica, promover a racionalidade das escolhas científicas, encontraremos razões para preservar e explorar um tratamento da incomensurabilidade epistemológica.

O fato de a incomensurabilidade semântica permitir que cientistas rivais se comuniquem e comparem as suas redes de compromissos dissolve a dificuldade apontada por Scheffler, a saber, a tese da incomensurabilidade não poderia ser sequer formulada coerentemente, dado que declarar que paradigmas são rivais pressupõe um quadro comum. De fato, Kuhn sustenta que os cientistas podem comparar seus compromissos com os de um grupo rival:

Os termos que preservam seus significados durante uma mudança de teoria fornecem uma base suficiente para a discussão das diferenças e para as comparações relevantes para a escolha de teoria. Eles ainda fornecem (...) uma base a partir da qual os significados de termos incomensuráveis possam ser explorados (Kuhn, 1983a, 36).

A incomensurabilidade semântica local não impede a compreensão das propostas de uma teoria rival. As diferenças semânticas entre teorias científicas rivais não implicam a incomunicabilidade entre os seus defensores nem a impossibilidade de comparação entre os compromissos de pesquisa aos quais se vinculam.

As possibilidades de compreensão e de comparação dependem de um processo de aprendizagem que envolve uma interpretação da linguagem estrangeira para a linguagem nativa. Além disso, trata-se de um processo contínuo de aprendizado conjunto das sequências de termos cujos significados são interdependentes. Não há uma barreira intransponível na comunicação de comunidades científicas rivais.

Kitcher, em “Implications of incommensurability” (Kitcher, 1982), havia mencionado a tese de que a incomensurabilidade

semântica não apresenta dificuldades para a escolha de paradigmas (Kitcher, 1982, 691).

A impossibilidade de tradução em sentido estrito, não impede que a comunicação e a comparação possam ser estabelecidas.¹⁵ (Kuhn, 1983a, 53) Mais que isso, ao responder às críticas de Kitcher (1978; 1982), Kuhn não considera que a incomensurabilidade semântica impeça a possibilidade de uma comunicação plena entre defensores de paradigmas rivais seria possível.

Em “Theories, theorists and theoretical change” (1978), Kitcher distinguiu teorias da referência que são dependentes do contexto daquelas que não dependem do contexto. Notou que as teorias que não são sensíveis ao contexto são inadequadas para as linguagens naturais, dada a presença de expressões ambíguas. Por fim, argumentou que aquelas sensíveis ao contexto procuram especificar os referentes de signos das mesmas expressões de uma linguagem estrangeira, de uma teoria passada, com o apoio de princípios de uma teoria geral da referência, que visam basicamente fornecer padrões de adequação de expressões a suas referências (Kitcher, 1978, 524). Para Kitcher é sempre possível encontrar uma teoria adequada, ainda que dependente do contexto, com a qual ou se especifique o referente de cada signo produzido pela linguagem da teoria passada ou, se não for possível proceder a essa especificação, pode-se especificar “um conjunto de entidades tais que os referentes de cada signo desse tipo pertencem ao conjunto”. Para ele, Kuhn defenderia com a incomensurabilidade semântica que “para alguns tipos de expressão, somos incapazes de especificar um conjunto de entidades tais que o referente de algum signo desse tipo pertença ao conjunto”. (Kitcher, 1978, 528).

A consequência imediata dessa posição consiste em afirmar que as mudanças de paradigma não apresentam obstáculos insuperáveis para a comunicação dos envolvidos nem para o historiador que pretenda compreendê-las. Com efeito, ao se perguntar se a comunicação plena, almejada pelas estratégias de Kitcher, seria possível entre um químico do século XVIII e um do século XX, Kuhn responde:

Talvez, sim, mas somente se um dos dois aprender a linguagem do outro, tornando-se, nesse sentido, um participante da prática de outra química. A transformação pode ser realizada, mas as pessoas que assim se comunicam são químicos de séculos distintos apenas em um sentido pickwickiano. Tal comunicação de fato permite a comparação significativa (embora não completa) da efetividade dos modos de prática, mas nunca questionei isso (Kuhn, 1983a, 54-55).

A incomensurabilidade semântica definitivamente não apresenta um obstáculo intransponível para a compreensão de um paradigma rival, para a comunicação entre as partes rivais, e, finalmente, para a comparação das alternativas.

Com isso, não é claro que por si a incomensurabilidade semântica ofereça resistência séria à visão tradicional de que a escolha racional conduz a acréscimos de conhecimento e de que haja recursos metodológicos decisivos para explicar a formação de consenso.

No caso de Shapere, que conclui que paradigmas incomensuráveis não podem ser comparados nem julgados por sua habilidade de solucionar problemas, uma resposta deve mostrar que uma decisão racional não implica a rejeição da

incomensurabilidade de problemas e padrões de solução. Assim, não é conveniente nem necessário fixarmo-nos em um registro semântico para tratar da racionalidade científica kuhniana.

Consideremos, para tanto, uma das evidências históricas destacadas por Kuhn em favor da incomensurabilidade epistemológica: o caso da mudança da teoria flogística para a teoria do oxigênio. O primeiro deles é a perda de explicações depois de uma revolução científica. O segundo é a mudança de valores e padrões de avaliação do êxito científico.

A teoria do flogisto vigorava, o que abarca os três primeiros quartos do século XVIII, uma das principais tarefas da química, que “consistia em explicar as qualidades das substâncias químicas e as mudanças por elas sofridas durante as reações químicas” (Kuhn, 1970a, 107).

A teoria do flogisto explicava por que os corpos queimam. Eles queimam porque esses corpos são ricos em flogisto, isto é, neles há o princípio inflamável (Kuhn, 1970a, 100-101).

Outro problema que a teoria do flogisto explicava era por que os metais eram mais semelhantes entre si do que os “óxidos”. Segundo a teoria, era porque, ao contrário dos “óxidos”, os metais continham flogisto. Como conta Kuhn, “os metais são todos compostos por terras elementares combinadas com o flogisto e este último, comum a todos os metais, gera propriedades comuns” (Kuhn, 1970a, 100-101).

O sucesso da teoria enunciada por Stahl também se devia ao fato de explicar os processos de combustão. Quando os metais desflogistizados são tratados com carvão (um corpo rico em flogisto), o flogisto do carvão em brasa combina-se com tais metais desflogistizados produzindo metais. Já que o carvão, corpo saturado de flogisto, podia dar novamente a um metal oxidado

o seu brilho metálico inicial, isso significava que ele lhe havia transferido o seu flogisto. O princípio inflamável eliminado do carvão revivificava, desse modo, o metal morto.

O problema anômalo que dividiu a comunidade dos químicos em meados do século XVIII consistia em dar uma explicação para o aumento de peso de corpos metálicos ao passarem por um processo de aquecimento, um fato inesperado, pois a maior parte dos corpos naturais perdia peso ao ser aquecida. Esse problema já havia sido detectado por Boyle, em 1661, e, antes dele, pelo francês Jean Rey, em 1630.

Priestley, um dos defensores mais fervorosos da teoria flogística, explicava o aumento de peso adicionando à teoria a hipótese *ad hoc* segundo a qual o flogisto tinha peso negativo. Assim, despreendendo flogisto, o metal ganharia peso; enquanto absorvendo o princípio inflamável, perderia peso.

Lavoisier, no último quarto do século XVIII, dedicou-se a experiências com o ar, procurando encontrar uma explicação para o problema anômalo sobre o aumento de peso do produto dos metais quando aquecidos. Depois de uma série de experimentos, Lavoisier apresenta uma solução para o problema: o aumento de peso se deve à combinação do oxigênio do ar com a substância queimada; o calor e a luz que são liberados provêm do oxigênio gasoso e não de um princípio inflamável (Partington, 1972, 56).

Devemos notar que o que ocorreu nessa mudança não foi apenas uma perda de interesse nas explicações flogísticas, mas uma incapacidade inicial de explicar alguns dos problemas anteriormente considerados importantes.

Nesse caso, a mudança de conjunto de problemas científicos foi acompanhada, segundo Kuhn, de uma mudança de valores ou padrões de avaliação das soluções propostas. No caso, a explicação

de Lavoisier para o aumento de peso dos metais aquecidos eliminou os “princípios” químicos da teoria flogística e, com isso, “privou a química de parte do poder explicativo real e muito de seu poder potencial”, tornando-se “necessária uma mudança nos padrões científicos para compensar essa perda” (Kuhn, 1970a, 107). Assim, o que se perdeu já não era valorizado. Se, por um lado, muitas das propriedades qualitativas dos compostos químicos não poderiam ser explicadas – tais como o grau de semelhança de metais e ácidos, por que um corpo queima etc. –, por outro, essas perdas se ajustavam a padrões de explicação.

A nova química de Lavoisier não tratava das mesmas questões que a teoria flogística nem considerava as explicações qualitativas as mais apropriadas. Os dois paradigmas têm agendas de problemas diferentes e procuram explicá-los de acordo com padrões de êxito distintos.

Ambos os tipos de evidências favoráveis à incomensurabilidade epistemológica dependem da historiografia adotada por Kuhn, bem como da habilidade em aplicá-la.

A tese das perdas de explicação opõe-se notadamente a uma noção cumulativa de progresso científico.

Quanto à tese da mudança de valores ou padrões de avaliação, pode-se notar que ela refuta a noção cumulativa de progresso científico, sem fazer uso da tese da perda de explicações. Segundo Kuhn,

Essas mudanças características na concepção da comunidade científica acerca de seus legítimos problemas e padrões seriam menos significativas para as teses deste ensaio, se nós pudéssemos supor que elas sempre fossem de um tipo metodológico inferior para um superior. Nesse caso, seus efeitos também pareceriam cumulativos.

Não causa espanto que alguns historiadores tenham argumentado que a história da ciência registra um aumento contínuo na maturidade e refinamento da concepção que o homem tem da natureza da ciência. Contudo, o caso do desenvolvimento cumulativo dos problemas e padrões da ciência é mais difícil de estabelecer do que o caso de acúmulo de teorias. A tentativa de explicar a gravidade abandonada de maneira proveitosa pelos cientistas do século dezoito não estava dirigida a um problema intrinsecamente ilegítimo; as objeções às forças inatas não eram inerentemente não científicas nem metafísicas em algum sentido pejorativo. Não existem padrões exteriores que permitam um julgamento científico dessa espécie (Kuhn, 1970a, 108).

Vejamos, com isso, que, dentro de um quadro kuhniano de desenvolvimento da ciência não há espaço para se pensar em um progresso com respeito aos padrões de avaliação.

Feitas essas ressalvas, podemos constatar que, para Kuhn, é inadequado o pressuposto da tradição metodológica de que existe uma instância à qual possamos recorrer para julgar inequivocamente qual é o melhor paradigma, se a história da ciência apenas nos apresenta conjuntos de padrões e valores incompatíveis entre si. Assumir que possuímos essa instância neutra e decisiva é, para Kuhn, assumir uma posição em filosofia da ciência que não atribui o devido valor aos registros históricos.

Havendo boas razões tanto para uma parte da comunidade científica permanecer no paradigma em crise como para aquela que pretende migrar para o novo paradigma, um modelo kuhniano de racionalidade científica deveria permitir que cada paradigma possa ser usado pelos cientistas em defesa de seu

próprio paradigma. Nas próprias declarações de Kuhn, notamos isso:

a escolha entre paradigmas em competição demonstra ser uma escolha entre modos incompatíveis de vida comunitária. Por ter esse caráter, ela não é e não pode ser determinada simplesmente pelos procedimentos de avaliação característicos da ciência normal, pois esses dependem parcialmente de um paradigma determinado e esse paradigma, por sua vez, está em questão. Quando os paradigmas participam – e devem fazê-lo – de um debate sobre a escolha de um paradigma, seu papel é necessariamente circular. Cada grupo utiliza seu próprio paradigma para argumentar em defesa desse mesmo paradigma. (...) Naturalmente, o círculo resultante não torna esses argumentos errados ou mesmo ineficazes. (...) Contudo, seja qual for a sua força, o *status* do argumento circular equivale tão-somente ao da persuasão. Na escolha de um paradigma, como nas revoluções políticas, não existe critério superior ao consentimento da comunidade relevante (Kuhn, 1970a, 94).

A incomensurabilidade e o tipo de lealdade que um cientista tem com um paradigma explica a natureza circular dos argumentos favoráveis ao paradigma em crise e ao seu rival. O que da perspectiva de um antikuhniano é uma petição de princípio, para Kuhn resulta da defesa de que não há padrões neutros (tese da incomensurabilidade entre paradigmas) e de que cada paradigma fornece padrões cognitivos para a escolha científica.

Assim como Shapere, filósofos da ciência, como Lakatos, Popper, e, mais recentemente, Putnam, se contrapuseram a essa

posição kuhniana alegando, por razões diferentes, que Kuhn promoveria a irracionalidade na ciência.

Lakatos refere-se a motivações subjetivas, para alegar a irracionalidade a que incorreria a concepção kuhniana de desenvolvimento da ciência (Lakatos, 1970, 93). Popper, em “Normal science and its dangers”, destaca o perigo que o relativismo kuhniano representa: “o mito do referencial é, em nosso tempo, o baluarte do irracionalismo” (Popper, 1970, 56). Trata-se, segundo Popper, de uma posição dogmática porque assume, sem argumentação e sem se abrir à crítica, a inexistência de regras de escolha de teorias que produzam consenso sobre que caminho a ciência deverá seguir. Putnam, em *Reason, truth and history*, alegou que a tese da incomensurabilidade (embora usando de maneira relevante apenas uma versão semântica dessa tese) implicaria suicídio mental, dado que ela é incompatível com a existência de padrões de correção objetivos, necessários para distinguir entre “estar certo” e “pensar que está certo” (Putnam, 1981, 122).

A abordagem da incomensurabilidade epistemológica destaca o registro da justificação da escolha e da aceitação de um paradigma. O relativismo e o modelo de racionalidade científica, que se descrevem nesse registro, parecem fornecer um tratamento mais adequado para refletir criticamente sobre as objeções levantadas contra a tese da incomensurabilidade. Levando em consideração os tipos de padrões de avaliação, tais como precisão, abrangência, poder preditivo, poder explicativo, fertilidade, consistência interna e externa, simplicidade etc., os problemas acerca de quais são epistêmicas e quais são pragmáticas, quais possuem maior peso para uma dada comunidade científica

exigem considerações que são propriamente epistemológicas, não semânticas.

É certo que em seu tratamento da incomensurabilidade entre teorias rivais (não mais paradigmas), Thomas Kuhn declara que uma mudança de léxico é condição necessária para que se afirme a incomensurabilidade entre teorias concorrentes. Mas isso não implica que a incomensurabilidade semântica captura as peculiaridades decorrentes da incomensurabilidade epistemológica.

Qualquer forma reducionista de considerar as diversas dimensões da incomensurabilidade reduz também a riqueza de desafios que as reflexões de Kuhn sobre a ciência podem oferecer. Para quem quer defendê-lo ou criticá-lo, reduzir a incomensurabilidade semântica à epistemológica, ou vice-versa, oblitera outras dificuldades que poderiam ser apreciadas.

NOTAS

¹Professor da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) robinsonguitarrari@gmail.com

²Professor da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo (USP) ceplasti@usp.br

³A expressão ‘modelo de fases’ é de Hoyningen-Huene (Hoyningen-Huene, 1993).

⁴As referências a *SSR* (1962) e ao seu “Postscript” (1969) encontram-se em Kuhn 1970a.

⁵O conceito de paradigma, aqui utilizado, está de acordo com a sua acepção mais ampla, apresentada no “Postscript” à segunda edição de *The structure of scientific revolutions* (Kuhn, 1970a, 175) e em “Second thoughts on paradigms” (Kuhn, 1974a, 294), a saber, ele “representa a constelação de crenças, valores,

técnicas etc. compartilhada pelos membros de uma dada comunidade” (Kuhn, 1970a, 175). Não será utilizado ‘paradigma’ para se referir a exemplares. ‘Exemplar’ será “um tipo de elemento dessa constelação, as soluções concretas de quebra-cabeças que, utilizadas como modelos ou exemplos, podem substituir as regras explícitas como uma base para a solução dos restantes quebra-cabeças da ciência normal” (Kuhn, 1970a, 175)

⁶Essas distinções já foram destacadas, de um ou outro modo, por Doppelt (Doppelt, 1978, 34), bem como por Hoyningen-Huene (Hoyningen-Huene, 1993, 208-212).

⁷Depois do texto de *SSR*, referências à incomensurabilidade epistemológica aparecem em “Reflections on my critics” (Kuhn, 1970c, 157-158), em “Notes on Lakatos” (Kuhn, 1971, 146), em “Objectivity, value judgment, and theory choice” (Kuhn, 1977a, 322, 331) e em “The trouble with the historical philosophy of science” (Kuhn, 1992, 114).

⁸Novamente, Kuhn afirma que não há um vocabulário disponível com base no qual as consequências empíricas de teorias rivais possam ser traduzidas sem perdas ou mudanças. Nesse sentido, é impossível a comparação ponto a ponto de teorias rivais: “[a] comparação ponto a ponto de duas teorias sucessivas exige uma linguagem em que pelo menos as consequências empíricas de ambas possam ser traduzidas sem perdas ou mudanças. (...) Feyerabend e eu argumentamos detalhadamente que tal vocabulário não está disponível.” (Kuhn, 1970c, 162)

⁹Quanto ao aspecto ontológico, declara-se que na mudança de uma tradição de pesquisa normal a percepção do cientista deve ser reeducada “em algumas situações familiares”. A mudança de *Gestalt* que essa reeducação envolve implica que “o mundo de sua pesquisa parecerá, aqui e ali, incomensurável com o que ele habitava anteriormente”. (Kuhn, 1970a, 112)

¹⁰Quanto ao aspecto epistemológico, Kuhn indica essa mesma propriedade: “a recepção de um novo paradigma requer com frequência uma redefinição da ciência correspondente. Alguns problemas antigos podem ser relegados à outra ciência ou considerados como absolutamente “não científicos”. Outros problemas anteriormente tidos como não existentes ou triviais podem, com um novo paradigma, converter-se nos arquétipos das realizações científicas importantes. À medida que os problemas mudam, mudam também, seguidamente, os padrões que distinguem uma verdadeira solução científica de uma simples especulação metafísica ou de uma brincadeira matemática.”

(Kuhn, 1970a, 103) A passagem indica que alguns dos problemas comuns aos paradigmas rivais são os que deixaram de ter importância significativa e passaram a ser considerados triviais; mas, além disso, devemos considerar que os problemas anômalos constituem outra classe de problemas comuns aos paradigmas rivais.

¹¹Segundo Kuhn, os novos paradigmas “incorporam ordinariamente grande parte do vocabulário e dos aparatos conceituais” utilizados pelo paradigma tradicional, embora “raramente empregam esses elementos emprestados” da mesma maneira: “[d]entro do novo paradigma, termos, conceitos e experiências antigas estabelecem novas relações entre si”. (Kuhn, 1970a, 149)

¹²Segundo Kuhn, existem termos e locuções que são usados sem problemas e que podem ser traduzidos “de maneira homófona” (Kuhn, 1970a, 202).

¹³Posteriormente, Shapere defendeu a existência de um “domínio” comum entre paradigmas sucessivos, ou seja, “um campo de informação a ser investigado”, que embora problemático em certos aspectos, é passível de tratamento unificado, constituindo um dos aspectos básicos para o desenvolvimento de um modelo de racionalidade científica (Cf. Shapere, 1984, xxii).

¹⁴A relação entre os aspectos semânticos e ontológicos é mais clara. O que se reconhece como mundo é relativo ao esquema conceitual fornecido pelo paradigma vigente “Reflections on my critics”: “Por que a tradução, entre teorias ou linguagens, é tão difícil? Porque, como têm sido frequentemente consideradas, as linguagens recortam o mundo de diferentes modos e não temos acesso a um meio sublinguístico neutro para relatar” (Kuhn, 1970c, 164). O que se reconhece como mundo não é uma instância sublinguística neutra para resolver problemas de tradução, dado que linguagens distintas produzem diferentes mundos de experiência. Nessa medida, vemos a dependência do aspecto ontológico em relação ao aspecto semântico da incomensurabilidade entre paradigmas rivais.

¹⁵Hacking trata esse aspecto da incomensurabilidade semântica como “dissociação”. Segundo ele, “O discurso de Paracelso é incomensurável com o nosso, porque não existe modo de associar o que ele quer dizer com algo que queremos dizer. Podemos expressá-lo em inglês [português], mas não podemos afirmá-lo ou negá-lo. No melhor dos casos, alguém pode falar a seu modo somente se se tornar alienado ou dissociado do pensamento de nossa época. Por isso, direi que o contraste entre nós e Paracelso é *dissociação*” (Hacking, 1983, 71).

REFERÊNCIAS

DOPPELT, G. (1978) Kuhn's epistemological relativism: an interpretation and defense. *Inquiry*, v. 21, p. 33-86.

DOPPELT, G. (1988) The philosophical requirements for an adequate conception of scientific rationality. *Philosophy of Science*, v. 55, p. 104-133.

DOPPELT, G. (1990) The naturalist conception of methodological standards in science: a critique. *Philosophy of Science*, v. 57, p. 1-19.

FEYERABEND, P. (1987) Putnam on incommensurability. *British Journal for the Philosophy of Science*, v. 38, p. 75-81.

GUITARRARI, R. (1999) *Relativismo kuhniano quanto à racionalidade científica e acusações de incoerência*. São Paulo (Dissertação de Mestrado, Departamento de Filosofia, FFLCH-USP).

GUITARRARI, R. (2004) *Incomensurabilidade e racionalidade científica em Thomas Kuhn: uma análise do relativismo epistemológico*. São Paulo (Tese de Doutorado, Departamento de Filosofia, FFLCH-USP).

HOYNINGEN-HUENE, P. (1987) Context of discovery and context of justification. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 18, p. 501-515.

HOYNINGEN-HUENE, P. (1993) *Reconstructing scientific revolutions: Thomas Kuhn's philosophy of science*. Chicago/Londres, Chicago University Press.

HOYNINGEN-HUENE; P.; Oberheim, E.; Andersen, H. (1996) On incommensurability. *Studies in History and Philosophy of Science*, v. 27, p. 131-141.

KITCHER, P. (1978) Theories, theorists and theoretical change. *Philosophical Review*, LXXXVII, p. 519-547.

KITCHER, P. (1982) Implications of incommensurability. *PSA 1982*, v. 2, p. 689-703.

KUHN, T.S. (1970a) *The structure of scientific revolutions*. 2. ed., ampliada. Chicago, Chicago University Press.

KUHN, T.S. (1970b) Logic of discovery or psychology of research? In: I. Lakatos; A. Musgrave (eds.) (1970) *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, Cambridge University Press. p. 1-23.

KUHN, T.S. (1977) *The essential tension*. Chicago, University of Chicago Press.

KUHN, T.S. (2000) *The road since Structure*. Chicago/Londres, The University of Chicago Press.

LAKATOS, I.; Musgrave, A. (eds.) (1970) *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge, Cambridge University Press.

LAUDAN, L. (1984a) *Science and values: the aims of science and their role in scientific debate*. Berkeley, University of California Press.

LAUDAN, L. (1987b) Methodology's prospects. In: A. Fine; P. Machamer, (eds) (1987) *PSA 1986*, v. 2, p. 347-354.

LAUDAN, L. (1996) *Beyond positivism and relativism: Theory, method and evidence*. Colorado, Westview Press.

LAUDAN, L. (1996b) For method: answering the relativist critique of methodology of Kuhn and Feyerabend. In: L. Laudan (1996) *Beyond positivism and relativism: theory, method and evidence*. Colorado, Westview Press. p. 88-112.

LAUDAN, L. et al. (1993) Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica. Tradução de C.A. Plastino. *Estudos Avançados*, v. 19, p. 7-89.

MCMULLIN, E. (1983) Values in science. In: W.H. Newton-Smith (2001) *A companion to the philosophy of science*. Oxford, Blackwell. p. 550-560.

MCMULLIN, E. (1988) The shaping of scientific rationality: construction and constraint. In: E. McMullin (ed.) (1988). *Construction and constraint: the shaping of scientific rationality*. Notre Dame, University of Notre Dame Press. p. 1-47.

MCMULLIN, E. (1993) Rationality and paradigm change in science. In: P. Horwich (ed.) (1993) *World changes. Thomas Kuhn and the nature of science*. Cambridge, MIT Press. p. 55-78.

MEILAND, J.W. (1973) Cognitive relativism: Popper and the argument from language. *Philosophical Forum*, v. 4, p. 406-421.

MEILAND, J.W. (1974) Kuhn, Scheffler, and objectivity in science. *Philosophy of Science*, v. 41, p. 179-187.

MEILAND, J.W. (1980b) Relativism, criteria, and truth. *Philosophical Quarterly*, v. 30, p. 229-231.

PARTINGTON, J.R. (1972) Chemistry through the eighteenth century. In: A. Ferguson (ed.) *Natural philosophy through the 18th century and allied topics*. Londres, Taylor & Francis. p. 47-66.

PLASTINO, C.E. (1999) Relativismo cognitivo. Disponível em: <http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/relativism.htm>. Acesso em: 15 maio 2004.

POPPER, K.R. (1961) Fatos, padrões e verdade: uma crítica adicional ao relativismo. In: K.R. Popper (1987) *A sociedade aberta e seus inimigos*, v. 2, São Paulo, Itatiaia/EDUSP. p. 389-416.

POPPER, K.R. (1976) The myth of the framework. In: J. Pitt; M. Pera (eds.) (1987) *Rational changes in science – essays on the scientific reasoning*, Dordrecht, D. Reidel Publishing Company. p. 35-62.

PUTNAM, H. (1981a) *Reason, truth and history*. Cambridge, Cambridge University Press.

SCHEFFLER, I. (1982) *Science and subjectivity*. Hackett Publishing Company.

SHAPER, D. (1966) Meaning and scientific change. In D. Shaper (1984) *Reason and the search for knowledge*. Dordrecht, Reidel. p. 58-101.

SHAPER, D. (1988) Discussion: Doppelt crossed. *Philosophy of Science*, v. 55, p. 134-140.

SHAPER, D. (1989) Evolution and continuity in scientific change. *Philosophy of Science*, v. 56, p. 419-437.

WORRALL, J. (2001) Pragmatic factors in theory acceptance. In: W.H. Newton-Smith (2001) *A companion to the philosophy of science*. Oxford, Blackwell. p. 349-357.

O PROBLEMA DA DEMARCAÇÃO CIENTÍFICA EM KARL POPPER

Juliana Barbosa Brito¹

RESUMO: A preocupação em identificar características próprias da ciência é algo recorrente ao longo da história da filosofia. Muitos critérios de demarcação científica já foram propostos sob diversos pontos de vista. Tal problema foi investigado pelo filósofo Karl Popper ao constatar a necessidade de um critério adequado que determinasse o caráter científico de uma teoria. No presente artigo pretendo apresentar o problema da demarcação entre conhecimento científico e conhecimento não científico no pensamento epistemológico de Karl Popper. Abordarei a crítica do filósofo ao método indutivo de pesquisa, bem como a crítica dirigida à filosofia positivista do Círculo de Viena, demonstrando que o método positivista de verificação, proposto como critério de demarcação, não é plausível para determinar o caráter científico de uma teoria. Por fim, apresentarei o método de investigação científica defendido por Popper, e a sua solução para o problema da demarcação.

PALAVRAS-CHAVE: Epistemologia; Indução; Demarcação Científica; Falseabilidade.

ABSTRACT: The concern to identify typical characteristics of science is something recurrent throughout the history of philosophy. Many scientific demarcation criteria have already been proposed under various points of view. Such a problem was investigated by the philosopher Karl Popper in order to seek for an adequate criterion in determining the character of a scientific theory. In this article I intend to present the problem of demarcation between scientific and non-scientific knowledge on the epistemological thought of Karl Popper. I'll discuss the critics of the philosopher to the inductive method of research, as well as the criticism addressed to the positivist philosophy of the Vienna Circle, demonstrating that the positivist verification method, proposed as a demarcation criterion, it is not feasible to determine the character of a scientific theory. Finally, I will present the scientific research method carried out by Popper, and his solution for the problem of demarcation.

KEYWORDS: Epistemology; Induction; Demarcation Problem; Falsifiability.

A filosofia de Karl Raimund Popper (1902-1994) está presente no cerne do pensamento epistemológico do século XX. Sua obra abarca questões fundamentais da filosofia da ciência, tal como o método científico, o problema da verdade e da racionalidade. Surge com o filósofo o que ele denomina “racionalismo crítico”, uma nova forma de lidar com a ciência, onde a jornada em busca da verdade é guiada sempre por posicionamentos críticos e racionais.

O presente trabalho pretende investigar o problema da demarcação científica em Karl Popper. O objetivo é esclarecer as razões que levaram o filósofo a se ocupar desse problema em grande parte da sua obra e apontar a sua solução dada para o mesmo. Razões essas que estavam relacionadas a algumas teses filosóficas anteriores e até mesmo contemporânea ao filósofo, a saber: o problema da indução e a filosofia positivista do Círculo de Viena.

O PROBLEMA DA INDUÇÃO

A indução consiste em construir um discurso da ciência a partir de fatos observados (experiência). Esse tipo de raciocínio pretende anunciar leis universais baseadas em alguns fatos observados, ou seja, a partir de certo número de observações, chega-se a uma conclusão generalizada. Essa passagem do particular para o universal é o que chamamos de indução. Por exemplo: se experienciamos 10 vezes que a pele queima em contato com o fogo, concluiremos que o fogo é um fenômeno que queima a pele. Percebe-se que o conhecimento passou de alguns fatos isolados para uma conclusão mais geral, esse alargamento

do conhecimento é em que consiste o raciocínio indutivo.

O problema da indução foi uma das grandes preocupações de Popper, pois:

“a indução foi sempre um dos critérios mais populares para a demarcação do campo da ciência, as ciências empíricas são, via de regra, caracterizadas pelos seus métodos, os quais, por sua vez, são geralmente qualificados de indutivos”.²

O que inquietava Popper era a incoerência desse método e do seu critério de demarcação científica, que veio a ser apontada primeiramente por Hume. David Hume foi quem, pela primeira vez na história da filosofia, levantou questões relativas ao método indutivo e às suas falhas. O problema da indução, ou o problema de Hume (como é comumente nomeado) foi considerado por Popper como um dos mais importantes problemas do século passado e foi através de Hume que Popper chegou a tal discussão. O empirista escocês notou que não era possível justificar por meio da lógica o método indutivo porque não temos razão para sustentar leis gerais partindo de fatos observados para fatos não observados. Ou seja, não há como justificar logicamente uma conclusão da qual ainda não tivemos experiência, baseada apenas em observações passadas, desmerecendo os acontecimentos e descobertas futuras. E nem se apoiando na experiência, pois, de acordo com Popper:

A tentativa de justificar a prática da indução por um apelo à experiência tem de conduzir a uma regressão infinita. Em consequência, podemos dizer que as teorias nunca podem ser inferidas de enunciados de observação, ou racionalmente justificadas por eles.³

O método de raciocínio que parte de enunciados particulares para leis universais com pretensão de verdade, não se justifica pelo fato de que as afirmações baseadas na experiência falam sobre o singular e não sobre o universal.⁴

A resposta de Hume ao problema da indução é baseada na ideia de costume ou hábito, para ele “somos condicionados pelas repetições e pelo mecanismo de associação de ideias, mecanismo sem o qual, diz Hume, dificilmente poderíamos sobreviver”⁵. Para Popper a resposta ao problema da indução oferecida por Hume é irracionalista, pois está baseada na crença humana e na necessidade de regularidade do universo. Em termos filosóficos é uma explicação insuficiente, uma tentativa malograda, que mais parecia uma teoria psicológica. Os seres humanos acreditam que há certa regularidade nas coisas, no que se refere aos fenômenos, por isso tendemos a acreditar que o futuro será igual ao passado, é o que defende Hume. Popper afirma que tal teoria nos leva a conclusão de que a razão desempenha um papel menor no entendimento.

O problema da indução pode ser analisado através de dois pontos de vista distintos: o lógico e o psicológico. O problema lógico da indução consiste no fato de que não podemos justificar o método indutivo, pois não há argumento lógico válido que nos permita afirmar que aqueles casos dos quais não tivemos experiência alguma se assemelham àqueles que já experimentamos anteriormente. A falta de resposta ao problema lógico da indução nos conduz ao seu problema psicológico. O problema psicológico da indução consiste na tese humeana de que “o costume ou o hábito” é o guia que nos leva ao conhecimento. Possuímos uma crença quase instintiva na continuidade dos acontecimentos passados em relação ao futuro. A teoria psicológica de Hume nada

mais é do que parte do senso-comum, uma explicação popular e que pode e deve ser refutada logicamente. Mesmo Hume admitindo que a indução é um método logicamente inválido, ele não foi razoável em propor uma explicação psicológica da indução, deixando em segundo plano o papel da razão. E foi essa explicação psicológica que manteve Hume no plano irracional no que tange ao conhecimento científico.

Não há dúvida de que Hume tinha mais em vista uma teoria psicológica do que propriamente filosófica, pois tentou dar uma explicação causal de um fato psicológico – o fato de acreditarmos em leis, enunciados que afirmam padrões de regularidades ou tipos de acontecimentos constantemente associados.⁶

Popper concorda plenamente com Hume em relação à não justificação lógica da indução, mas discorda da explicação psicológica da indução em termos de costume ou hábito. Neste sentido é que Popper defende que a via da indução deve ser evitada porque ela nos conduz ao irracionalismo. Mas Popper diz solucionar o *problema de Hume*, e ainda alega que “... não há choque entre minha teoria de não-indução e a racionalidade, ou o empirismo, ou o procedimento da ciência”.⁷

Se para Popper não é razoável alegarmos que uma lei universal, que tenha sido extraída de observações particulares, seja verdadeira, porque nenhuma quantidade de enunciados particulares verdadeiros justificaria a conclusão de uma asserção universal verdadeira, é racionalmente correto alegar a falsidade de uma lei universal baseado no valor de verdade das asserções particulares (testadas). E assim Popper conclui: “não há, pois, indução: nunca argumentamos passando de fatos para teorias — a

não ser com o objetivo de refutar ou falsear as teorias”⁸

O que Popper defende é uma postura crítica e racionalista nas ciências, que se caracteriza pela tentativa de refutar racionalmente as teorias a fim de eliminar os erros e com isso possibilitar a ciência caminhar em direção ao progresso. Para ele, não se pode produzir conhecimento pelo método indutivo, ao contrário, é pelo método dedutivo que essa produção é possível, mesmo sendo um conhecimento de natureza conjectural.

Embora os dois referidos problemas (indução e demarcação) tivessem origem na modernidade, são investigados por Popper em sua obra *A Lógica da Pesquisa Científica* como uma discussão crítica à doutrina positivista do Círculo de Viena. Apesar de ter vivenciado o mesmo momento histórico e filosófico dos positivistas lógicos, Popper adotou uma postura avessa a estes e assim conquistou um lugar diferenciado na história da filosofia contemporânea.

O conceito de ciência vigente em seu meio intelectual era o conceito postulado pelo positivismo lógico do Círculo de Viena. Esses filósofos defendiam o emprego do método indutivo nas ciências empíricas, cuja característica principal, como já foi dito, é a obtenção de leis gerais a partir de enunciados singulares. Porém, o método indutivo é inadmissível, pois

[...] com efeito, qualquer conclusão colhida desse modo sempre pode revelar-se falsa: independente de quantos casos de cisnes brancos possamos observar, isso não justifica a conclusão de que todos os cisnes são brancos.⁹

Popper argumenta que o problema da indução está intrinsecamente relacionado ao problema da demarcação, e uma das razões de ele rejeitar o critério de demarcação defendido

pelo Círculo de Viena é justamente por ele ser pautado na lógica indutiva.

O PROBLEMA DA DEMARCAÇÃO

A lógica indutiva dos positivistas vienenses não apresentava, na visão de Popper, um adequado critério de demarcação. Os positivistas admitiam como científicas apenas aquelas ideias que fossem fruto da experiência. Deste modo, a metafísica, por exemplo, é considerada pelos positivistas sem sentido, portanto, não científica, por não ser justificada empiricamente. Segundo Popper:

Os positivistas normalmente interpretam o problema da demarcação de maneira naturalista; interpretam-no como se ele fosse um problema da ciência natural. Em vez de torná-lo como razão que os leve a empenhar-se em propor uma convenção adequada, acreditam estar obrigados a descobrir uma diferença decorrente da natureza das coisas, por assim dizer, entre ciência empírica, de um lado, e metafísica de outro. Estão constantemente procurando mostrar que a metafísica, por sua própria natureza, nada mais é que tagarelice vazia — “ilusão”, como diz Hume, que devemos lançar ao fogo.¹⁰

Popper não estava preocupado com o sentido, o significado ou a validade de um sistema, tampouco pretendia aniquilar a metafísica, como os positivistas vienenses pretendiam. Se uma teoria é considerada não científica ou metafísica, não implica dizer que é destituída de sentido ou significado, significa apenas

que “não pode ser apoiada por provas empíricas em sentido científico”¹¹. Popper queria demonstrar, que o seu critério de demarcação entre ciência e metafísica não era o mesmo da demarcação entre sentido e sem sentido.

Os positivistas não se contentavam em dizer apenas que a metafísica não pertencia à ciência empírica, as expressões “sem sentido” ou “vazia” foram usadas por eles em caráter depreciativo, e o que os positivistas queriam de fato não é demarcar o lugar da ciência e o da metafísica, mas sim destruir esta última. Este é um dos motivos que faz Popper acreditar que os positivistas estavam equivocados com o seu critério de demarcação, pois mesmo que a metafísica não seja ciência, não implica dizer que é desprovida de sentido.

“Toda vez que os positivistas tentaram esclarecer melhor o que pretendiam dizer com “significativo”, a tentativa conduziu ao mesmo resultado – a uma definição de “sentença significativa” (em contraposição a “pseudo-sentença, sem significado”) que simplesmente reiterou o critério de demarcação de sua Logica Indutiva.”¹²

Aqui Popper dirige a sua crítica diretamente a Wittgenstein, cuja filosofia foi a inspiração principal dos teóricos do Círculo de Viena. Wittgenstein, em sua obra *Tractatus Logico-Philosophicus*, de 1922, versa sobre problemas de caráter lógico e ético sob o uso de aforismos. O objetivo principal da obra era expressar a relação lógica existente entre pensamento, linguagem e mundo. Wittgenstein, assim como outros filósofos de orientação *lógico-científica*, acredita que “grande parte dos problemas científicos e filosóficos só poderão ser resolvidos através da análise lógica da linguagem”¹³. Para Wittgenstein, existe uma correspondência

rigorosa entre o mundo e a linguagem, sendo a linguagem aquilo que figura o mundo, e este, citando o aforismo do próprio filósofo, “é a totalidade dos fatos, não das coisas”¹⁴. É importante aqui esclarecer a estrutura do mundo e da linguagem, para que possamos compreender a sua teoria da figuração do mundo. A definição de mundo, como sendo a totalidade dos fatos e não das coisas, nos permite fazer uma distinção entre fatos e coisas. “A totalidade dos fatos determina, pois, o que ocorre e também tudo o que não ocorre”¹⁵, logo, os fatos são, no espaço lógico, o mundo. E tudo o que ocorre é o subsistir dos estados das coisas, e este é uma vinculação de objetos. A diferença entre ambos é “que o *estado de coisas* se refere unicamente ao conteúdo descritivo das frases, enquanto *fato* se refere a sua realidade”¹⁶. A linguagem, por sua vez, constitui a totalidade das proposições, sendo a proposição aquilo que figura a realidade, ela é o modelo da realidade tal qual pensamos. Nota-se, portanto, que há uma correspondência lógica entre realidade e linguagem.

A teoria da figuração do mundo representa a preocupação de Wittgenstein em analisar e compreender a correspondência entre o mundo e a linguagem, e para ele só é possível essa correspondência quando ambos – mundo e linguagem – possuem um ponto em comum, que ele chamará de *forma de afiguração*: “O que a figuração deve ter em comum com a realidade para poder afigurar à sua maneira – correta ou falsamente – é a sua forma de afiguração”¹⁷. Se forma de afiguração é a “forma lógica”, logo toda figuração é também lógica. Isso quer dizer que para que haja essa correspondência, o mundo dos fatos e o mundo do pensamento (linguagem) devem possuir uma identidade estrutural, ou seja, a estrutura de um corresponde à estrutura do outro. Nasce daí, portanto, a questão da verdade, no sentido de

que a verdade “nada mais é do que a identidade das estruturas das coisas e do pensamento.”¹⁸ A verdade ou falsidade da figuração está expressa no aforismo 2.222 do *Tractatus*: “Na concordância ou na discordância de seu sentido com a realidade consiste sua verdade ou falsidade.”

Para Wittgenstein toda proposição deve ser significativa, ou possuir algum sentido, que é atestado quando ela diz algo acerca do mundo. O valor de verdade da proposição está na comparação com o mundo, e essa comparação se dá a partir da observação (experiência). Desta forma, as proposições filosóficas (ou metafísicas) não são consideradas como significativas pois não possibilitam a comparação com o mundo real, através da observação.

O critério de demarcação popperiano foi elaborado pelo filósofo como uma crítica ao critério da significação de Wittgenstein, que ele o considera como um pseudo-problema, já que para ele se trata apenas de um problema *verbal*. Este critério defende a tese de que toda proposição genuína tem de ser uma função de verdade dedutível de enunciados de observação. Popper aponta para a equivalência entre o critério da verificabilidade defendida pelos positivistas e o critério de significação de Wittgenstein, contanto apenas que substituía os termos “científico” por “significativo”. O positivismo lógico do Círculo de Viena utiliza o critério da verificação, segundo o qual todas as teorias científicas têm de ser empiricamente observáveis, isto é, o seu valor de verdade é estabelecido através da observação empírica. Porém, Popper discorda dos filósofos positivistas, pois segundo ele nenhuma teoria científica, ou lei universal, pode ser obtida de afirmações derivadas somente da observação. A teoria poderá, no entanto, ser falseada pela observação no momento em

que esta contradiz aquela. Popper esclarece:

Este fato torna possível inferir de observações que uma teoria é falsa. A possibilidade de refutar teorias por meio de observações constitui a base de toda experimentação empírica. Com efeito, o teste de uma teoria é sempre, e à semelhança de qualquer exame rigoroso, uma tentativa de demonstrar que o candidato está enganado – ou seja, que a teoria implica uma asserção falsa. De um ponto de vista lógico, todos os testes empíricos, serão, nessa medida, tentativas de refutação.¹⁹

O critério de demarcação da lógica indutiva diz respeito à verdade ou a falsidade dos enunciados “verificados pela experiência”. Essa validade está relacionada, como citado anteriormente, ao “dogma positivista de significado”. Enunciados que não podem ser verificados empiricamente são desse modo, destituídos de significado.

Popper sempre ressaltou que o seu critério não é de significação, e que alias, esse é o principal ponto que separa o seu pensamento do pensamento positivista. Popper jamais esteve preocupado em fazer análise lógica de enunciados, como os analíticos do *Círculo*, o seu critério de demarcação é aplicado com o objetivo de distinguir os sistemas teóricos dos sistemas empíricos.

Contrário ao positivismo, Popper não desconsidera a metafísica, para ele a metafísica tem o seu lugar diante do fazer ciência. Defende que existem ideias metafísicas que favorecem o avanço da ciência (tais como as relativas ao atomismo especulativo). E que o cientista muitas vezes possui uma fé destituída de base perante as descobertas científicas, e as ideias especulativas que daí surgem pode ser, em certa medida, metafísicas.

Com efeito, ao rejeitar o critério positivista de demarcação, Popper enfatiza que não se pode verificar empiricamente as teorias que são fruto do método indutivo, pois não se pode observar todos os enunciados singulares. O critério de demarcação apresentado por Popper não ambicionava resolver o problema da significação,

[...] era antes o problema de traçar uma linha (tão clara quanto possível) entre os enunciado, ou sistemas de enunciados, das ciências empíricas, e todos os outros enunciados – quer sejam de caráter religioso, metafísico, ou simplesmente pseudo científico.²⁰

A substituição da *verificação* pela *falsificação* é a solução encontrada por Popper para o problema da indução. Essa substituição corresponde, acima de tudo, assumir uma posição crítica na ciência, e é isso que garante a sua racionalidade.

O novo critério de demarcação que surge com Popper é fruto da tentativa de reconstruir o método da ciência de forma que somente a lógica dedutiva seja suficiente para avaliar as proposições científicas. Por acreditar no progresso da ciência, o filósofo defende que todo conhecimento é falível e passível de correções, e deve, portanto, ser duramente criticado. Para Popper, todas as leis e teorias são conjecturas ou hipóteses, não há nada firme e sólido na ciência. O método de *ensaio e erro* proposto pelo filósofo pretende eliminar falsas teorias por meio de enunciados de observação, e isso se justifica pela “relação puramente lógica de dedutibilidade que nos permite afirmar a falsidade de enunciados universais, se aceitarmos a verdade de enunciados singulares”.²¹

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desta forma, podemos concluir que o método da ciência deixa de estar relacionado com as confirmações definitivas e acabadas das teorias. Para Popper, a ciência possui um caráter falível e está sempre sujeita a erros, suas teorias não são mais leis universais aceitas como dogmas, o saber científico é hipotético e provisório, mas ainda assim é a mais confiável forma de saber.

O falsificacionismo, de acordo com Popper, elimina o problema da indução uma vez que o seu método, ao confrontar as leis e teorias científicas com a experiência, permite estabelecer a falsidade delas justificadamente, pois tem a capacidade de fornecer a base lógica necessária para eliminá-la, ou, numa segunda opção, para escolher a melhor dentre teorias concorrentes, mesmo não podendo afirmar, nestes dois casos, que as teorias sejam definitivamente verdadeiras, mas que são aceitas provisoriamente.

NOTAS

¹Licenciada em filosofia pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC. Especialização em andamento pela Universidade Estadual de Santa Cruz - UESC. juliana-b@hotmail.com

²POPPER, 2006, p. 282.

³POPPER, 2006, p. 67.

⁴O clássico exemplo indutivista que afirma que “o sol nascerá e por-se-á uma vez em 24 horas” baseado na observação do nascer do sol diariamente, foi refutado com a constatação de um fenômeno natural que ocorre nos Círculos Polares, onde no inverno há dias sem sol, um fenômeno conhecido como noite polar.

⁵POPPER, 1975, p. 16.

- ⁶POPPER, 2006, p. 67.
⁷POPPER, 1975, p. 16.
⁸POPPER, 1977, p. 94.
⁹POPPER, 2007, p. 28.
¹⁰POPPER, 2007, p. 36.
¹¹POPPER, 2006, p. 62.
¹²POPPER, 2007, p. 37.
¹³PINTO, 1998, p. 3.
¹⁴WITTGENSTEIN, 1968: 1.1.
¹⁵WITTGENSTEIN, 1968, 1.12.
¹⁶OLIVEIRA, 1996, p. 98.
¹⁷WITTGENSTEIN, 1968, 2.17.
¹⁸OLIVEIRA, 1996, p. 105.
¹⁹POPPER, 2006, p. 263.
²⁰POPPER, 2006, p. 62-63.
²¹POPPER, 2006, p. 85.

REFERÊNCIAS

OLIVEIRA, M. A. **Reviravolta lingüístico-pragmática na filosofia contemporânea**. São Paulo, SP: Loyola, 1996.

PELUSO, Luis Alberto. **A filosofia de Karl Popper: epistemologia e racionalismo crítico**. Campinas: Papyrus, 1995.

PINTO, P. R. Margutti. **Iniciação ao silêncio: análise do Tractatus de Wittgenstein**. São Paulo: Edições Loyola, 1998.

POPPER, Karl. **A Lógica da pesquisa científica**. Tradução: Leonidas Hegenberg e Octanny da Mota. São Paulo: Editora Cultrix, 2007.

POPPER, Karl. **Autobiografia intelectual**. Tradução de Leônidas Hegenberg; Octanny Silveira da Mota. São Paulo; Cultrix; EDUSP, 1977.

POPPER, Karl. **Conhecimento objetivo**. Belo Horizonte, Itatiaia. 1975

POPPER, Karl. **Conjecturas e Refutações**. Tradução: Benedita Bettencourt. Coimbra: Editora Almedina, 2006.

VALLE, Bortolo. **Introdução ao pensamento de Karl Popper**. Bortolo Valle, Paulo Eduardo de Oliveira. Curitiba: Champagnat, 2010.

WITTGENSTEIN, L. **Tractatus logico-philosophicus**. São Paulo: Ed. Nacional, 1968.

UMA BREVE DISCUSSÃO SOBRE ALGUNS CAMINHOS DA FÍSICA

Aurino Ribeiro Filho¹

RESUMO: A interpretação dos fenômenos físicos sempre instigou a mente humana desde a antiguidade à contemporaneidade. Neste trabalho discutiremos, brevemente, o caminhar da física, tentando lembrar como os físicos conseguiram contribuir para o entendimento de fenômenos naturais, através de revoluções científicas que marcaram o pensamento científico e as tecnologias humanas (o mecanicismo, o eletromagnetismo, os quanta, as relatividades, o caos) até os nossos dias, em que despontam novos objetos físicos e novas teorias, a exemplo de: informação quântica, o emaranhamento quântico, teletransporte, descoerência, criptografia e computação quânticas, calibres, em que novas dificuldades de interpretação se fazem presentes mas não impedem a grande busca em torno do conhecimento científico.

PALAVRAS-CHAVE: Física; Ciência; Física Quântica; Teorias.

ABSTRACT: The interpretation of physical phenomena always instigated the human mind from antiquity to the contemporary times. In this paper we will discuss, briefly, the walk of physics

trying to remember how physicists were able to contribute to the understanding of natural phenomena through scientific revolutions that marked the scientific thinking and human technologies (mechanism, electromagnetism, quanta, theories of relativity, chaos) until our days, in which emerge new physical objects and new theories, such as quantum information, entanglement, teleportation, decoherence, quantum computing and cryptography, gauges, in that new difficulties of interpretation are present but do not prevent the great search around the scientific knowledge

KEYWORDS: Physics; Science; Quantum Physics; Theories.

A recente notícia da descoberta de mais uma partícula encantou os físicos e assombrou o mundo, em vista da possível confirmação de mais um triunfo da física teórica e matemática, através de mais um grande sucesso da alta tecnologia, representado pela construção e efetivação do LHC (Grande Colisor de Hádrons), o mais poderoso acelerador de partículas já construído, graças à cooperação de distintos cientistas, engenheiros e técnicos de diferentes países. Esta realização experimental talvez tenha conseguido comprovar um sonho de quase cinquenta anos -, a busca da partícula denominada - o bóson de Higgs. Mesmo se, por um acaso, tratar-se de outra entidade, o fato em si evidencia o próprio trajeto das ciências e, em particular, da física, um exemplo de ciência cujos caminhos são longos e que, por uma tradição histórica, se iniciou na antiga Grécia, lá pelo século VI a.C. Naturalmente, não se pode esquecer as contribuições advindas de outras civilizações, às vezes ignoradas, pelos ocidentais, e não bem documentadas, e cujos avanços proporcionaram, em distintas épocas, a crença ou presunção de seu próprio fim, talvez por ingenuidade, de certos atores históricos, em propagarem que nada mais de relevante poderia ser acrescentado ao conhecimento da natureza, a não ser alguns resultados triviais.

Com esta breve introdução, a qual envolve a mais divulgada descoberta contemporânea desta ciência e a sua interligação com os tempos imemoriais, que a própria história nos indica, tentaremos relembrar, sucintamente, alguns caminhos e as possíveis teorias, que tentaram superar momentos críticos da ciência física, em que novos paradigmas (no sentido Kuhniano) surgiram e indicaram a necessidade de novos esforços, para a elucidação de novos fenômenos. Tudo isso interessa aos físicos, pois novos tópicos provocam a curiosidade e a busca de interpretações que relegam ou extrapolam antigos paradigmas (KUHN, 2006, p.20).

Ao se discutir sobre o trabalho científico é interessante lembrar que o mesmo sempre manteve relações fortes com o trabalho filosófico. Ludovico Geymonat, em *Dialética Científica e Liberdade*, chama a atenção para as relações entre a ciência e a filosofia. Enfim, “ambas mergulham suas raízes no fato de ambas terem como objetivo aumentar os nossos conhecimentos” (GEYMONAT, 1986, p. 51). Alguns comentadores afirmam, com frequência, que a “ciência tem em vista o crescimento de nosso conhecimento em torno de argumentos particulares, enquanto a filosofia se ocupa, enfaticamente, de problemas gerais, por exemplo, das condições exigidas para se alcançar a verdade”. É claro que esta distinção entre particular e geral é problemática - pergunta-se, por exemplo, “em que sentido é possível afirmar que a teoria da gravitação de Newton é um argumento particular, e também em que sentido é possível se afirmar que o *cogito ergo sum* de Descartes é um problema geral?” (ibidem, p. 56).

O que se verifica, segundo Geymonat, é que a pretensão de se achar uma demarcação universalmente válida entre ciência e filosofia é ilusória, ambas “relacionam-se de diversas maneiras nas várias épocas da história, pois o significado dos conceitos de ciência e de filosofia sofre profundas modificações no decorrer do tempo”. No caso da física, é interessante lembrar Redhead (1997, p.15) na sua discussão sobre a relação entre esta ciência e os filósofos da ciência. Para este autor, muitos físicos acham que “a filosofia, assim como a religião, está cheia de *ismos* e *cismas*, e é uma perda de tempo experimentá-los e organizá-los. É muito melhor trabalhar com persistência, e produzir uma boa física, do que se entregar a fantasia e especulação vãs”. Por outro lado, alguns filósofos “consideram os físicos como indivíduos ingênuos, que fazem física de maneira acrítica, assemelhando-se à criança

que anda de bicicleta, perfeitamente ignorante das sutilezas da dinâmica dos corpos rígidos!” (ibidem, p. 18).

No século XVII, o progresso e o desenvolvimento da ciência, em geral, e da física, em particular, foram bastante complexos. Foi naquele período que, pela primeira vez, a perspectiva científica tornou-se importante em comparação à do senso comum. Foi no mencionado século que a ciência começou a obter triunfos marcantes e a revelar uma perspectiva radicalmente distinta sobre certos aspectos fundamentais, em relação ao senso comum. Para o filósofo Bertrand Russell, o principal acontecimento no mencionado século, foi o divórcio entre percepção e matéria, assunto que interessou outros filósofos desde Descartes a Berkeley, levando este a negar a matéria, enquanto havia levado Leibniz, de fato, a negar a percepção. Nesse período marcante da história havia, basicamente, duas correntes, uma física seguidora da tradição científica fortemente matemática dos gregos. O texto grego *Timeu*, de Platão, é considerado como a primeira grande representação matemático-filosófica do universo. A outra corrente era seguidora da denominada ciência “baconiana” defendida por Francis Bacon (1561 — 1626), que recolhia muitos fatos advindos de experiências providas por artesãos, e mesmo por curiosos, àquela época.

A descoberta e a interpretação de fenômenos físicos sempre instigaram a mente dos humanos, desde a antiguidade até os nossos dias. No presente texto discutiremos algumas etapas importantes do caminhar da física, seguindo os passos de seus principais inquiridores, os físicos, sem termos a pretensão de completar o assunto. Não pretendemos seguir, rigorosamente, a cronologia dos distintos tópicos e sim focaremos nos aspectos mais essenciais e, por isso, será necessário omitir alguns assuntos e

atores históricos. Serão destacadas algumas das principais teorias físicas, que caracterizam momentos importantes na história do pensamento humano.

O MUNDO ANTIGO, A FÍSICA CLÁSSICA E A MODERNIDADE

De uma maneira intuitiva pode-se delimitar o início da física, a partir do surgimento da escrita, ou do nascimento da história, pois desde aqueles tempos surgiram registros de preocupações dos seres humanos, a respeito da gênese e do devir do universo. De acordo com os escribas de cada época, os primeiros “físicos” não tinham formação em física, a exemplo do que acontece nos nossos dias. Em verdade, eles eram geômetras, astrônomos e filósofos. O que poderia ser considerado pitoresco é que, nesses tempos imemoriais, esses personagens não eram também formados em universidades ou academias e, sim, em geral, eles eram mercadores, sacerdotes e governantes, todos curiosos e que demonstravam um forte interesse pelo conhecimento científico ao buscar elucidar vários fenômenos da natureza. Lima Vaz na apresentação do livro escrito por Braga (1991, p. 9) enfatiza:

“a física e a filosofia, como é sabido, confundem suas origens na aurora do pensamento grego, vêm a ser nas primeiras luzes da cultura ocidental. Não sem razão a doxografia antiga denominou os primeiros filósofos *oi physikói*, “os físicos”, tendo sido eles os primeiros a empreender o ousado passo que conduz da crença nas representações míticas à admiração e à curiosidade diante da ordem grandiosa da *phýsis* e da infinita complexidade dos seus fenômenos. Nascia assim a física (...)”.

É interessante estressar que na antiguidade esses profissionais já tinham dado uma razoável contribuição ao desenvolvimento das engenharias náutica e militar, à astronomia, à arquitetura e ao comércio. Em conformidade com o já enunciado antes, foi no século VI antes de Cristo, quando do aparecimento da famosa Escola Jônica, que nasceu, de fato, o que se definiria, cientificamente, por física. Apesar deste marco histórico, é importante não se desprezar as contribuições anteriores àquelas do mundo grego, para a ciência moderna. É necessário também lembrarmos que no século II (ou III) antes de Cristo, a cidade de Alexandria era, provavelmente, um dos maiores centros da ciência no mundo antigo. Ali foram decifrados nos conventos ou nos mosteiros os “milagres” que só os físicos, de então, admitiam ser os mesmos meros fenômenos físicos. As técnicas de guerra utilizadas pelos exércitos tinham também alcançado grande desenvolvimento. O modelo geocêntrico de Ptolomeu foi introduzido àquela época. A hidrostática — experimentada através do processo de bombeamento de água — também surgiu no citado período. A estática das construções, estudada exaustivamente naquele tempo, induziu o aparecimento da engenharia civil. As balanças e outros mecanismos de pesagem e medidas foram também desenvolvidos àquela época. Ressalte-se que o magnetismo veio então a lume, apesar de o filósofo Tales de Mileto (623 — 556 a.C) e alguns cientistas indianos já terem contribuído para o entendimento deste ramo da física.

Na fase expansionista do Império Romano, o que se constata é que, apesar de sua relevância histórica, não estão bem documentadas as contribuições para os fundamentos da física. Apesar disso, a Igreja, principalmente a católica romana, herdeira da cultura grega, impulsionou os estudos em torno da óptica e

da astronomia que, desde então, tornaram-se tópicos de grande interesse para a humanidade.

Relembrando o século XVII, outra figura notável que tipifica um físico, àquela época, foi Galileu Galilei. Por mentalidade era um homem que continuava a tradição da ciência matematizada da antiguidade. Mas era, também, um habilidoso construtor de instrumentos. Galilei, um quase mártir da ciência foi, sem dúvida, um dos grandes iniciadores da ciência moderna e da modernidade e, infelizmente, recebeu um dos mais longos vereditos de condenação na história das ciências. Após trezentos e cinquenta e nove anos de seu julgamento, pelo tribunal da Inquisição, é que o Vaticano se dispôs a perdoá-lo da condenação, em 1633, pelo fato de ter apoiado distintas teorias físicas, dentre as quais a do heliocentrismo e por decorrência o movimento da Terra. Galilei (1564 — 1642) além de ser um admirador da obra de Nicolau Copérnico (1473 — 1543), autor do livro *De revolutionibus orbium coelestium*, publicado em 1543, o qual se tornou um marco da astronomia moderna foi, também, um crítico da chamada física aristotélica discutida há centenas de anos. Galilei é considerado o primeiro físico moderno, e desenvolveu uma nova metodologia científica, ao reconhecer o papel fundamental daqueles que fazem ciência, ou seja, o de descrever os fenômenos naturais e tentarem explicar o porquê dos mesmos. Em suas obras estão descritos o movimento de projéteis, a queda livre, além de esclarecer a independência de movimentos verticais e horizontais e a ênfase no uso da matemática para determinar distâncias dos corpos em movimento. Ele foi um exímio experimentalista, aperfeiçoou o telescópio além de ser o descobridor dos satélites galileanos do planeta Júpiter e das fases do planeta Vênus. A ele é outorgado o ápice da nova descrição do movimento de corpos massivos, sob a

influência de forças atuantes sobre os mesmos, que caracterizaria a denominada mecânica clássica, a qual foi também objeto de estudos do filósofo René Descartes e outros cientistas a exemplo de Johannes Kepler (1571 — 1630), William Gilbert (1544 – 1603) e de Isaac Newton (1643 — 1727) que, ao desenvolver o cálculo dos fluxons ou cálculo diferencial e integral, independentemente de Gottfried Leibniz, fundamentou a mecânica clássica, fazendo com que mais tarde este ramo da física fosse implementado pelos trabalhos de Joseph Louis de Lagrange (1736 — 1813), com a mecânica lagrangeana, e William Rowen Hamilton (1805 — 1865), com a mecânica hamiltoniana, as quais viriam contribuir para o desenvolvimento de novos formalismos na física moderna, a exemplo de: física quântica, física relativística e teorias de campos clássicos e quânticos.

Newton (2010) foi o grande unificador das leis do movimento da mecânica clássica, algumas já conhecidas: a lei da inércia, a lei da ação e reação e a que define a força como função da derivada temporal do momentum linear ou quantidade de movimento. Na sua obra fundamental *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, ele descreveu a universalidade de tais leis, além de fazer a grande síntese do mecanicismo, concluindo a primeira grande unificação na história da física, passo esse já iniciado por Galilei. Assim, o cientista pisano, com sua dessacralização dos céus, e Kepler, com o estudo sobre o movimento dos planetas, culminam com o trabalho de Newton sobre a gravitação universal. Novas contribuições à citada mecânica foram trazidas por Leonhard Euler (1707 — 1783) com a teoria do giroscópio e a hidrodinâmica, e a sua contribuição ao estudo das citadas leis newtonianas para os corpos rígidos, além de escrever a forma “fraca” da segunda lei, que define a força como o produto da massa pela aceleração dos corpos.

O impacto da mencionada mecânica marcou, profundamente, a história da humanidade, ao se verificar a possibilidade de se resolver inúmeros problemas do mundo físico. Enfim, a doutrina mecanicista atingiria o seu apogeu no século XIX. O mecanicismo é definido como “uma filosofia da natureza, segundo a qual o universo e qualquer fenômeno que nele se produza podem e devem explicar-se de acordo com as leis dos movimentos materiais” (BEAUDE, 1987 p. 59). Apesar da grande eclosão do mecanicismo no século XVII, alguns autores buscam pistas sobre possíveis influências, nesta doutrina, de filósofos atomistas gregos, a exemplo de Leucipo de Mileto (circa 500 a.C -), de seu discípulo Demócrito de Abdera (circa 460 a.C -) e Epicuro de Samos (341 — 271 a.C.), e no século I a.C., em Roma, Lucrecio (97 — 55 a.C.), que consagrou o poema *De rerum natura* à doutrina do atomismo. É sabido que tanto na Antiguidade, bem como na Idade Média, os atomistas foram praticamente ignorados; mesmo assim, no citado século XVII, Galilei e outros filósofos mecanicistas recuperaram muitas ideias dos atomistas, a exemplo de uma “composição atômica da matéria”, tese esta que permitia independê-los da física aristotélica e das filosofias naturais do período renascentista. De acordo com Beauce (1987, p 61) “(...) os mecanicistas haviam sido seduzidos por este atomismo antigo que lhes trazia uma cosmologia e uma física muito mais de acordo com as suas próprias perspectivas que a filosofia de Aristóteles”.

De qualquer maneira não nos iludamos sobre esta influência dos atomistas sobre os mecanicistas, a exemplo de Descartes (1596 — 1650) que rejeitava o atomismo. Segundo Beauce (1987, p. 62), o que se sabe é que “os mecanicistas do século XVII reclamam a liberdade que se obtém dominando a natureza, os atomistas antigos haviam buscado a que se alcança preservando-se da natureza. O

mecanicismo que Gassendi (1592 — 1655) encontrou em Epicuro não tinha por finalidade o conhecimento do mundo, ao passo que o do século XVII está ligado a uma sêde de descoberta. O atomismo grego não concorreu, como o mecanicismo europeu da época clássica, para fundar um progresso das ciências”.

É bom lembrarmos que a crença de que todos os problemas da física poderiam ser reduzidos àqueles cujas respostas estavam na mecânica clássica, foi descartada a partir do surgimento de inconsistências entre a mecânica clássica e o eletromagnetismo, o que conduziria, no início do século XX, ao aparecimento de novas teorias: as teorias da relatividade e a física quântica, as quais identificariam a mencionada mecânica como um caso particular.

Antes de lembrarmos a “era da eletricidade” é interessante relembrar que quase dois séculos após o auge do mecanicismo iniciou-se outro importante período no caminhar da física, a denominada “era da termodinâmica”, que daria sustentação ao desenvolvimento científico ligado à primeira revolução industrial, cuja base territorial situou-se, principalmente, na Inglaterra. Com isso o Reino Unido (UK) teve a sua primeira e talvez mais importante transformação social e econômica. A partir de então a citada nação consolidou-se como grande potência. Ali surgiram, talvez, os primeiros passos do processo que seria chamado, em nossos dias, de globalização: enunciavam-se, então, alguns princípios de integração entre os povos, mas o que se tem observado é o aprofundamento da velha exploração de países poderosos em relação àqueles ditos emergentes e/ou periféricos (SANTOS, 2000, p 52).

Retornando ao caminho histórico deste ramo da física clássica — a teoria do calor ou termodinâmica (ou energética)

— é importante lembrar que, já no século XVII, as noções básicas de calor e de temperatura eram discutidas. Galilei, por exemplo, foi um precursor para o termômetro - o termoscópio de ar. Desde as civilizações primitivas, as ocorrências básicas de calor já eram conhecidas. Àquela época já havia certo convencimento que as duas citadas propriedades físicas estavam ligadas aos movimentos de estruturas microscópicas da matéria. Apesar disso, no século XVIII, tornou-se dominante a ideia que o calor era uma substância fluida. Essa crença foi, paulatinamente, descartada a partir de 1840, por James Prescott Joule (1818 — 1889) e outros físicos. Toda essa discussão culminou com a ideia que o calor é de fato uma forma de energia. A utilização da relação entre calor e energia implicaria no desenvolvimento de máquinas a vapor. Lembremos que um pouco antes, Sadi Carnot (1796 – 1832) já se preocupava com o grau de eficiência de máquinas térmicas idealizadas. Esta área da física é normalmente discutida por meio de dois aspectos – o lado fenomenológico, o qual descreve os processos através de leis empíricas e, a partir da física estatística, conforme enfatizam Pinho e Andrade (2011, p. 142) se “faz remontar o comportamento do sistema macroscópico às características estatísticas de muitas partículas microscópicas, de que consiste o sistema macroscópico”.

As bem conhecidas leis da termodinâmica foram enunciadas por célebres atores históricos. Rudolf Julius Emmanuel Clausius (1822 — 1888) e William Thomson (Lord Kelvin; 1824 — 1907) foram os precursores do enunciado da primeira lei, sobre a conservação da energia. Esses mesmos autores buscaram também enunciar os rudimentos da segunda lei. De início eles descreveram que o calor não “flui” de maneira espontânea de um corpo frio para um corpo quente, o que na atualidade é descrito em

termos da grandeza ‘entropia’, a qual em qualquer sistema isolado tende a aumentar com o tempo, até alcançar um valor máximo. A rigor o teorema de conservação da energia foi descoberto, independentemente, por Hermann Ludwig Ferdinand Von Helmholtz (1821 — 1894), Joule, e Julius Robert Mayer (1814 — 1878). Para a Termodinâmica, ele havia sido imaginado por Sadi Carnot, mas somente Joule tornou este princípio expressamente claro.

A noção de temperatura foi associada, de início, à sensação de quente e frio; entretanto, esta é uma grandeza característica do corpo num certo instante, não dependendo, pois, da sensação subjetiva de quente e frio. Talvez esta grandeza possa ser considerada como a primeira grandeza termodinâmica a ser medida (ibidem, p. 142), mas pensemos na grande síntese ou processo comum a todos os termômetros — “o aparelho entra em equilíbrio térmico com o sistema, cuja temperatura se busca medir, ou seja, quando um corpo mais quente entra em contato com um mais frio, após certo tempo, ambos atingem a mesma temperatura”. A observação do mencionado equilíbrio térmico ensejou ao escocês James Clerk Maxwell (1831 — 1879) enunciar a denominada lei zero da termodinâmica: “Se dois corpos estão em equilíbrio térmico com um terceiro, eles estão em equilíbrio térmico entre si”. Mayer concluiria que calor e trabalho são manifestações da energia, que podem se transformar uma na outra, mas não perder. Em 1842, sintetiza – “uma vez criada, a energia não pode ser aniquilada, mas ela pode apenas mudar de forma”. Pinho e Andrade (2011, p.150) estressam que na “sua forma atual, a primeira lei implica que se pode alterar o estado termodinâmico do sistema através da troca de calor ou da realização de trabalho; a grandeza que traduz o estado é a energia interna e, portanto, uma função de

estado (conjunto de grandezas termodinâmicas macroscópicas que caracteriza o sistema. No caso de um gás monoatômico, o estado termodinâmico é caracterizado por pressão, temperatura e o volume do mesmo)”.

A segunda lei da termodinâmica é também denominada de princípio de aumento da entropia “Este princípio analisa a variação de entropia do universo (sistema mais vizinhança) entre dois estados termodinâmicos, considerando o mesmo termicamente isolado: para um processo reversível, não há variação, enquanto que para um irreversível, ocorre aumento”. Pinho e Andrade (2011, p. 155) chamam a atenção para a correspondência entre a primeira lei e um princípio de conservação, bem como entre a segunda Lei e um princípio de evolução. “No caso de processos naturais (irreversíveis) o aumento de entropia traduz a *degradação* de energia, já que o calor trocado, devido a este aumento, corresponde a um trabalho que poderia ser utilizado se a transformação fosse efetuada reversivelmente”. Para o caso da física estatística, a entropia mede o grau de desordem do sistema. Em síntese, seguindo a citada autora, a *lei zero* enuncia que “Dois corpos em equilíbrio térmico com o terceiro, estão em equilíbrio térmico entre si” — a qual serve de base para o processo de medida de temperatura. A *primeira lei* — “A energia do universo é constante” — que inclui o calor como uma forma de energia. A *segunda lei*: “A entropia do universo tende a um máximo”; a qual traduz o caráter irreversível de processos naturais. Por fim, lembremos as dificuldades envolvendo a impossibilidade de se atingir a temperatura do zero absoluto, e a contribuição de Hermann Nernst (1864 — 1941) que enunciou o teorema que leva o seu nome: “Na vizinhança do zero absoluto num processo isotérmico todas as reações em um líquido ou sólido ocorrem sem

variação da entropia (potenciais termodinâmicos de Helmholtz e Gibbs”. Além de ter sido criticado devido à sua restrição a processos isotérmicos reversíveis, em 1911, Max Planck (1858 — 1947) sugeriu ajustes ao citado enunciado, tal que além de sua variação, a própria entropia de toda substância líquida ou sólida, em equilíbrio, é nula. Surge então a denominada *terceira lei da termodinâmica*: “É impossível reduzir a temperatura do sistema a zero absoluto em um número finito de processos”. Esta lei é também conhecida por princípio da inatingibilidade do zero absoluto.

Outros atores históricos contribuíram, substancialmente, para os estudos termodinâmicos. Em 1738, Daniel Bernoulli (1700 — 1782) conjecturou que os gases são constituídos por moléculas em movimento. Apesar de não ter sido bem aceita, essa hipótese foi retomada por Clausius, em 1857 e, em 1860, Maxwell formulou, a partir da mecânica de colisão de moléculas individuais, a sua distribuição das velocidades das moléculas em um gás. Tais contribuições implicaram no avanço da teoria cinética dos gases em equilíbrio. Ludwig Boltzmann (1844 — 1906) (com estudos sobre a física estatística e a significação da entropia), após sérias dificuldades com a sua equação que detalhava a evolução de um gás introduziu a famosa expressão em que a entropia de equilíbrio deve ser proporcional ao logaritmo do número de estados possíveis de um sistema e, com isso, iniciou os estudos da física estatística. A consolidação de tal ramo da física (também chamada de mecânica estatística) deu-se no final do século XIX e início do XX, quando do surgimento da teoria quântica (parte da chamada física estatística quântica), com a contribuição de Planck (1991) na resolução do problema do corpo negro, em que se tornou claro que os métodos estatísticos podiam ser também

utilizados na análise de distintos sistemas físicos além de gases. Seguindo a síntese de Pinho e Andrade (2011, p. 157), o outro avanço nesta área da física foi a formalização do método dos *ensembles*, que se tornou fundamental para o estabelecimento da física estatística de equilíbrio. E, por fim, aconteceu o surgimento de novas metodologias para a dinâmica aleatória, que conduziram aos novos estudos em torno da física estatística de não equilíbrio.

Prigogine observou “que um sistema mantido longe do equilíbrio termodinâmico por ação externa pode dar origem a quebras espontâneas de simetria, que se manifestam em nível macroscópico”. Ele caracterizou este estado como estrutura *dissipativa*, enfatizando a importância da dissipação para os fenômenos de não equilíbrio. Com a descoberta, em 1967, das estruturas *dissipativas* o mencionado detentor do prêmio Nobel de Química, de 1977, introduziu a noção de complexidade, da ordem que pode nascer do caos (PINHO e ANDRADE (2011, p. 179).

No século XIX surgiria, de novo, outra teoria unificadora na física, relacionada à denominada “era da eletricidade”, a qual desempenharia papel importante nos avanços tecnológicos que surgiram na chamada segunda revolução industrial, cuja maior visibilidade foi alcançada na Alemanha.

Apesar de gregos, indianos e outros povos já conhecerem desde a antiguidade as forças magnética e elétrica, estas ficaram bem caracterizadas por cientistas como Petrus Peregrinus de Maricourt (1220 — 1270) (estudos sobre polos magnéticos em agulhas magnetizadas), William Gilbert (no sec. XVI), Benjamin Franklin (1706 — 1790) (com trabalhos sobre o armazenamento de

cargas elétricas). Outros, no século XVIII, também apresentaram contribuições importantes: Charles Augustin de Coulomb, Siméon-Denis Poisson, Pierre-Simon Laplace e Karl Friedrich Gauss, que introduziram os recursos da física-matemática a fim de interpretar os resultados experimentais, a partir de novas leis. Outros personagens marcantes: Hans Christian Oersted, André Marie Ampère e Michael Faraday, que introduziu o conceito de campo e influenciou fortemente na matematização de fenômenos elétricos e magnéticos. De acordo com Faraday, o campo está ligado à distorção no espaço causada pelas presenças de cargas elétricas e magnéticas, com a ação de tal entidade ocorrendo sob a forma de “linhas de força”. Faraday foi um grande experimentalista e construiu diferentes dispositivos (motor elétrico, transformador, dínamo etc.).

Maxwell realizou a tarefa de unificar os resultados conseguidos por Gauss, Ampère, Neumann, Lenz e Faraday, edificando a teoria eletromagnética, a partir de quatro equações que sintetizam as leis básicas do eletromagnetismo clássico (lei da Gauss da eletrostática, lei de Gauss do magnetismo, lei de Faraday-Lenz-Neumann e a lei de Ampère-Maxwell da eletrodinâmica clássica). A partir de uma *ansatz* Maxwell generalizou a lei ordinária de Ampère, e definiu a corrente de deslocamento como fonte do campo magnético, dependente do tempo. Ele mostrou que a óptica é parte do eletromagnetismo e a velocidade da luz depende apenas de parâmetros eletromagnéticos. Heinrich Rudolf Hertz, em 1888, conseguiu experimentalmente detectar as ondas eletromagnéticas, previstas no formalismo maxwelliano, e com esse evento contribuiu para o grande avanço tecnológico nos últimos séculos.

A FÍSICA NA CONTEMPORANEIDADE

Afirmamos, anteriormente, que não estaríamos preocupados com a rígida cronologia e, portanto, discutiremos os caminhos da física a partir do século XX, através de três vertentes: a física dos quanta (ou física quântica ou mecânica quântica), a física relativística (a teoria da relatividade restrita ou especial e a teoria da relatividade geral ou generalizada ou teoria da gravitação do Einstein) e a física não linear, as quais foram desenvolvidas, independentemente. Graças aos seus fundamentos e formulações podemos caracterizar outras teorias que se interligam a esses distintos ramos da física na contemporaneidade, a exemplo da eletrodinâmica e da cromodinâmica quânticas.

Nas últimas décadas, vários pesquisadores tiveram contato com os fenômenos não lineares, que hoje se apresentam em distintas áreas da ciência e, em particular, na física moderna e contemporânea. Na década de 1970, a não linearidade começou a ser discutida em vários sistemas dinâmicos, principalmente, na física da matéria condensada, em que, por exemplo, os denominados sistemas incomensuráveis apresentam estruturas incomensuráveis e comensuráveis, quando atingem certas temperaturas críticas em transições de fase. Exemplos de tais estruturas surgem em vários materiais ferrolétricos, ferromagnetos, cristais líquidos e sistemas que se apresentam com ondas de densidade de carga. O mais interessante é que as citadas estruturas incomensuráveis se apresentam, formalmente, conectadas com as denominadas ondas solitárias. Várias dessas ondas, chamadas sólitons, caracterizam-se por serem não lineares e não dispersivas. Ribeiro Filho e Vasconcelos (2006, p. 397) ao discutirem a não linearidade em física, enfatizaram alguns

aspectos básicos sobre o problema não linear. As questões que envolvem os sistemas não lineares, em distintas áreas da física e de outras ciências, têm despertado um grande interesse nos tempos modernos. Para isso, o papel da matemática na elucidação de problemas que envolvem os mencionados sistemas tem sido marcante e chama a atenção para uma questão que tem causado perplexidade e induzido discussões extremadas, ou seja, a não linearidade versus física quântica.

A utilização da matemática como possível “linguagem” que expressa as leis da natureza surgiu, com grande ênfase, no século XVII, com Galilei. Apesar do sucesso em alcançar tal objetivo, alguns autores têm chamado a atenção sobre o papel da citada matematização. Giles (1984, p. 31) esclarece que nesta linha de raciocínio “temos uma representação correta da natureza quando o modelo expresso pela linguagem simbólica da matemática se mostra de acordo com os fatos públicos comprovados pela experimentação”. Com referência a esse período da história, Paty (1995, p. 65) lembra que àquela época, a matemática “era concebida como um conhecimento que permitia uma leitura direta da natureza, da qual, precisamente, era a língua”.

É importante salientar que Galilei se reportava, basicamente, à geometria como sendo a mencionada “língua”. Para o físico e filósofo italiano, o que interessava “era apenas as ordens de grandeza” envolvidas no acordo numérico com os fatos experimentais. De acordo com Paty, com o avanço da física-matemática surgiria a substituição dessa “tradução matemática” da natureza por uma “elaboração explícita de conceitos físicos pensados matematicamente; sendo a matematização concebida como inerente aos conceitos, constitutiva desses, que serve para construí-los”.

Apesar de ser bem sucedida, a ligação entre as duas ciências (física e matemática) não tem sido alvo de referências suaves, por parte de alguns notórios atores históricos. Para Descartes (1641, 1647) a matemática “só trata de coisas muito simples e muito gerais, sem se preocupar muito se elas estão ou não na natureza”. Poincaré (1854 — 1912) diria “o que ela (matemática) ganhou em rigor, perdeu em objetividade. Foi distanciando-se da realidade que ela adquiriu essa pureza perfeita”.

Apesar de tais asserções é interessante ratificarmos que há diferentes maneiras de se modelar, matematicamente, os distintos sistemas físicos, desde o modelo fenomenológico interligado, fortemente, a dados empíricos, até o estágio mais sofisticado em que se formula a axiomatização da teoria. Estas formas de modelagem visam enfatizar o rigor no raciocínio matemático aplicado à física. Infelizmente, levando em conta as distintas correntes do pensamento matemático (logicismo, intuicionismo e formalismo), o mencionado rigor não se livra, com facilidade, de uma clara desconfiança (RIBEIRO FILHO e VASCONCELOS (2006, p. 399).

Proseguimos chamando a atenção para alguns aspectos matemáticos ligados aos sistemas não lineares, que se apresentam na natureza, em particular aqueles estudados nas últimas décadas por matemáticos e físicos. Esses sistemas, em vista de suas peculiaridades intrínsecas, têm despertado um misto de curiosidade e estranheza. Essas características conduziram, durante um certo período, à crença sobre a impossibilidade prática em se efetivar a busca em torno de um melhor entendimento sobre a física subjacente aos mencionados sistemas. Do ponto de vista histórico é interessante lembrar o papel desempenhado pelo método matemático de perturbações, aplicado a esses sistemas.

Durante décadas ele foi o principal aparato analítico disponível, a físicos e matemáticos, com o fito de se estudar as diferentes propriedades físicas e matemáticas nos citados sistemas.

Apesar de sua respeitabilidade, o método perturbativo apresenta limitações e dificuldades, o que levou distintos cientistas a apresentarem resultados nem sempre muito esclarecedores para os fenômenos estudados. É interessante lembrar as dificuldades enfrentadas por Delaunay (1816 — 1872), no trabalho sobre a trajetória da Lua, desenvolvido em 1842. O citado autor, ao usar uma aproximação perturbativa de sétima ordem, para equacionar o trajeto lunar, o obteve através de uma equação final cuja expressão necessitou de cento e setenta páginas impressas, para a sua completa leitura. Hagedorn (1984) ao lembrar o trabalho do citado físico e astrônomo francês afirmou: “Graças a Deus aqueles são tempos passados. Hoje, os métodos analíticos de aproximação têm um significado diferente daquele tempo, anterior aos computadores eletrônicos”. Esta frase indica as expectativas que envolviam alguns pesquisadores, em torno da física não linear, até o final do século XIX. Somente com os trabalhos de Poincaré e outros, em mecânica neo-qualitativa (ou mecânica clássica moderna) e na matemática não linear, é que uma nova onda de trabalhos seminais indicaria e confirmaria a respeitabilidade dessa milenar área da física.

Nicolis (1989) ao se posicionar sobre a questão da linearidade afirma que: “indubitavelmente, por sua atratividade cultural, a ideia - que um sistema natural submetido a condições externas bem definidas seguirá um único caminho curvo e que uma mudança suave nessas condições induzirá, provavelmente, uma leve mudança na resposta do sistema — Esta ideia, com os seus corolários de reprodutibilidade e previsibilidade ilimitada

e, portanto, de definitiva simplicidade, tem por muito tempo dominado o nosso pensamento e tem conduzido, gradualmente, à imagem de um mundo linear, aquele em que os efeitos observados estão ligados a causas subjacentes por um conjunto de leis reduzido para todos propósitos práticos a uma simples proporcionalidade”.

Com o surgimento de desvios qualitativos no regime de proporcionalidade e, por conseguinte, o aparecimento da não linearidade, o mencionado autor enfatiza que: “a diferença notável entre as leis dinâmicas e não lineares é se a propriedade (ou princípio) da sobreposição linear é válida ou não. Em um sistema linear o efeito definitivo da ação combinada de duas diferentes causas é meramente a sobreposição dos efeitos de cada causa tomados individualmente. Mas, em um sistema não linear, ao somar-se duas ações elementares, uma à outra, pode-se induzir novos efeitos dramáticos refletindo o início de cooperatividade entre os elementos constituintes. Isto origina estruturas inesperadas e eventos cujas propriedades podem ser bastante diferentes daquelas das leis elementares subjacentes, numa forma de transições abruptas, numa multiplicidade de estados, na formação de padrões, ou em uma marcante, irregular e imprevisível evolução no espaço e tempo conhecida como caos determinístico. A ciência não linear é, portanto, a ciência da evolução e complexidade”.

A dinâmica caótica, iniciada a partir de trabalhos de Poincaré, recebeu grandes contribuições de célebres matemáticos: Birkhoff, nos anos 1920; Mary L. Cartwright e J. E. Littlewood, nos anos 1940; e Smale, Kolmogorov, Arnold, Moser e outros na década de 1960. Retornando às ondas solitárias, que são não lineares, a história de sua descoberta é bem interessante. Em 1834, John

Scott Russell, engenheiro e arquiteto naval, de origem escocesa, observou pela primeira vez o fenômeno das ondas solitárias. Ele ao seguir o movimento de um pequeno barco num canal estreito, na cidade de Edimburgo, viu o mesmo parar abruptamente, ao atingir um escolho. Com o impacto, uma quantidade de água começou a se deslocar mantendo, por um longo tempo, a sua forma original. Russell impressionou-se e denominou tal fenômeno de onda solitária e, apesar de muito esforço, não conseguiu determinar a equação diferencial parcial (EDP) a ele associado. Somente, em 1895, após a morte de Russell, os holandeses Korteweg e o seu aluno de doutorado, De Vries, obtiveram a chamada EDP de KdV, para a propagação de ondas em uma direção na superfície de um canal raso. Por muitos anos essas ondas permaneceram quase ignoradas e, em 1955, Fermi, Pasta e Ulam (1965, p. 978) conseguiram uma relação entre a EDP de KdV e o comportamento bizarro de sistemas, originalmente lineares, nos quais foram introduzidas perturbações não lineares. Ao observarem que soluções tipo ondas solitárias da equação de KdV não se dispersavam e mantinham as características iniciais após colidirem, os físicos Zabusky e Kruskal, em 1965, chamaram tais ondas de sólitons (solit, de solitária; on : palavra grega para “partícula”), o que sugere que essas ondas têm um comportamento corpuscular. Em 1967, ainda inspirados no célebre problema de Fermi, Pasta e Ulam; Gardner, Green, Kruskal e Miura (1967) utilizaram o método do espalhamento inverso a fim de obter soluções da EDP de KdV.

No centro da física não linear está o conhecido problema do pêndulo matemático o qual, para muitos, é o sistema físico responsável pela gênese da teoria dos sistemas dinâmicos. Galilei, em 1581, estava no interior da Catedral de Pisa, e teve a ideia de

estimar o período de oscilação de um candelabro que oscilava, contando o seu próprio batimento cardíaco (GITTERMAN, 2008, p. v). Ele viria concluir que o período das pequenas oscilações não dependia nem da amplitude do movimento, nem da massa “ m ” do objeto. A dependência era apenas do comprimento efetivo “ L ” do barbante (a distância entre o ponto de sustentação do barbante e o centro de massa do objeto). De fato, o comportamento de um pêndulo simples, num campo gravitacional, submetido a um amortecimento linear e uma força externa $F(t)$ pode ser descrito em termos de “ Θ ” que é o deslocamento angular do pêndulo em relação ao seu ponto de sustentação; “ mL^2 ” é o momento de inércia; “ b ” é a constante de amortecimento e “ $mgL \sin \Theta$ ” é o torque restaurador devido à aceleração da gravidade “ g ”. Este sistema pode representar diferentes sistemas físicos, e no caso em que “ $b = 0$ ” e “ $F = 0$ ”, a equação correspondente reduz-se à equação conhecida por equação de seno-Gordon, ou equação do pêndulo matemático, cuja solução determina o surgimento de sólitons ou ondas solitárias, tão importantes em distintos ramos da física: cosmologia, física de partículas, física da matéria condensada, óptica quântica, óptica não linear e outros.

A outra vertente no caminhar da física, no século XX, surgiu a partir da contribuição de Einstein, a partir de seu ano miraculoso (1905), em que introduziu a teoria da relatividade restrita (ou especial). Em 1915, ele criou a teoria da relatividade geral ou generalizada, também conhecida por teoria da gravitação de Einstein. Não nos estenderemos muito nestes tópicos, apesar de sua grande importância histórica e filosófica. Em conjunto com a física quântica, elas permanecem incitando as mentes dos físicos, matemáticos e filósofos, na busca de respostas para problemas na contemporaneidade. Entre esses, por exemplo, aquele ligado

à grande unificação das interações (gravitacional, eletrofraca e a nuclear forte) na natureza.

Em sùmula, dentre as grandes novidades surgidas com a teoria da relatividade restrita, o espaço e o tempo deram lugar a um novo ente denominado por Poincaré (2008) de “espaço-tempo”, o que daria lugar a novas propriedades não encontradas no mundo newtoniano: a dependência da massa com a velocidade, a relação da energia com a massa relativística, o caráter relativo, ou de dependência, nos referenciais inerciais, das medidas de comprimentos e intervalos de tempo, e por fim o caráter não absoluto do princípio da simultaneidade de eventos. Enfim, esses novos aspectos trazidos pela nova teoria einsteiniana, apesar do grande sucesso alcançado, tornaram-se alvos de discordâncias entre filósofos, a exemplo do francês Bergson (1859 — 1941), que discordou da noção de tempo de Einstein. Com referência aos desentendimentos entre os dois nobelistas, Prigogine (2002, p. 76) diria: “Nem Bergson entendeu Einstein e nem Einstein entendeu Bergson”.

A primeira teoria relativística, citada acima, parte de dois axiomas, um deles postula a constância da velocidade da luz “*c*” no espaço vazio, e o outro a não existência de referenciais inerciais privilegiados. Apesar de receber críticas, Einstein teve o apoio de outros cientistas e filósofos. Bachelard (1884 — 1962), pensador francês, foi um entusiasta das teorias relativísticas e da teoria quântica e, em diversas obras, discutiu, filosoficamente sobre o novo espírito científico. Ele declarou que “com a ciência einsteiniana começou uma revolução sistemática das noções de base. É no próprio detalhe das noções que se estabelece um relativismo do racional e do empírico” (BACHELARD, 1984). Em 1915, Einstein apresentou a sua teoria da gravitação, na

qual generalizou a sua teoria de 1905, ao considerar a necessária contribuição da gravitação e a presença de referenciais não inerciais. A sua nova teoria conseguiu resolver problemas para os quais a teoria da gravitação de Newton não pôde dar resposta acurada.

Para Bertrand Russell a contribuição da teoria da relatividade geral era evidente; entretanto, segundo ele, do ponto de vista filosófico, a sua importância era incomensurável. O certo é que após o advento desta teoria, objetos como buracos negros, quasares, teorias cosmológicas como a do Big-Bang, conjecturas sobre a expansão do universo, descoberta de novos planetas, o estudo das galáxias, enriqueceram a astronomia e astrofísica modernas.

O impacto das ideias de Einstein sobre a física teórica é imensurável. Na sua primeira teoria relativística foi o matemático Minkowsky quem primeiro utilizou o princípio da invariância de Lorentz, que envolve as equações de Maxwell do eletromagnetismo clássico, de tal maneira que no mundo einsteiniano as equações de campo são covariantes com respeito à citada invariância. De acordo com o nobelista Yang, o criador das teorias da relatividade impressionou-se com as poderosas consequências físicas dos princípios de simetria e trabalhou para alargar o escopo da invariância de Lorentz. “Esta ideia de uma invariância de coordenadas mais geral conduziu, junto com o princípio de equivalência, à teoria da relatividade geral”. Para Yang, o físico Einstein foi o iniciador do princípio que *symmetry dictates interactions*, o qual tem desempenhado um papel essencial na origem de várias teorias de campo, que não discutiremos neste trabalho.

Apesar de ser considerada uma das grandes teorias da história da física, a teoria da relatividade geral tem sido submetida a distintos testes experimentais, com sucesso. Entretanto, alguns autores a criticam, enumerando o que eles rotulam de “insuficiências” da mencionada teoria einsteiniana. Para Sommerfeld (1952), o “feito positivo da teoria da relatividade não é tanto a completa relativização do espaço e do tempo, mas a prova de que as leis da natureza são independentes da escolha dos sistemas de referência, isto é, que os fenômenos são invariantes para quaisquer observadores”. Para ele seria melhor chamá-la “teoria da invariância” em vez de “teoria da relatividade”, que foi o nome outorgado por Max Planck, em 1906, enquanto Einstein preferia a primeira denominação.

Finalmente, destacaremos o último estágio desta caminhada em torno da física, sublinhando, com brevidade, alguns dos aspectos essenciais da chamada física dos quanta ou física quântica ou mecânica quântica. Este ramo da física tem como marco histórico o dia 14 de dezembro de 1900, quando Max Karl Ernst Planck (1858 — 1947), em uma conferência na Sociedade de Física de Berlim, anunciou a sua solução para o problema da radiação do corpo negro (Blackbody radiation). Esse sistema (corpo negro), em linhas gerais, caracteriza um corpo aquecido que, em tese, seria um absorvedor quase perfeito e cuja representação pictórica seria aquela de uma cavidade com um minúsculo orifício, a fim de evitar, ao máximo, a saída de radiação. O mencionado problema intrigou a comunidade dos físicos no final do século XIX e surgiu quando da busca em torno da produção de aço de melhor qualidade, o que ocasionou, segundo Osada (1972, p. 35), a procura do controle rigoroso da temperatura de altos fornos. Àquela época, o mundo estava

envolvido na chamada segunda revolução industrial, e algumas experiências, em torno da distribuição espectral da radiação do corpo negro, desenvolvidas por Rubens (1865 — 1922), Kurbaum (1857 — 1927) e outros apresentavam um resultado caracterizado por um conjunto de curvas experimentais, em que para distintas temperaturas (1600 K, 1800 K, 2000 K etc.), havia sempre uma região de máximo de intensidade energética entre duas regiões (de pequenos e de grandes comprimentos de onda) em que tal intensidade tendia a zero, ou seja, próximo à região ultravioleta do espectro ou longe da mesma a mencionada intensidade ou emitância espectral, para o corpo negro, diminua intensamente.

Para interpretar tais resultados experimentais, alguns modelos teóricos foram desenvolvidos, sob a égide da física clássica (mecânica clássica, termodinâmica e eletromagnetismo de Maxwell-Lorentz). Infelizmente, para os seus autores: Lord Rayleigh, James Jeans, Wien, Paschen, Stefan e Boltzmann, os resultados deduzidos teoricamente não eram compatíveis, inteiramente, com as citadas curvas experimentais. Foi nesse período que Planck introduziu a sua famosa hipótese ou *ansatz* quântica, em que partindo do pressuposto que um corpo negro poderia ser pensado como um sistema formado por um conjunto de osciladores, ele se viu na contingência de ignorar um dos pilares da física clássica, o da continuidade da energia do sistema, e conjecturar que a radiação do corpo negro deveria ser emitida em minúsculos pacotes (ou quanta) energéticos, em qualquer intervalo de tempo considerado. Ou seja, $E = nhf$, em que E representa a energia, f é a frequência, n é um número inteiro e h é a constante de Planck, cujo valor medido é dado por $h = 6,62 \times 10^{-34}$ J.s.

No período de 1900 a 1923 foi denominado de “velha mecânica quântica”, pois ainda persistiam alguns resquícios da física clássica na explicação dos novos fenômenos, a exemplo do efeito fotoelétrico e do problema do átomo de hidrogênio. Em 1905, Einstein conseguiu interpretar o problema da interação entre a radiação luminosa e uma superfície metálica, utilizando a *ansatz* quântica e com isso escreveu a equação fotoelétrica que lhe proporcionou o prêmio Nobel. A partir desse trabalho ele intuiu que a luz era formada por átomos ou *quanta* luminosos, os quais, em 1926, seriam intitulados *fótons*, pelo químico inglês G. Lewis. Essa interpretação einsteiniana indicaria o caráter dual da luz. Anos depois, Niels Bohr, vindo de Copenhague, conseguiu detectar dificuldades no modelo solar, de Rutherford, para o átomo de hidrogênio. Observando a eletrodinâmica de Maxwell-Larmor, ele usou a *ansatz* quântica e introduziu dois axiomas com os quais conseguiu edificar o agora conhecido modelo de Bohr-Rutherford, em que as órbitas *bohrianas*, para os elétrons, são discretas e há a relação de energia de Planck para o movimento de elétrons entre as órbitas.

A partir de 1923, Louis de Broglie, aristocrata francês, em sua tese de doutoramento, conjecturou que “o elétron é uma onda”. Com essa asserção, a exemplo do que aconteceu com a interpretação fotônica de Einstein, de 1905, de Broglie assumiria a natureza dual para o elétron e, por conseguinte, para a matéria. As experiências desenvolvidas pelos americanos Clinton Davisson e L. Germer, os ingleses George Thomson e Alexander Reid e o russo P. Tartakowsky conseguiram demonstrar o caráter ondulatório do elétron, através de experimentos de difração de elétrons em cristais e, por consequência, formalizaram-se as ondas de matéria.

Pois bem, para definir esta nova mecânica surgiram, inicialmente, entre 1925 e 1927, três formalismos matemáticos. O primeiro descoberto por Werner Heisenberg, denominado de mecânica das matrizes, estuda os fenômenos quânticos utilizando o cálculo matricial a partir do axioma em que o operador que representa a posição (\mathbf{x}) da partícula e aquele que representa o momentum linear da mesma partícula, na mesma direção, (\mathbf{p}_x), são grandezas ditas incompatíveis, ou seja, não podem ser medidas simultaneamente. Erwin Schroedinger introduziu a mecânica ondulatória, chamada de mecânica dos operadores por Bachelard, que tem por base as ondas de matéria de de Broglie. Em 1927 surgiu a teoria das transformações ou das representações ou álgebra quântica, segundo o seu autor, Paul Maurice Adrien Dirac, a qual se constituiu numa poderosa abordagem algébrica da física dos quanta. Este último formalismo foi também desenvolvido, independentemente, por Pascoal Jordan (1902 – 1980).

Dos três mencionados formalismos, que reproduzem os mesmos resultados experimentais, o mais difundido é a mecânica ondulatória. Schroedinger introduziu um objeto matemático, a função de onda, Ψ , o qual viria representar o estado de um sistema quântico, e que, de acordo com a interpretação de Max Born é também denominada amplitude de probabilidade, pois o módulo ao quadrado da função de onda, $||\Psi||^2$, representa a densidade de probabilidade de se encontrar a partícula em uma certa região do espaço. De acordo com Isham (1995, p. 9), a mecânica dos quanta apresenta quatro características básicas: a questão probabilística que impõe um determinismo estatístico; a redução do pacote de onda, que é ligada à questão da medida quântica, o problema da incerteza e o emaranhamento quântico. Estas questões surgiram com as discussões iniciais, em torno

dos fundamentos da teoria quântica, estabelecidas em centros científicos de Paris, Cambridge, Göttingen e, principalmente, em Copenhague, na Dinamarca, onde Niels Bohr, ao retornar de Manchester (UK) e com o prestígio adquirido pelos seus trabalhos em torno do problema atômico, fundou o Instituto de Física Teórica de Copenhague (que hoje tem o seu nome), em que, reunindo vários cientistas (físicos, químicos, matemáticos) estabeleceu a chamada escola ou doutrina de Copenhague, que incorpora a chamada interpretação ortodoxa da teoria quântica.

A mencionada interpretação tem por base o famoso princípio ou tese da complementaridade (ligado ao problema da dualidade onda-corpúsculo na radiação e na matéria), e os princípios da correspondência (que indica o problema da ligação quântico-clássico, a partir de $h \rightarrow 0$, em que h é a constante de Planck), da sobreposição (ligado ao problema da linearidade e medida quânticas) e, finalmente, o da incerteza ou indeterminação de Heisenberg. A partir destes princípios, a teoria pôde ser axiomatizada como uma teoria da mecânica abstrata, a partir de dois conceitos primitivos (o estado e as observáveis quânticas representadas por operadores lineares hermitianos); uma relação cinemática (que representa a medição quântica) e uma relação dinâmica (representada pela evolução da função de onda, no espaço e no tempo, dada pela EDP de Schroedinger).

Apesar de ser considerada uma teoria poderosa e de grande sucesso, a teoria dos quanta não é considerada uma unanimidade. Bunge (1973) afirmou que apesar de seu sucesso ela “tem a filosofia mais fraca”. Trainor e Wise (1981, p. 123) afirmam que tal teoria, apesar de ser uma teoria pragmática, que tem gerado grandes avanços tecnológicos nos últimos séculos, “é também uma criação artística que incorpora uma bela e sofisticada

estrutura conceitual, fundamentada numa elegante formulação matemática e apresenta, além disto, uma teoria da medida bastante elaborada”.

Toda esta discussão é uma herança das discussões iniciadas no V Congresso de Solvay, realizado em Bruxelas, Bélgica, no período de 24 a 29 de outubro de 1927, em que o centro era o problema da realidade quântica. A partir daquele encontro de cientistas estabeleceu-se o mais célebre debate científico do século passado, em que os principais antagonistas eram Bohr e seguidores, em defesa da doutrina copenhaguense, apresentando o postulado quântico, em que a nova teoria renunciava à descrição causal dos fenômenos atômicos no espaço e no tempo, e, do outro lado, Einstein e outros físicos, que não concordavam com a afirmação dos *bohrianos* de que a existência dos quanta era uma ideia primeira. Em síntese, a culminância desse debate estabeleceu-se em 1935, quando Einstein, Podolski e Rosen escreveram o célebre artigo, denominado de “paradoxo de EPR” que mereceu resposta imediata por parte de Bohr.

O fato é que o experimento de pensamento EPR conseguiu pôr às claras “as peculiaridades profundas da descrição quântica de um sistema físico extenso no espaço” (DAVIES e BROWN, 1991, p. 26), a partir de uma possível “violação” do princípio da incerteza de Heisenberg, um dos pilares da doutrina de Copenhague. Bohr rejeitou o raciocínio de Einstein. Nessa querela o que faltava era uma verificação experimental prática a qual “pudesse discriminar as perspectivas de Einstein das de Bohr, pondo em evidência a cooperação ou *ação fantasmagórica à distância* reclamada por Einstein. Tudo isso teve de esperar dezenas de anos para novos resultados” (ibidem, p. 61).

A interpretação de Copenhague defende que em certo sentido, “o átomo não medido não é real: seus atributos são criados ou realizados no ato de medição”. Os critérios de “realidade” desta escola influenciaram de forma profunda o mundo dos físicos; entretanto, a partir dos anos 1950 e, principalmente, após os trabalhos do físico John Stewart Bell (1964), o tema da “realidade quântica” retomou o seu papel de destaque, entre os físicos, epistemólogos e historiadores das ciências. O causador da renovação do debate da “realidade” é o hoje célebre teorema de Bell, que tem sido considerado um dos mais fundamentais resultados da ciência (RIBEIRO FILHO, 2011, p. 354).

O teorema de Bell não é uma mera conjectura ou suposição, tem algumas demonstrações matemáticas, o que implica afirmar-se que, se de início são aceitas algumas poucas hipóteses, a conclusão certamente aparecerá. O que está subjacente a essa discussão é que Bell não trouxe nem meramente admitiu, ou sugeriu, algo em torno da realidade, e sim, provou, dentro de critérios matemáticos, a asserção que “a realidade é não local”. Para Herbert (1983), este teorema trouxe uma contribuição imensurável para ajudar a esclarecer a questão ou problema da realidade quântica. No atual debate em torno deste tema, é bastante difundido que nenhum modelo local poderá explicar os fatos do mundo quântico. Os efeitos deste teorema ainda continuam deixando perplexos os distintos círculos de cientistas. Para Davies e Brown (1991, p. 29), o citado teorema abre o “caminho para uma verificação experimental dos fundamentos da mecânica quântica e uma escolha definitiva entre a ideia de Einstein de um mundo localmente real e a concepção de Bohr de um mundo um tanto ou quanto fantasmagórico, repleto de conspirações subatômicas”. De acordo com o paradoxo de EPR, a teoria quântica, apesar de seu

sucesso é uma teoria incompleta. “É possível pensar em alguma teoria ainda não descoberta, da natureza, para a qual a mecânica quântica agisse como uma espécie de aproximação estatística. Uma teoria mais completa contém variáveis que correspondem a todos os elementos “de realidade”. Deve existir algum mecanismo que age sobre essas variáveis para originar os efeitos observados de observáveis quânticas não comutativas, ou seja, o princípio de incerteza de Heisenberg. Esta é a teoria chamada de variáveis escondidas (*hidden variables*).

Em 1964, Bell mostrou que as predições da teoria quântica, no experimento de pensamento de EPR, são levemente distintas daquelas de uma larga classe de teorias de variáveis escondidas. Grosso modo, a física quântica prediz correlações estatísticas mais fortes entre os resultados de medidas realizados sobre distintos eixos do que teorias de variáveis escondidas. Tais diferenças são expressadas usando desigualdades conhecidas por “desigualdades de Bell”, as quais são em princípio detectáveis. A experiência de Aspect (1982), para verificar essas desigualdades, foi a que obteve maior sucesso.

A questão posta pelos protagonistas do EPR, “pode a mecânica quântica ser considerada uma teoria completa?”, apesar de ter sido quase ignorada por muitos físicos, influenciou uma parcela menor de pesquisadores com tal intensidade que, segundo Cunha (2005, 2007), os anos 1980 trouxeram para o laboratório a questão da “não localidade” — viva ainda hoje, pois cada experimento de *violação* da desigualdade de Bell é seguido por alguns contra-argumentos sobre situações não completamente controladas e que podem afetar os resultados. De acordo com este autor, nos últimos anos o debate amadureceu, sensivelmente, tal que “ao invés de se questionar se a teoria possui não-localidade, se isso

é desejável sob diversos pontos de vista (...) a questão tornou-se: será que esta não-localidade pode ser útil? Será que alguma tarefa pode ser melhor realizada usando as características da mecânica quântica do que com os métodos clássicos? Assim, o emaranhamento, termo criado por Schroedinger para descrever o estado das partículas de Einstein, Podolski e Rosen, passava de vilão para mocinho”.

A mecânica quântica, uma das mais bem sucedidas áreas da física, desde o século passado passou a necessitar de uma computação sofisticada, a fim de descrever analítica e numericamente os resultados experimentais. A busca incessante dos físicos e matemáticos por essa maquinaria de cálculos influenciou o desenvolvimento da matemática pura e aplicada e, por consequência, a área da informação, de tal maneira que esses avanços implicaram na aplicação da teoria quântica a problemas de computação científica, o que seria viabilizado pela atual teoria quântica da informação. Surgiu assim este caminho, ainda em andamento, que tem conduzido às aplicações da teoria quântica ao tratamento da informação.

A esperança de ter-se em futuro próximo a possibilidade de estarmos cada vez mais próximos de escalas atômicas, para a armazenagem da informação, nos leva a crer que a citada teoria quântica da informação é um campo promissor e necessário para a futura e esperada tecnologia ligada à computação quântica.

Nestes tempos recentes, muitos físicos têm se dedicado ao estudo de fenômenos novos como a teleportação, o qual é o processo que estabelece, previamente, correlações quânticas entre duas partes, próximas ou não, em que “o estado quântico de uma nova partícula pode ser transferido de um lugar para outro” (CUNHA, 2007, p. 33). Essas correlações caracterizam

o denominado emaranhamento que é consumido na execução do processo de teleportar, o qual é fundamental na computação quântica. Por enquanto, as notícias sobre os avanços rumo a essas pesquisas computacionais, consideram algumas aplicações de criptografia quântica. No fundo o que se busca na computação quântica, usando a óptica quântica, é processar, transmitir e armazenar informações utilizando correlações. Apesar de todo o empenho dos pesquisadores, a construção dos mencionados computadores quânticos é ainda uma tarefa que apresenta muitas dificuldades.

Com todos esses eventos que têm sacudido a mecânica quântica (emaranhamento, descoerência, teletransporte, criptografia e computação quânticas, etc), o que se sabe, atualmente, é que a mecânica quântica “pode sim ser utilizada de maneira vantajosa em diversas tarefas de processamento da informação. O emaranhamento é personagem central nesta teoria, mas como bom personagem, ainda guarda mistérios. Não existe ainda uma teoria completa sobre o emaranhamento!” (CUNHA , 2005, p. 52).

CONCLUSÕES

Neste trabalho tentamos discutir alguns dos principais ramos ou caminhos da física, desde a antiguidade, chamando a atenção para a persistência dos físicos na busca de respostas para o esclarecimento de distintos fenômenos naturais. Em particular lembramos que em julho de 2012 houve o anúncio da descoberta da partícula bóson de Higgs, conjecturada nos anos 1960, a qual confirma a unificação das forças nuclear fraca e eletromagnética

(interação eletrofraca). Relembramos distintas etapas, a exemplo do desenvolvimento das mecânicas, eletromagnetismo, não-linearidade, relatividades e a física dos quanta.

Encerramos tal discussão enfatizando alguns aspectos da ainda recente teoria quântica da informação e o caminho que possibilitará a busca do computador quântico. Este tema recebeu grande ênfase a partir da contribuição do nobelista Richard Feynman ao inferir que nenhum sistema clássico pode simular um sistema quântico eficientemente. De acordo com este autor, somente um sistema quântico pode, com eficiência, simular outro sistema quântico. Assim, a exemplo de seu pioneirismo ao introduzir os aspectos básicos da nanociência/nanotecnologia, o mencionado cientista foi também precursor ao afirmar que somente os computadores quânticos teriam a possibilidade de modelar os sistemas descritos pela teoria dos quanta.

Enfim, para finalizar esta breve explanação, sobre um possível roteiro em torno do caminhar da Física, lembramos outro enunciado do nobelista Prigogine (2002):

“Gostaria de insistir sobre o fato de que estamos somente no início da ciência. As leis fundamentais de Newton, de Einstein e de Schroedinger ainda descrevem apenas coisas muito simples, reversíveis. Não só estamos no início da neurofisiologia ou de outras ciências limítrofes, como também em física, e mesmo em matemática, compreendemos muito pouca coisa!”

NOTA

¹Instituto de Física da UFBA – PPGEFHC. ribfilho@ufba.br - ribfilho@uol.com.br

REFERÊNCIAS

ASPECT, A., DALIBARD, J. e ROGER, G., *Phys. Rev. Lett*, vol. 39, p. 1804, 1982

BACHELARD, G., *O novo espírito científico*. Tradução: J. J. M. Ramos. São Paulo: Abril Cultural, 1984.

BEAUDE, J., “Mecanicismo, cap. V”. In: *Galileu, Descartes e o Mecanicismo*. Lisboa: Gradiva, 1987.

BELL, J. S., *Physics*, vol. 1, p. 195, 1964.

BERGSON, H., *Duração e simultaneidade* [1922]. Tradução Cláudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

BRAGA, R., *A apercepção originária de Kant na Física do Século XX*. Apresentação: H. C. Lima Vaz. Belo Horizonte: Editora da UFMG, 1991.

BUNGE, M., *Filosofia da Física*. São Paulo: Liv. Martins Fontes, 1973.

COPÉRNICO, N., *Commentariolus*, Rio de Janeiro: Edit. Nova Stella. Coppe. MAST, 152 pp, 1990.

CUNHA, M. O. T., *Emaranhamento: caracterização, manipulação e consequências*. Tese de doutorado. UFMG, 2005; *Noções de Informação Quântica*. 26º Colóquio Brasileiro de Matemática. Rio de Janeiro: IMPA, 2007.

DAVIES, P. e BROWN, J. R., *O Átomo Assombrado*. Lisboa: Gradiva, 1991

EINSTEIN, A., PODOLSKI, B; ROSEN, N., *Phys. Rev.*, vol. 47, p. 777 – 780, 1935

FERMI, E., PASTA, J. R. e ULAM, S.M., *Studies of Nonlinear Problems*. Los Alamos. Sci. Lab. Rep., LA-1940, 1955. Later published in *Collected Papers of Enrico Fermi*, edited by E. Segré, University of Chicago Press, v. 2, p. 978, 1965.

GARDNER, C.S., GREEN, J. M., KRUSKAL, M. D., MIURA, R. M., “Method for solving the Korteweg De Vries equation”, *Phys. Rev. Lett.*, v. 19, p. 1095 – 1097, 1967.

GEYMONAT, L., “Dialética científica e liberdade”, In: Geymonat Ludovico, Giorello, G., *As razões da ciência*. Lisboa: Edições 70, 1986.

GILES, T. R., *O que é Filosofar?* 3ª Ed. São Paulo: EPU, 55 p, 1984.

GITTERMAN, M., *The Noisy Pendulum*, London: World Scientific, 120 pp, 2008

HAGEDORN, N., *Oscilações Não-Lineares*. Tradução: N. Nascimento. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 320 pp, 1984.

HERBERT, N., *A Realidade Quântica*. Rio de Janeiro: Livraria Francisco Alves Editora, 1983.

ISHAM, C. J., *Lectures on Quantum Theory – Mathematical and Structural Foundations*. London: Imperial College Press, 220 p, 1995.

KORTEWEG, D. J., and DE VRIES, G., “On the change of from long waves advancing in a rectangular channel, and on a new type of long stationary waves”, *Philos. Magazine*, London, v. 39, n. 5, p. 442-443, 1895.

KUHN, T., *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Coleção Debates: Edit. Perspectiva S.A., 264 pp, 9ª Ed, 2006.

NEWTON, I., *Principia – Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*. Coleção: Livros que mudaram o mundo. Folha de São Paulo: Levoir S.A., 121 pp, 2010.

NICOLIS, G., *Exploring Complexity*. San Francisco: Freeman, 1989.

OSADA, J., *Evolução das ideias da Física*. São Paulo: Editora da USP – Edgard Blücher, 1972

PATY, M., *A matéria roubada: a apropriação crítica do objeto da Física Contemporânea*. Tradução: M. A. Leite de Barros. São Paulo: Edusp, 320 pp, 1995.

PLANCK, M., *The Theory of Heat Radiation*. New York: DOVER, 1991

PINHO, S. T. R de e ANDRADE, R. F. S., “Evolução das ideias da Termodinâmica e da Mecânica Estatística. Cap. II”, in: *Origens e Evolução das Ideias da Física*. (Org.) J. F. M. Rocha, Salvador: EDUFBA, pp. 139 – 184, 2011.

POINCARÉ, H., *Ensaio Fundamentais*. Tradução: Vera Ribeiro, Rio de Janeiro: Contraponto – PUC – Rio, 2008.

PRIGOGINE, I. *Do ser ao devir. Nomes de Deuses: Entrevistas a Edmond Blattchen*. Tradução: Maria Leonor F. R. Loureiro: UNESP, 85 pp, 2002.

REDHEAD, M., *Da Física à Metafísica*: Edit. Papirus, 96 pp, 1997.

RIBEIRO FILHO, A., *Os Quanta e a Física Moderna*. Cap. V, in: *Origens e Evolução das Ideias da Física*. (Org.) J. F. M. Rocha, Salvador: EDUFBA, pp. 300 – 362, 2011.

RIBEIRO FILHO, A., e VASCONCELOS, D. S. de, “Aspectos matemáticos em sistemas não lineares na mecânica quântica e mecânica clássica modernas”. *Caderno de Ciências Humanas – Especificaria*, v. 9, n. 16, p. 397 – 410, 2006.

RUSSELL, J. S., “Report on Waves”. *Rep. 14th Meet. British Association Adv. Sci.*, Edinburgh, p. 311 – 390, 1844.

SANTOS, M., *Por uma outra globalização – do pensamento único à consciência universal*, São Paulo: Editora Record, 2000.

SOMMERFELD, A., *Mechanics*. New York: Academic Press Inc, 1952.

TRAINOR, L. E. H., and WISE, M. B., “From physical concept to mathematical structure: an introduction to the theoretical physics”. *Mathematical Expositions n. 22*, Toronto: University of Toronto Press, 399 pp, 1981.

ZABUSKY, N. and KRUSKAL, M., “Interaction of solitons in a collisionless plasma and the recurrence of initial states”. *Phys. Rev. Lett, New York*, v. 15, p. 240–243, 1965.

A TEORIA DA MATÉRIA E AS HIPÓTESES COSMOLÓGICAS DE DESCARTES

Claudemir Roque Tossato¹
Paulo Tadeu da Silva²

RESUMO: Este artigo visa analisar alguns aspectos da cosmologia cartesiana, tendo em vista a teoria dos vórtices elaborada por Descartes e sua relação com a sua teoria da matéria. Nesse contexto, pretendemos mostrar como a explicação cartesiana sobre os movimentos planetários procurou oferecer uma resposta aos problemas cosmológicos que se apresentaram entre o final do século XVI e a primeira metade do século XVII, os quais determinaram o abandono do modelo cosmológico aristotélico-ptolomaico e, com isso, a necessidade de uma nova concepção sobre o mundo celeste.

PALAVRAS-CHAVE: Descartes; Cosmologia; Vórtices; Mecanicismo; Matéria; Movimento; Copernicanismo.

ABSTRACT: This article aims to analyze some aspects of Cartesian cosmology, in view of the vortex theory elaborated by Descartes and his relationship with his theory of matter. In this context, we intend to show how the Cartesian explanation of planetary motions sought to provide an answer to the cosmological problems

that appeared between the late sixteenth century and the first half of the seventeenth century, which led to the abandonment to the Aristotelian-Ptolemaic cosmological model and with this, the need for a new conception of the heavenly world.

KEYWORDS: Descartes; Cosmology; Vortices; Mechanism; Matter; Movement; Copernicanism.

A GÊNESE DA COSMOLOGIA CARTESIANA E OS PROBLEMAS COSMOLÓGICOS

A publicação da *Revolução dos orbes celestes* (1996 [1543]), de Copérnico, marca o início de um longo e intenso período de debate em torno da natureza dos movimentos dos corpos celestes e, nesse contexto, da rejeição ou defesa da mobilidade da Terra, bem como do seu lugar no sistema solar. Até a publicação dessa obra, o modelo aristotélico-ptolomaico não possuía um modelo rival, um sistema que explicasse o funcionamento da máquina celeste com hipóteses diferentes daquelas oferecidas por Aristóteles e Ptolomeu. Em 1644, Descartes publica uma de suas últimas obras, os *Princípios de filosofia* (2006 [1644]), texto no qual ele retoma uma série de hipóteses e explicações sobre o mundo natural, terrestre e celeste. Como dissemos, trata-se de uma retomada, pois, de fato, essas hipóteses e explicações foram primeiramente apresentadas em outras obras, uma das quais não veio a público em virtude do desfecho da defesa galileiana do copernicanismo. A primeira delas, *O mundo* (2009 [1633]), escrita entre o final de 1629 e o fim de 1633, está claramente vinculada ao copernicanismo e, por este motivo, bem como em virtude da condenação de Galileu, Descartes abre mão da sua publicação, decisão que ele comunica a Mersenne em uma série de cartas entre novembro de 1633 e maio de 1634 (cf. AT, I, p. 270-3, 280-4, 284-91). A segunda obra foi publicada em 1637, juntamente com o *Discurso do método* (2009 [1637]), como um dos ensaios que o acompanham. Trata-se de *Os meteoros*.

Não há seguramente uma correspondência entre *O mundo* e *Os meteoros* (2009 [1637]), tal como aquela existente entre o primeiro e os *Princípios de filosofia*. De fato, as duas primeiras obras não têm o mesmo caráter. Enquanto *O mundo* contém

uma exposição voltada para a apresentação da teoria da matéria, da cosmologia e da natureza da luz, *Os meteoros* são dedicados ao exame e explicação dos fenômenos meteorológicos, ou seja, aqueles que são observados sobre a terra e no céu próximo (cf. DE BUZON, 2009, p. 17). Contudo, não obstante a diversidade de seus objetos, o primeiro discurso de *Os meteoros*, dedicado à natureza das coisas terrestres, contém a exposição da teoria da matéria cartesiana, assunto também abordado pelo autor nos capítulos 2, 3, 4 e 5 de *O mundo*.

Mas o interesse com respeito aos *Meteoros* não repousa apenas neste fato. Na verdade, ao considerarmos os dois textos, podemos perceber que a mesma concepção de matéria permite a Descartes tratar os fenômenos terrestres e celestes de modo análogo. Portanto, é por meio de um mesmo conjunto de suposições sobre a natureza da matéria que Descartes explica, de um lado, os vapores, as exalações, o sal, os ventos, as nuvens, a neve, a chuva, o granizo, as tempestades, o relâmpago, o arco-íris, os círculos ou coroas que se vê eventualmente em torno dos astros e os paraélios, e, de outro, a rotação e translação dos planetas, bem como a trajetória dos cometas. São justamente esses últimos fenômenos celestes que serão retomados por Descartes na obra de 1644. Como afirma Garber, ainda que a correspondência entre *O mundo* e os *Princípios de filosofia* não seja absolutamente exata, a segunda parte dos *Princípios de filosofia* corresponde aos capítulos 6 e 7 de *O Mundo*, ao passo que as partes III e IV correspondem aos capítulos de 8 a 15 (cf. GARBER, 1992, p. 26). São justamente nesses capítulos da obra de 1633 que encontramos a primeira formulação da cosmologia de Descartes, introduzida por meio de uma estratégia (DESCARTES, 2009 [1633], p. 71): “Permiti a vosso pensamento, pois, por um pouco de tempo, que saia deste

mundo para conseguir ver um outro totalmente novo, que farei nascer em sua presença nos espaços imaginários.” A estratégia consiste em tomar esse “novo mundo” como imaginário, mas cujas leis naturais podem ser observadas no “antigo mundo”. De fato, ao enunciar a primeira regra deste novo mundo, a saber, “que cada parte da matéria em particular permanece sempre no mesmo estado enquanto o encontro com outras não a obrigue a alterá-lo” (DESCARTES, 2009 [1633], p. 85), Descartes afirma que “Não há ninguém que não creia que essa mesma regra se observa no antigo mundo, no tocante ao tamanho, à figura, ao repouso e mil outras coisas semelhantes (...)” (DESCARTES, 2009 [1633], p. 85). Essa estratégia remete ao modo como Bellarmino compreendia que se poderia afirmar o movimento da Terra e a centralidade do Sol, tal como expresso na carta a Foscarini, datada de 12 de abril de 1615 (cf. GALILEI, 2009, p.131-6; cf. EN, 12, p. 171-2). O compromisso instrumentalista de Bellarmino, segundo o qual as hipóteses astronômicas não são explicativas e, portanto, nem verdadeiras nem falsas, mas apenas descrevem e representam o que se observa nos céus visando salvar as aparências (MARICONDA & VASCONCELOS, 2006, p. 98-9), permitia o tratamento das hipóteses copernicanas *ex suppositione*. E, em certo sentido, é exatamente esse o caminho tomado por Descartes ao explicar os movimentos celestes por meio da construção desse novo mundo imaginário. Em certo sentido, pois, levando em consideração a carta endereçada a Mersenne no final de novembro de 1633, seu posicionamento não foi o de um instrumentalista convicto e sincero (AT, I, p.270-1, *apud* GAUKROGER, 1999, p. 358-9):

Eu havia tencionado enviar-vos *Le Monde* como presente de Ano Novo [...] mas, nesse meio tempo, procurei

descobrir, em Leiden e Amsterdã, se seria possível obter um exemplar do *Sistema do mundo* de Galileu, pois julguei ter ouvido dizer que ele fora publicado na Itália no ano passado. Disseram-me que o livro foi realmente publicado, mas que todos os exemplares foram queimados em Roma e que Galileu foi preso e condenado a pagar uma multa. Fiquei tão surpreso com isso que quase resolvi queimar todos os meus trabalhos, ou, pelo menos, não permitir que ninguém os visse. Era-me impossível imaginar que ele – um italiano e, segundo creio, um homem que está nas boas graças do papa – pudesse ser transformado em um criminoso, apenas por haver tentado, como certamente fez, provar que a Terra se move [...] Devo admitir que, se essa visão for falsa, falsos serão também todos os fundamentos de minha filosofia, pois é possível demonstrá-la com muita clareza a partir deles. E ela é a tal ponto parte integrante de meu tratado, que eu não poderia retirá-la sem tornar defeituoso o trabalho inteiro. A despeito de tudo isso, porém, eu não gostaria de publicar um discurso com uma só palavra que a Igreja desaprovasse, de modo que prefiro suprimi-lo a publicá-lo de forma mutilada.

Tal declaração mostra claramente o envolvimento de Descartes com o copernicanismo, contudo, a maneira como tratou suas hipóteses e explicações cosmológicas em *O mundo* está revestida de uma retórica que visa adequar suas convicções ao modo instrumentalista de encarar os problemas astronômicos e cosmológicos. Com a condenação de Galileu, e a conseqüente desistência de publicar *O mundo*, Descartes passa a dedicar-se a outros objetos de investigação, os quais, como dissemos, serão abordados nos ensaios que acompanham o *Discurso do método*. Ele só retornará aos assuntos cosmológicos na obra de 1644, os *Princípios de filosofia*. E nesse momento é importante notar

a adoção de uma nova estratégia que, novamente, enfraquece o caráter realista de suas hipóteses cosmológicas. Como podemos observar em alguns momentos da terceira parte dos *Princípios de filosofia*, Descartes adverte que suas hipóteses podem ser falsas.

A adoção do sistema copernicano envolveu uma dificuldade fundamental, vinculada às dificuldades de ordem empírica. (MARICONDA & VASCONCELOS, 2006, p. 53-4)

O principal problema enfrentado pelo sistema heliocêntrico de Copérnico está, sem dúvida, na falta de evidência empírica em favor de suas hipóteses. De fato, não há quem possa, com base na experiência comum, hoje e no século XVII, afirmar que se dá conta dos movimentos terrestres. Quem pode, por exemplo, dizer que percebe que a Terra gira em torno de si mesma? O fato de o Sol e os demais astros nascerem todo dia a leste e porem-se a oeste não prova que a Terra gira; ao contrário, fortalece o ponto de vista geocêntrico de que a Terra está parada no centro, em torno do qual vemos todos os corpos celestes moverem-se em movimento circular. Enfim, nenhuma experiência simples evidencia o movimento de nossa morada; ao contrário, nossa percepção cinética interna gera, até mesmo, a certeza da imobilidade do chão que pisamos.

Tal dificuldade, contudo, deve ser contrabalançada com as novas observações astronômicas ocorridas a partir do final do século XVI, as quais desencadearam o debate em torno dos sistemas ptolomaico, copernicano e thychoniano. Chamamos a atenção aqui para algumas delas. As primeiras são dois trabalhos de observações sistemáticas de Tycho Brahe: a nova de 1572 e o cometa de 1577. As segundas são as observações feitas por Galileu com o auxílio do telescópio, dentre as quais as observações do relevo lunar, dos

satélites de Júpiter e das fases de Vênus, merecem destaque. Ora, as observações feitas por Brahe colocavam em evidência uma dificuldade cosmológica fundamental. O problema cosmológico básico provém da seguinte questão posta por Tycho Brahe para os astrônomos: o que faz que um planeta se mova? Tal pergunta ocorre principalmente pela dissolução do cosmo aristotélico. Essa dissolução trouxe uma grande dificuldade para os cosmólogos do final do século XVI e início do XVII. Lembremos que esse período da história da astronomia é marcado fundamentalmente pela disputa entre os adeptos dos modelos ptolomaicos, para os quais a Terra é o centro de movimentos dos corpos celestes, e as novas propostas cosmológicas de Copérnico, que admite o Sol como centro de movimentos e a Terra movimentando-se ao seu redor. Brahe nunca foi copernicano, longe disso; seu universo híbrido, no qual a Terra está no centro, com a Lua e o Sol girando ao seu redor, enquanto os planetas giram, por sua vez, em torno do Sol, procura dar conta das dificuldades apresentadas por fenômenos astronômicos observados por Brahe.

Os fenômenos de 1572 e 1577 demonstraram a Brahe que o céu é corruptível, porque a existência das esferas de cristal da cosmologia aristotélica é incompatível com a trajetória dos cometas, dado o fato de que um cometa não é um fenômeno atmosférico, mas que corta o céu constantemente (cf. TOSSATO, 2004). Mas, se não existem esferas de cristal e o céu é “vazio”, temos a seguinte questão: o que move os planetas? Brahe era um anticopernicano e resolveu esse problema com o seu sistema híbrido. Para um copernicano, como Kepler, Galileu e Descartes, a questão é mais sensível, pois a Terra é um planeta. Assim, o legado de Brahe foi colocar um grande problema para os cosmólogos do século XVII. Como não existem esferas de cristal, as quais eram responsáveis pelo movimento dos planetas, o que os leva a

se moverem? E, mais do que isso, Brahe não mostra apenas que não é possível existir esferas de cristal no céu, mas qualquer coisa que impossibilite a ocorrência de fenômenos celestes, pois esses cortariam os planos das órbitas dos planetas no céu, como, por exemplo, faria um cometa.

As observações astronômicas de Galileu, por sua vez, fortalecem os argumentos contra a distinção entre mundo sublunar e supralunar, bem como ampliam as razões que fortalecem a plausibilidade do sistema copernicano. No primeiro caso, a observação do relevo lunar permite inferir a homogeneidade entre a superfície terrestre e a superfície lunar. Portanto, conduz à recusa de duas regiões distintas, tal como a tradição aristotélica defendia. A observação das fases de Vênus, por sua vez, permite responder a um dos argumentos contra a centralidade do Sol e o movimento dos orbes celestes em torno dele. De fato, um dos efeitos que deveria ser observado, caso Vênus orbitasse em torno do Sol, seria a presença de fases. Até o advento do telescópio tal efeito não fora observado e o uso deste instrumento permitiu justamente tal observação. A descoberta dos satélites de Júpiter e os seus movimentos em torno deste planeta contribuem, mais uma vez, para o fortalecimento da plausibilidade do sistema copernicano. E isso por um motivo fundamental: o princípio de harmonia sistêmica. De fato, a observação dos satélites de Júpiter e seu comportamento responde uma objeção importante contra o movimento terrestre e, além disso, é também determinante para a deflagração da militância pró-copernicana de Galileu. Como afirma Leitão (LEITÃO, 2010, p. 82):

Os historiadores concordam em geral que a descoberta dos satélites de Júpiter, esvaziando assim a objeção que pretendia negar o movimento da Terra pela impossibilidade

de a Lua a acompanhar, foi um fato decisivo na conversão de Galileu a um copernicanismo explícito e militante.

Feitas essas considerações iniciais, passemos ao exame das suposições cartesianas sobre a natureza da matéria e, em seguida, para a análise da teoria dos vórtices.

AS HIPÓTESES CARTESIANAS SOBRE A NATUREZA DA MATÉRIA

Tendo em vista os principais objetivos deste artigo, limitaremos a exposição sobre a teoria cartesiana da matéria aos elementos presentes na segunda parte dos *Princípios de filosofia*. Ainda assim, cabe lembrar novamente, ainda que de modo muito breve, que a concepção cartesiana sobre a natureza da matéria tem a sua primeira formulação em *O mundo* e, posteriormente, em dois dos ensaios que acompanham o *Discurso do método*, a saber: *A dióptrica* e *Os meteoros*. Dentre esses dois últimos textos, o segundo tem certamente maior importância, uma vez que a teoria da matéria desempenha um papel fundamental em todo o restante do texto, no qual Descartes procura explicar uma série de fenômenos meteorológicos. Em *A dióptrica* a importância da teoria da matéria está estreitamente relacionada com a explicação sobre a natureza da luz, discutida principalmente no primeiro discurso. Feitas essas brevíssimas observações, passemos aos *Princípios de filosofia*.

Ao iniciar sua exposição sobre a natureza e as propriedades das coisas materiais Descartes afirma (DESCARTES, 2006 [1644], p. 59-60):

Ora, porque Deus não nos engana, dado que isso repugna à Sua Natureza, como já antes observamos, devemos concluir que existe uma certa substância extensa em comprimento, largura e altura que está presente no mundo [com todas as propriedades que sabemos pertencerem-lhe claramente]. A esta substância extensa chamamos [propriamente] corpo ou substância das coisas materiais.

O estabelecimento da natureza das coisas corporais é posteriormente ratificado nos artigos seguintes, nos quais Descartes enfatiza que as mesmas não devem ser caracterizadas por suas qualidades secundárias, mas por uma propriedade essencial: a extensão. De fato, é precisamente isso que encontramos no artigo 4, no qual o autor afirma (DESCARTES, 2006 [1644], p. 60) :

Procedendo assim, saberemos que natureza da matéria ou do corpo em geral não consiste em ser uma coisa dura, pesada ou colorida, ou que afeta os sentidos de qualquer outra maneira, mas que é apenas uma substância extensa em comprimento, largura e altura.

Ora, a determinação da natureza dos corpos dotados de cor, peso, rigidez, entre outras qualidades secundárias, é resultado da abstração das mesmas, estratégia claramente exposta no artigo 11, no qual Descartes, a fim de esclarecer a natureza dos corpos, apresenta um exemplo no qual todas as qualidades secundárias de uma pedra são eliminadas até que reste apenas a sua extensão, isto é, seu comprimento, largura e altura. Como ele afirma, no artigo 4 dos *Princípio de Filosofia*, a existência dos corpos não depende das qualidades secundárias que observamos pelos sentidos, mas

única e exclusivamente da extensão. É importante notar que o estabelecimento da natureza das coisas corporais como *extensão* permitirá justamente o tratamento matemático e mecânico dos corpos. Quanto a este último aspecto, é importante notar que a concepção de matéria presente neste momento do texto de 1644 deve ser contrastada com as formulações que aparecem em textos anteriores, como *O mundo* e *Os meteoros*. Nestes últimos, Descartes procura mostrar que a matéria é composta de pequenas partes ou corpúsculos arranjados de tal forma que há, entre eles, pequenos intervalos, os quais são preenchidos por uma matéria muito sutil. Como veremos a seguir, tal concepção estará presente na distinção entre corpos duros e corpos líquidos, assunto abordado tanto no ensaio de 1637 quanto na obra de 1644.

Até esse momento do texto, podemos perceber que apenas os corpos são definidos como extensão. Todavia, o mundo exterior não é composto apenas de corpos, mas também do meio no qual eles estão dispostos e se movimentam. Segundo Descartes, o espaço também deve ser compreendido como extensão e, nesse sentido, em nada difere dos corpos nele presentes. Como ele afirma no artigo 11 (DESCARTES, 2006 [1644], p. 64):

Depois de assim termos examinado esta pedra descobrimos que a verdadeira ideia que nos fez conceber que é um corpo consiste unicamente em apercebermos distintamente de que é uma substância extensa em comprimento, largura e altura; ora, isso mesmo está compreendido na ideia de que temos do espaço, não só daquele que está preenchido pelos corpos, mas também daquele que se chama vazio.

Assim, corpos e espaço possuem a mesma natureza, uma vez que são compostos de uma mesma substância extensa, passível

de ser infinitamente dividida, sem a necessidade de pressupor a existência do vazio³. Entendidos nesses termos, como distinguir corpos e espaço, isto é, como dar conta do fato de que, efetivamente, vemos corpos dispostos no espaço ou movimentando-se de um ponto a outro? A resposta a essa questão nos coloca não somente diante da solução do problema, mas também de outro elemento fundamental: o movimento. A fim de compreender o que está em jogo, precisamos ter em conta a natureza dos corpos líquidos, pois é justamente aí que a distinção entre corpos e espaço é claramente estabelecida. Para tanto, é preciso chamar a atenção para os artigos 54 e 58, da segunda parte dos *Princípios de Filosofia*. No primeiro desses artigos, levando em consideração que as partes dos corpos líquidos “cedem facilmente o seu lugar e não oferecem resistência às nossas mãos quando os encontram”, o que não ocorre com os corpos duros, Descartes conclui (DESCARTES, 2006 [1644], p. 84):

Donde se segue que um corpo é líquido quando está dividido em muitas partículas que se movem separadamente de maneiras diferentes, e é duro quando todas as suas partes se tocam entre si [sem precisarem de movimento para se afastarem reciprocamente].

Quanto ao artigo 58, basta fazer referência ao seu enunciado (DESCARTES, 2006 [1644], p. 87): “Um corpo não deve ser considerado totalmente líquido relativamente ao corpo duro que o rodeia se algumas de suas partes se moverem menos depressa do que o corpo duro”.

Tendo em vista os dois artigos, podemos concluir que a diferença entre corpo e espaço, ou mais propriamente entre corpo duro e corpo líquido, é justamente que as partes do primeiro

movem-se muito mais lentamente do que as do segundo. Ainda que ambos sejam compreendidos como uma substância extensa, o que permite diferenciá-los é justamente a velocidade com que suas partes se movem.

É a partir dessas noções, de corpo duro e de corpo líquido, que a explicação sobre os movimentos celestes é construída. O que certamente não deverá causar qualquer surpresa, uma vez que, utilizando aquilo que poderíamos denominar de *princípio de homogeneidade*, Descartes sustenta, nos artigos 22 e 23 da segunda parte dos *Princípios de Filosofia*, que a Terra e os céus são constituídos da mesma matéria e que só podemos conhecê-la porque é extensa. Assim, trata-se de regiões homogêneas, de maneira que não é mais possível sustentar a antiga distinção aristotélica entre mundo sublunar e supralunar. Se Terra e céus são feitos de uma mesma matéria, então é natural que os movimentos observados nos céus possuam alguma proximidade com aqueles que observamos no interior da Terra. É precisamente essa concepção que permitirá o tratamento mecanicista dos movimentos celestes, supondo o transporte dos orbes celestes em um céu líquido.

AS HIPÓTESES COSMOLÓGICAS DE DESCARTES

Nosso objetivo nesse momento é fazer uma análise das questões astronômicas e filosóficas que se apresentam no terceiro livro dos *Princípios da filosofia*, ou seja, uma exposição acerca da teoria dos vórtices elaborada por Descartes. Essa exposição tem como finalidade apontar as diretrizes para a concepção cartesiana da teoria dos vórtices, presente nos artigos 19-31 da terceira

parte. Foi justamente em virtude deste objetivo que dedicamos as duas primeiras partes do presente artigo à exposição de um quadro geral sobre os problemas cosmológicos que prevaleciam na época de Descartes e, ainda, uma apresentação geral sobre as principais obras deste autor relacionadas direta ou indiretamente com esses problemas cosmológicos. Assim, uma vez apresentado o contexto no qual a teoria dos vórtices está inserida, passamos propriamente a sua análise.

Descartes elaborou a teoria dos vórtices como uma alternativa tanto para o sistema de Copérnico como para o sistema híbrido de Brahe. Ao iniciar a apresentação da sua teoria dos vórtices, Descartes, no artigo 19 da terceira parte dos *Princípios*, coloca a sua intenção (DESCARTES, 2006 [1644], p. 98):

Sem discordar minimamente com ambos, terei mais cuidado do que Copérnico em não atribuir movimento algum à Terra e procurarei tornar as minhas razões mais verdadeiras do que as de Tycho. Por isso, proporei aqui a hipótese que me parece ser a mais simples de todas e a mais apropriada [quer para conhecer os fenômenos como para lhes buscar as causas naturais]; contudo, aviso que não pretendo que seja acolhida como totalmente conforme com a verdade, pois pode ser falsa.

Por esse artigo, lemos claramente que Descartes não segue Copérnico, pois não atribui movimento a Terra. Uma razão de cunho metafísico talvez explique essa necessidade, isto é, a metafísica cartesiana, ligada à impossibilidade de ações à distância, determina que toda ação deve ser feita por contato ou choque. Não é necessário, portanto, que a Terra se mova nessa perspectiva, é suficiente que ela seja conduzida por algo; este algo

é o movimento em vórtices que o Sol provoca nela e nos outros corpos que pertencem ao seu sistema de movimentos. Outra explicação pode ser de cunho político e religioso, isto é, não era interessante na época de Descartes defender o movimento da Terra; lembre-se novamente o caso da desistência de Descartes de publicação de *O mundo*, em 1633, ocasionada pela condenação de Galileu pelo Santo Ofício. Interessante também é a afirmação de que seu sistema é mais verdadeiro que o de Brahe. Na época de Descartes, o sistema ptolomaico já tinha sido abandonado, e o de Brahe era o preferido pelos meios acadêmicos e eclesiásticos⁴. Contudo, para Descartes, o sistema híbrido de Brahe não apresenta, como ele mesmo diz, um grau de certeza simples.

Feita a apresentação no artigo 19, Descartes passa a expor a sua teoria dos vórtices. Inicialmente, Descartes elabora quatro suposições para dar operacionalidade a sua teoria. Vejamos, então, quais são as hipóteses cartesianas para a elaboração da teoria dos vórtices.

Em primeiro lugar, Descartes assume que as estrelas estão muito afastadas de Saturno (artigo 20), e isto devido ao problema das distâncias. Um problema para o copernicanismo, e talvez o que mais incomodou os astrônomos que seguiram essa nova proposta, foi a questão da falta de observação de paralaxe. Como não era possível a detecção de uma paralaxe estelar, isto serviu como um grande argumento contra o copernicanismo.

Em segundo lugar, assume que o corpo do Sol (artigos 21 a 23) tem uma matéria extremamente líquida, com partes muito agitadas que conduzem consigo as outras partes do céu contíguas a ela.

Em terceiro lugar, Descartes sustenta que os céus são líquidos (artigos 24 e 25) ou constituídos de uma matéria líquida, como atesta a seguinte passagem (DESCARTES, 2006 [1644], p. 100):

Em terceiro lugar, pensamos que a matéria do céu é líquida, assim como a que constitui o Sol e as estrelas fixas. Essa opinião é agora comumente aceita por todos os astrônomos, porque de outro modo é quase impossível explicar corretamente os fenômenos.

A questão, todavia, não foi bem colocada por Descartes. A suposição de que os céus são líquidos não era algo aceito sem mais pelos astrônomos da época. Kepler, por exemplo, tem uma postura diferente, justamente por aceitar que existam forças a distância, a questão da constituição líquida do céu não era algo admitido por ele.

Em quarto lugar, o filósofo francês afirma, no artigo 25, que os céus transportam consigo todos os corpos que contêm (DESCARTES, 2006 [1644], p. 100):

Mas parece-me que muitos se enganam quando atribuem ao céu a propriedade de ser líquido e ao mesmo tempo o imaginam como um espaço completamente vazio que resiste ao movimento dos outros corpos e que não tem nenhuma força para os mover e arrastar consigo. Além de um tal vazio não poder existir na Natureza, tem em comum com todos os líquidos o seguinte: a razão porque resistem aos movimentos dos outros corpos não está em terem menos matéria do que eles, mas em terem tanta ou mais agitação, e porque as suas partículas facilmente se determinam a mover-se de todos os lados. E quando todas se movem conjuntamente para um só lado, isso implica necessariamente que levem consigo todos os corpos que envolvem e rodeiam por todos os lados, não sendo impedidos de acompanhá-los por qualquer causa externa, ainda que estes corpos duros e sólidos estejam em completo repouso, como evidentemente se segue de quando se disse da natureza dos corpos líquidos [Parte II, Art. 61].

Podemos retirar algumas coisas desse artigo. Em primeiro lugar é incompatível admitir que o céu contenha matéria (que, para Descartes, é líquida) e, ao mesmo tempo, sustentar que é vazio. Essa questão não apresenta dificuldades. Contudo, admitir que os céus sejam líquidos é, para Descartes, uma hipótese; de maneira que isto não prova que não haja vazio no céu. Mas admitindo que o céu seja líquido e que não haja vazio, podemos entender como funciona a teoria dos vórtices. Em linhas gerais, os planetas que pertencem a um sistema delimitado, ou seja, que pertencem a um grande vórtice, como no caso do nosso sistema solar, são conduzidos em seus movimentos não por si próprios, mas pela ação exercida pelo corpo central. Inicialmente, temos que “a razão porque resistem aos movimentos dos outros corpos não está em terem menos matéria do que eles”, isto é, não é a relação entre a quantidade de matéria que determina a submissão de um corpo ao movimento de outro, “mas em terem tanta ou mais agitação, e porque as suas partículas facilmente se determinam a mover-se de todos os lados”. Ou seja, é uma questão de quantidade de agitação das partículas que está em jogo. E “quando todas se movem conjuntamente para um só lado, isso implica necessariamente que levem consigo todos os corpos que envolvem e rodeiam por todos os lados” Isto é, quando as partículas concentram-se no centro, que no caso é o corpo do Sol, elas trazem todas as partículas contíguas a elas, a saber, os planetas. Portanto, a teoria dos vórtices é estabelecida pela aceitação de que o céu contém mais agitação e as suas partículas movem-se para todos os lados e, se moverem-se todas, ou uma grande parte, para um só lado, isso permitirá a condução dos corpos que estão contidos nelas.

Em quinto lugar, Descartes sustenta, no artigo 26, que a Terra não se move por si, mas é conduzida pelo movimento contíguo do corpo do Sol (DESCARTES, 2006 [1644], p. 101):

Em quarto lugar, vemos que a Terra não é amparada por colunas, nem está suspensa no ar por cabos, mas rodeada de um céu muito líquido por todos os lados, e por isso pensamos que está em repouso e que não tem propensão para o movimento, dado que não o observamos nela. Mas isso não impede que ela seja levada pelo curso do céu e siga o seu movimento apesar de não a vermos mover-se: é como um barco que, não sendo levado pelo vento nem pela força de remos, se mantém preso pelas âncoras, permanecendo em repouso por meio do mar; ainda que o fluxo e o refluxo daquela grande massa de água provavelmente o arraste consigo de forma insensível.

A afirmação de que a Terra, assim como os outros planetas, não está amparada por colunas ou outro tipo de sustentação é um aspecto fundamental que, por sua vez, está relacionado com a forma como Descartes entende não somente a sua localização, mas também o seu comportamento. Para ele, a Terra é sustentada no céu, e comporta-se nesse meio, de modo hidrostático. Ou seja, a Terra comporta-se como um corpo duro imerso em um meio líquido, o que nos remete às definições e ao comportamento de corpo duro e corpo líquido, expostas na segunda parte dos *Princípios de filosofia*. Além disso, embora os nossos sentidos indiquem que a Terra parece estar em repouso, ela move-se porque é conduzida pelos céus líquidos. Em outras palavras, a Terra move-se e não se move ao mesmo tempo. Isso pode ser explorado de algumas maneiras. Pode-se dizer que como ela não tem condições de se movimentar por si mesma, é preciso que seja conduzida pela agitação das partículas do vórtice no qual ela está localizada.

Em sexto lugar, Descartes, no artigo 27, confere o mesmo tipo de comportamento a todos os outros planetas (DESCARTES, 2006 [1644], p. 101):

E dado que os planetas se assemelham à Terra, porque são opacos e refletem a luz do Sol, temos motivos para crer que também se assemelham a ela, permanecendo também em repouso na parte do céu onde cada um se encontra. As semelhanças que se observa relativamente à sua localização derivam apenas do facto de seguirem o movimento da matéria que os contém.

Em sétimo lugar, encontramos a exposição de um princípio de relatividade mecânica do movimento, relacionado com o deslocamento dos planetas e, como se conclui do que foi exposto até agora, da suposição de que os planetas estão imersos em um céu líquido que, pelo movimento de suas partículas, carrega consigo os orbes celestes. Este princípio é apresentado no artigo 28 (DESCARTES, 2006 [1644], p. 101-2):

Convém aqui recordar o que anteriormente se disse sobre a natureza do movimento, isto é, propriamente falando, um corpo só é transportado da proximidade daqueles que lhe são imediatamente contíguos – e que consideramos em repouso – para a proximidade de outros. Mas, na prática, muitas vezes chamamos movimento a toda ação que faz com que um corpo passe de um lugar para outro, e neste sentido pode dizer-se que uma coisa está e não está ao mesmo tempo em movimento conforme o lugar que lhe determinamos. Donde se segue que na Terra e nos outros planetas não há nenhum movimento com a significação própria deste termo, uma vez que não são transportados da proximidade da parte do céu que lhe são contíguos (e que consideramos em repouso). Com efeito, para serem transportados seria necessário que se afastassem simultaneamente de todas as partes do céu tomadas em conjunto, o que não acontece: mas como a matéria do céu

é líquida e as partes que a compõem são muito agitadas, sempre que algumas destas partes se afastam do planeta contíguo, também as outras se afastam; e isto por um movimento que lhes é próprio e que devemos atribuir a elas e não ao planeta que deixam. É o que acontece com as deslocções parciais do ar ou da água que ocorrem à superfície da Terra, que geralmente não atribuímos à própria Terra, mas à própria água e ao próprio ar⁵.

O movimento é relativo, pois depende daquilo que consideramos em repouso e daquilo que consideramos em movimento. Além disso, o movimento depende do lugar no qual determinado corpo esteja localizado. Assim, a Terra não se move por si, mas é conduzida pelos céus que a contém, o que faz que Descartes não se comprometa com a admissão do movimento da Terra em seu sentido mais forte, ou seja, o sentido no qual Copérnico e os copernicanos afirmavam tal movimento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Westfall caracteriza a importância da teoria dos vórtices de Descartes da seguinte maneira (WESTFALL, 1980, p. 58-9):

A teoria dos vórtices constituiu o primeiro sistema aparentemente plausível estabelecido para substituir as esferas cristalinas. Na realidade, a mecânica celeste de Kepler havia precedido, mas o sistema de Kepler foi construído a partir de princípios inaceitáveis para a filosofia mecanicista. Os vórtices de Descartes, inútil dizer, eram aceitáveis e dominaram durante meio século as descrições do céu. Para entender o pensamento científico

do século XVII, é importante saber o que se pretendia ou não se pretendia explicar. Os vórtices ofereciam uma explicação mecânica aos grandes fenômenos celestes. Indicavam porque os planetas giram ao redor do Sol, todos na mesma direção e todos (praticamente) no mesmo plano. Mediante a introdução encoberta de fatores arbitrários, explicavam o fato dos planetas moverem-se mais lentamente quanto mais afastados estão do Sol. Tais coisas, contudo, eram apresentadas como consequência da matéria em movimento, sem recorrer a quaisquer poderes ocultos. Para a ciência do século XVII, foi importante o tipo de explicação mecanicista que ofereciam os vórtices, e não é difícil de entender-se a atração dessa teoria. O que a teoria dos vórtices não tentou abordar foram os detalhes precisos das órbitas planetárias que constituíam o domínio da astronomia técnica. Descartes não mencionou as três leis de Kepler, e é difícil pensar como ele poderia tê-las deduzido dos vórtices. Mas o tipo de descrição matemática que representam as leis de Kepler também foi importante para a ciência do século XVII. A filosofia mecanicista, com a sua concentração nas causas físicas, existiu em oposição à tradição pitagórica de descrição matemática. O maior sucesso da ciência do século XVII, a obra de Isaac Newton, constituiu na resolução de tal problema.

O interessante dessa passagem de Westfall é que ele caracteriza a teoria dos vórtices de Descartes como o primeiro sistema plausível para substituir a teoria das esferas cristalinas, fundamental para um aristotélico. Mas em relação à questão posta por Brahe, isto é, o que faz um planeta se movimentar? Descartes teria também resolvido este problema? Acreditamos que a questão deve ser posta da seguinte maneira: se Descartes assume que o universo celeste é um pleno e que os turbilhões

ocorrem porque são constituídos de líquidos, então esses líquidos são constituídos de matéria e terão alguma ação na trajetória de outros corpos celestes além dos planetas, tais como cometas. Desse modo, teríamos que concluir que um turbilhão deve afetar a trajetória dos cometas tal como deve fazê-lo no caso dos planetas. Contudo, observa-se que as suas trajetórias são constantes e não são afetadas por tais turbilhões. Por outro lado, se o líquido que contém os sistemas planetários não é de natureza tal como, por exemplo, a da água, isto é, se não é matéria, então é uma entidade com o mesmo estatuto de força. Descartes ficou com a primeira opção. Contudo, isso o levou a elaborar uma explicação muito complexa para dar conta do movimento de um cometa, como podemos notar nos artigos 119 a 139.

Acreditamos que a dificuldade é que a teoria dos vórtices de Descartes, apesar de sofisticada para a época (por tentar explicar mecanicamente a problema dos movimentos planetários através de recursos mecânicos) está no mesmo plano das explicações mecânicas de Aristóteles, com a diferença de que em vez de esferas encaixadas em esferas (as esferas concêntricas de Eudoxo), Descartes utiliza vórtices ou turbilhões. Mas o problema posto por Brahe já não era esse, isto é, o de construir um modelo mecânico com entidades extensas, seja com esferas, com relógios ou com líquidos, mas o de fornecer uma explicação que tanto resolvesse as regularidades observadas nos movimentos dos planetas, bem como determinasse um modelo cosmológico que explicasse por que outros fenômenos celestes, tal como a trajetória de um cometa, percorrem livremente o céu sem sofrerem qualquer impedimento.

NOTAS

¹Professor de Filosofia da Ciência da Universidade Federal de São Paulo, toclare@uol.com.br.

²Professor de Filosofia da Ciência da Universidade Federal do ABC, paulo.tadeu@ufabc.edu.br .

³A recusa do vazio é seguramente um dos temas centrais da filosofia natural de Descartes e, notadamente, da sua teoria sobre a natureza da matéria. Vale lembrar neste momento que os pequenos intervalos existentes entre as partes ou corpúsculos que compõem a matéria não são, para ele, vazios, mas preenchidos por uma matéria muito sutil. Dados os limites do presente artigo, não abordaremos mais detalhadamente esse tema.

⁴De acordo com Leitão, a partir de 1620, o sistema de Brahe passa a ser oficialmente adotado pela Companhia de Jesus (cf. LEITÃO, 2008, p. 31).

⁵A referência aos deslocamentos parciais da água e do ar está relacionada com os fenômenos discutidos por Descartes em *Os meteoros*. O movimento das partículas que formam o ar e a água é discutido pelo autor no segundo, terceiro, quarto, quinto e sexto discursos do ensaio de 1637.

REFERÊNCIAS

ADAM, C. & TANNERY, P. (Ed.). *Œuvres de Descartes*. Paris : Vrin/Centre National du Livre, 1996. 11 v. (AT)

BEYSSADE, J. M. & KAMBOUCHNER, D. (Ed.). *René Descartes. Œuvres complètes*. Paris: Gallimard, 2009 [1637]. v. 3: Discours de la méthode et essais.

COPÉRNICO, N. *As revoluções dos orbes celestes*. Tradução A. Dias Gomes e Gabriel Domingues Introdução e notas Luis Albuquerque. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1996 [1543].

DE BUZON, F. La première publication de Descartes. In: BEYSSADE, J. M. & KAMBOUCHNER, D. (Ed.). *René Descartes. Œuvres complètes*. Paris: Gallimard, 2009 [1637]. v. 3: Discours de la méthode et essais, p. 15-41.

DESCARTES, R. *Princípios de filosofia*. Tradução de João Gama. Lisboa: Edições 70, 2006 [1644].

DESCARTES, R. *O mundo ou tratado da luz/O homem*. Tradução de César Augusto Battisti e Marisa Carneiro de Oliveira Franco Donatelli. Campinas: Editora UNICAMP, 2009 [1633].

FAVARO, A. (Ed.) *Edizione nazionale delle opere di Galileo Galilei*. Firenze: Barbera, 1933 [1891]. 20 v. (EN)

GALILEI, G. *Ciência e fé: cartas de Galileu sobre o acordo do sistema copernicano com a Bíblia*. Organização e tradução Carlos Arthur R. do Nascimento. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

GAUKROGER, S. *Descartes: uma biografia intelectual*. Tradução de Vera Ribeiro. São Paulo: Contraponto, 1999.

LEITÃO, H. O Debate cosmológico na “Aula da Esfera” do Colégio de Santo Antão. In: LEITÃO, H. (org.) *Sphaera Mundi: a ciência na Aula da Esfera*. Lisboa: Biblioteca Nacional de Portugal, 2008, p. 27-44.

LEITÃO, H. Estudo introdutório. In: GALILEI, G. *Sidereus nuncius: o mensageiro das estrelas*. 3. Ed. Tradução, estudo e notas Henrique Leitão. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010 [1610]. p. 19-136.

MARICONDA, P. R. & VASCONCELOS, J. *Galileu e a nova física*. São Paulo: Odysseus, 2006.

TOSSATO, C.R. Discussão cosmológica e renovação metodológica na carta de 9 de dezembro de 1599 de Brahe a Kepler. In: *Scientiae Studia*. São Paulo, v. 2, n. 4, out.-dez. 2004, p. 537-65.

WESTFALL, R. *La construcción de la ciencia moderna*. Tradução de Ramón Jansana Ferrer. Barcelona: Editorial Labor S. A., 1980.

DO COSMOS ARISTOTÉLICO AO MUNDO-MÁQUINA NEWTONIANO: AS BASES METAFÍSICAS DA CIÊNCIA MODERNA

Filicio Mulinari¹

RESUMO: A visão da ciência enquanto um saber puramente objetivo e, por isso, livre de suposições metafísicas, ainda persiste na contemporaneidade, seja no âmbito ordinário do senso comum, seja nos meios científicos universitários. Sob essa perspectiva, percebe-se que há certo olhar que prevalece como uma máxima: a ciência moderna suplantou a metafísica. Noutros termos, ainda hoje se acredita que, após as descobertas científicas da Revolução Científica, com Copérnico, Galileu, Newton, entre outros, o discurso metafísico foi extinto da ciência. Embora essa visão sobre a ciência não seja unânime e, ao contrário, venha cada vez mais sendo solapada no meio acadêmico, não é incomum observar que ela ainda está presente e que se constitui como uma visão da maioria dos cientistas e teóricos brasileiros. Assim sendo, o objetivo desse artigo é, primeiramente, mostrar que a ciência moderna não rejeita — ao menos em princípio — às teses metafísicas, mas sim uma visão metafísica específica, a saber, a oriunda dos escritos de Aristóteles e que sustentou a visão científica anterior à concepção moderna. Além disso, o artigo mostra que, apesar da pretensa objetividade e ‘matematização’ da ciência, a concepção moderna lança mão de uma visão particular

de ontologia/metafísica em seu fundamento. Por fim, pretende-se concluir, por meio de uma análise comparativa da história da ciência, que não só é impensável, como também improvável se imaginar qualquer saber científico sem um alicerce ontológico, *i.e.*, filosófico.

PALAVRAS-CHAVE: Metafísica Moderna; Ciência Moderna; Física de Aristóteles; Quebra de Paradigma.

ABSTRACT: The understanding of science as objective knowledge and therefore free from metaphysical assumptions still persists in contemporary days. From this perspective, it is clear that modern science has supplanted metaphysics. In other words, there is still today a belief that after the scientific discoveries of the Modern Scientific Revolution, with Copernicus, Galileo, Newton, among others, the metaphysical discourse of science was extinguished. Although this view of science is not unanimous and, instead, come increasingly being undermined, it is not uncommon to observe that it is still present and it is like a vision of the majority of Brazilian scientists. Therefore, the aim of this paper is, firstly, to show that modern science does not reject - at least in principle - the metaphysical thesis, but a specific metaphysical view, namely, that one deriving from Aristotle's writings. Furthermore, the article shows that despite the alleged objectivity and 'mathematization' of science, its modern design makes use of a particularly modern ontology/metaphysics in its foundation. Finally, this paper intends to argue that history of science shows that it is impossible to imagine any scientific knowledge without an ontological, *i.e.*, philosophical foundation.

KEYWORDS: Modern Metaphysics; Modern Science, Physics of Aristotle; Paradigm Breaking.

“O começo de todas as ciências é o espanto de as coisas serem o que são.”

Aristóteles

O entusiasmo e a visão de mundo dos primeiros cientistas modernos com o conhecimento da natureza, abalizado pela Revolução Científica ocorrida nos séculos XVII e XVIII, proporcionaram consequências que perduram até os dias atuais. Grande parte da concepção ordinária sobre a ciência e seu papel para o conhecimento é herança daquela época e do Iluminismo do século XVIII. Porém, passados alguns séculos, pode-se então hoje se lançar um olhar histórico-crítico sobre o ideal de ciência que predominou na modernidade e, ainda, abalizar quais seus fundamentos teóricos e filosóficos.

A visão da ciência enquanto um saber puramente objetivo e livre de suposições metafísicas ainda persiste na contemporaneidade, seja no âmbito ordinário do senso comum, seja ainda nos meios científicos universitários. Sob essa perspectiva, percebe-se que há certo olhar que prevalece como uma máxima comum: a ciência moderna suplantou a metafísica. Noutros termos, ainda hoje se acredita que após as descobertas da Revolução Científica, com Copérnico, Galileu, Newton, entre outros, o discurso metafísico foi extinto da ciência. Embora essa visão sobre a ciência não seja unânime e, ao contrário, venha cada vez mais sendo solapada no meio acadêmico, não é incomum observar que ela ainda está presente nas Universidades e que se constitui como uma visão da frequente entre os cientistas brasileiros.

Assim sendo, o objetivo desse artigo é, primeiramente, mostrar que a ciência moderna não rejeita — ao menos em princípio —

as teses metafísicas, mas sim uma visão metafísica específica, a saber, a oriunda dos escritos de Aristóteles e que fundamentou a ciência existente no período anterior à concepção moderna. Além disso, o artigo mostra que apesar da pretensa objetividade e ‘matematização’ da ciência, a noção moderna lança mão de uma visão particular de ontologia/metafísica em seu fundamento. Por fim, pretende-se concluir, por meio de uma análise comparativa da história da ciência, que talvez se possa dizer impensável um saber científico sem alicerce ontológico.

DA CIÊNCIA ARISTOTÉLICA À RENASCENÇA

No contexto social do período feudal reinante na Idade Média, caracterizado por uma economia basicamente agrária e pela estrutura estática de poder e de castas sociais, os conhecimentos das artes práticas eram suficientes para movimentar a vida cotidiana. Para a compreensão e explicação dos fenômenos naturais em nível mais erudito, recorria-se aos conhecimentos das coisas que estariam “além” da natureza, *i.e.*, um conhecimento metafísico. A natureza a ser explicada pelo conhecimento erudito limitava-se ao que era revelado no âmbito da observação cotidiana. Tratava-se, portanto, de uma aproximação epistemológica mais *contemplativa* do que *operativa*. Para esse grau de exigência, o aristotelismo se apresentava como o fundamento filosófico mais adequado ao conhecimento científico da época.²

Antes de 1500, a visão do mundo dominante na Europa, assim como na maioria das outras civilizações, era orgânica. As pessoas viviam em comunidades pequenas e coesas, e vivenciavam a natureza em termos de relações orgânicas,

caracterizadas pela interdependência dos fenômenos espirituais e matérias e pela subordinação das necessidades individuais à da comunidade. A estrutura científica dessa visão de mundo orgânica assentava em duas autoridades: Aristóteles e Igreja (CAPRA, 2006, p. 49).

O que aqui se denomina como ‘física aristotélica’ pode, noutros termos, ser entendido como a aplicação direta dos princípios metafísicos expressos na filosofia de Aristóteles ao mundo observável. No século XIII, Tomás de Aquino reestabeleceu a filosofia de Aristóteles na Europa durante a Idade Média, ao combinar o arcabouço teórico do filósofo sobre as coisas naturais com a teologia e a ética do cristianismo, fato que fez com que a visão aristotélica permanecesse praticamente incontestável durante o período que vai do século XIII ao fim do século XVI.

A propósito, é interessante notar que os fenômenos revelam-se muitas vezes mais prontamente ajustáveis à visão aristotélica do que à compreensão moderna, orientada pela física galileana e newtoniana e hoje soberana no imaginário do senso comum dos indivíduos. A experiência comum mostra que tudo o que é posto em movimento tende ao repouso; que o Sol e todos os astros giram ao nosso redor (para “provar” esse fato, basta apontar o Sol com o dedo e acompanhá-lo durante todo um dia); que o ar circunda a Terra, a água se espalha na superfície, a terra se assenta em direção ao centro do planeta e o fogo sempre queima para cima — cada coisa parece ter um lugar natural; que o mundo celeste apresenta-se como uma estrutura absolutamente regular, como esferas em movimento repetitivo, ao passo que as coisas terrestres são marcadas pela irregularidade, assimetria, etc. Todas essas experiências cotidianas são a base da física e metafísica aristotélicas e são por elas explicadas. Para um nível de

conhecimento contemplativo e não operacional, excetuando-se uns poucos problemas de adequação teórica de alguns fenômenos observáveis, a síntese aristotélica era perfeitamente adaptada à época: a metafísica parecia mesmo explicar e dar conta da física do mundo observável.³

No entanto, para a dinâmica das sociedades urbanas e mercantis – que se tornavam cada vez mais predominantes na Europa, principalmente a partir dos séculos XIV e XV, já marcada pela ascensão da burguesia –, a demanda dirigia-se mais para o conhecimento das coisas do mundo real e sua *manipulação* do que para as especulações a respeito dos fundamentos transcendentais. Em uma sociedade mais operativa, que necessitava transformar a natureza em mercadorias, manipular e comercializar objetos, converter valores, etc., um conhecimento que se caracterize pela operacionalidade e matematicidade torna-se muito mais necessário e prático. Transformar a natureza em produto de forma sistemática e em larga escala exige o conhecimento de seus segredos e de seu funcionamento; travar relações de troca, converter objetos em valores e valores em moeda, calcular estoques, fazer balanço de receitas e despesas, etc. exige compreensão de cálculo e um instrumental matemático adequado.

A mudança de configuração da sociedade e, conseqüentemente, de perspectiva para o conhecimento deu origem ao Renascimento, época marcada pelo esforço de se conhecer os fenômenos por dentro e de buscar explicações mais intrínsecas às coisas, que as tornassem passíveis de cálculo e previsibilidade e dessem ao ser humano o domínio sobre o comportamento da natureza. Para a ciência dessa época, o mundo natural converteu-se em objeto de manipulação, mais do que de contemplação. A idéia de *transcendência* aos poucos dava lugar à *imanência*. Ou seja, ao invés

de buscar entender a natureza a partir dos princípios metafísicos aristotélicos ou das verdades reveladas, era preciso encontrar as explicações no interior mesmo do mundo fenomênico.

O espírito de imanência do Renascimento gerou grande quantidade de informações a respeito de inúmeras coisas. Tratavam-se, no entanto, de conhecimentos catalográficos, carentes de síntese teórica e de um paradigma metodológico comum, além de misturarem-se à magia, astrologia, hermetismo, alquimia, etc. A Renascença foi uma época bastante rica em informações e descobertas sobre a natureza, mas absolutamente pobre em termos de teorias científicas.

[...] A época da Renascença foi uma das épocas menos dotadas de espírito crítico que o mundo conheceu. Trata-se da época da mais grosseira e mais profunda superstição, da época em que a crença na magia e na feitiçaria se expandiu de modo prodigioso, infinitamente mais do que na Idade Média. E bem se sabe que, nessa época, a astrologia desempenha um papel muito maior do que a astronomia e que os astrólogos desfrutavam de posições oficiais nas cidades e junto aos potentados” (KOYRÉ, 1991, 47).

O historiador da ciência Alexandre Koyré (1991) faz uma breve reflexão acerca desse período histórico e indica que a carência de sínteses teóricas no Renascimento e a mescla de saberes racionais com magia e derivados deveram-se à ausência de uma nova metafísica que substituísse a aristotélica. Para ele, sem uma ontologia de antemão, é impossível decidir sobre a validade científica de uma teoria.

Depois de ter destruído a física, a metafísica e a ontologia aristotélica, a Renascença se viu sem física e sem ontologia,

isto é, sem possibilidade de decidir, de antemão, se alguma coisa é possível ou não. (...) Uma vez essa ontologia destruída, e antes que uma nova ontologia, elaborada somente no século XVII, seja estabelecida, não se dispõe de critério algum que permita decidir se a informação que se recebe de tal ou qual “fato” é verdadeira ou não. Daí resulta em uma credulidade sem limites. (KOYRÉ, 1991, p.47)

A “nova ontologia” só veio a se estabelecer no movimento que vai de Galileu a Newton e que contou com a contribuição de Kepler, Tycho Brahe, Descartes e tantos outros, movimento esse conhecido como Revolução Científica. Dentre esses pensadores, vale aqui pegar o exemplo do importante cientista italiano Galileu Galilei (1564-1642) e de suas descobertas. Galileu, por meio dos seus estudos práticos com o telescópio – inventado por Hans Lippershey em 1608 –, foi um dos principais responsáveis da queda da antiga visão cosmológica aristotélica, sobretudo no ponto que sustenta a divisão do cosmos em dois mundos distintos: o sublunar (mutável e finito) e supralunar (imutável e infinito).⁴ Por isso, uma análise melhor das teorias de Galileu deve ser realizada nesse momento.

GALILEU E OS PRESSUPOSTOS DA CIÊNCIA MODERNA

Em 1609, por meio de um telescópio criado por ele próprio, Galileu pôde observar a Lua e outros corpos celestes. Segundo Évora (1988, p. 5), Galileu, em seu livro *Sidereus Nuncius*, constatou que a formação do terreno da Lua é dada por um relevo rochoso e acidentado, além de possuir montanhas e vales, tal como a Terra. Além disso, descobriu que Júpiter possuiria suas próprias luas e

que o Sol possuiria manchas. Essas descobertas abriram margem, mesmo que de forma indireta, para que se caminhasse a uma conclusão já afirmada anteriormente por Nicolau Copérnico (1473-1543), feita em 1543, em seu livro *Da revolução das esferas celestes*: a Terra não é o centro do Universo, e sim o Sol. Desse modo, mesmo que as descobertas de Galileu em 1609 não confirmassem de fato o heliocentrismo, abria-se a possibilidade de refutação do geocentrismo, uma vez que as observações de Galileu derrubavam noções fundamentais da teoria aristotélica, como a divisão entre mundo sublunar e supralunar.

É interessante notar que Galileu ocupa um papel importante não somente por ser um dos precursores da Revolução Científica, que dará novos rumos para a ciência, mas por estar no centro de uma quebra de paradigmas de valores da sociedade daquela época. Se antes a religião, e principalmente a Igreja, eram âmbitos centrais para a revelação da realidade, a partir da revolução na qual Galileu se insere, a ciência – aliada à matemática – toma agora esse posto.⁵ Pode-se observar a visão de Galileu sobre isso na seguinte passagem:

A filosofia [i.e., a física] encontra-se escrita neste grande livro que continuamente se abre perante nossos olhos (isto é, o universo), que não se pode compreender antes de entender a língua e conhecer os caracteres com os quais está escrito. Ele está escrito em língua matemática, os caracteres são triângulos, circunferências e outras figuras geométricas, sem cujos meios é impossível entender humanamente as palavras; sem eles nós vagamos perdidos dentro de um obscuro labirinto (GALILEU GALILEI, 2004, p.46).

A partir da concepção de Galileu de física e ciência, que refletia bastante o ideal dos cientistas da época, tem-se então a tomada do ideal de ‘verdade científica’, que pode ser aqui representado pelo que Galileu chamou de ‘características primárias’, *i.e.*, aquilo que pode ser quantificável e mensurável. Entretanto, esse ideal que visava e fundamentava a objetividade da ciência, acabou por deixar de lado os aspectos antropológicos do conhecimento, em uma visão epistemológica na qual o conhecimento seria algo direto, destituído de subjetividade em sua interpretação. Sobre essa pretensa falta de ‘subjetividade’ na interpretação científica moderna, Koyré diz:

“(...) nosso mundo de qualidade e de percepções sensíveis, mundo em que vivemos, amamos e morremos, por outro mundo, pelo mundo da quantidade, da geometria deificada, mundo em que, embora haja lugar para tudo, não há lugar para o homem. Assim, o mundo da Ciência — mundo real — distanciou-se e separou-se inteiramente do mundo da vida, que a ciência é incapaz de explicar, mesmo por uma explicação dissolvente que faria dele uma aparência ‘subjetiva’. Na verdade, esses dois mundos são todos os dias unidos pela práxis. Mas, para a teoria, estão separados por um abismo. É nisso que consiste a tragédia do espírito moderno que ‘resolve o problema do universo’, mas somente para substituí-lo por um outro: o enigma de si mesmo” (KOYRÉ, 1968, p.42-43).

Percebe-se, então, que Galileu possui ao menos dois grandes méritos no que diz respeito à ciência moderna: o primeiro é relacionado com sua refutação da distinção aristotélica entre mundo sublunar e supralunar; o segundo — e não menos importante — diz respeito da exoneração da subjetividade humana

nas proposições e teorias científicas em prol do caráter objetivo da mesma. Tal ideal científico, arrogado a Galileu e aos teóricos da Revolução Científica moderna, que almeja centralizar toda atividade científica em um nível de objetividade jamais visto, irá se desdobrar e encontrará seu auge na história da ciência na teoria de Isaac Newton. Em sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Newton irá sintetizar de forma exemplar todo o ideal de objetividade da ciência, ao abarcar o caráter universal e não-subjetivo das leis físicas sobre o universo. Não obstante, Newton dará fim à ideia aristotélica e ptolomaica de mundo sublunar e supralunar por meio de sua teoria gravitacional, que poderá ser aplicada a todo o universo de modo indistinto.

NEWTON, O MUNDO-MÁQUINA E A OBJETIVIDADE DA CIÊNCIA

Newton é, talvez, o personagem que mais caracteriza os ideais e pressupostos da ciência moderna, visto a universalidade de suas leis sobre a física e seu apelo à racionalidade. Noutros termos, Newton não só representaria o caráter universal das leis do universo, que podem ser revelado de modo *a priori*, mas também mostraria que tais leis não são ocultas e podem ser conhecidas por meio da razão humana. A ideia de uma natureza orgânica daria, agora, lugar ao mundo-máquina (mensurável e quantificável). Sobre isso, Capra diz:

Newton desenvolveu uma completa formulação matemática da concepção mecanicista da natureza e, portanto, realizou uma grandiosa síntese das obras de Copérnico e Kepler, Bacon, Galileu e Descartes. A física newtoniana, a realização culminante da ciência seiscentista, forneceu uma

consistente teoria matemática do mundo, que permaneceu como sólido alicerce do pensamento científico até boa parte do século XX. A apreensão matemática de Newton era bem mais poderosa do que a de seus contemporâneos. Ele criou um método completamente novo — hoje conhecido como cálculo diferencial — para descrever o movimento de corpos sólidos, um método que foi muito além das técnicas matemáticas de Galileu e Descartes. Esse enorme feito intelectual foi considerado por Einstein “talvez o maior avanço no pensamento que um único indivíduo teve alguma vez o privilégio de realizar” (CAPRA, 2006, p. 58).

É com esse ideal de objetividade na ciência que muitos cientistas ou estudiosos da ciência se deparam hoje. Para muitos, a ideia de que a ciência moderna *criou* uma nova metafísica ainda pode parecer estranha e intrigante. A visão comum é de que a ciência surgiu a fim de *substituir* e, sob certo aspecto, *findar* a metafísica, não somente a aristotélica, mas todo tipo de conhecimento metafísico e ontológico, em prol da objetividade. Entre os vários teóricos e filósofos da ciência que visaram essa ideia, sempre se destaca a visão positiva da ciência do filósofo francês Augusto Comte (1798-1857), que em seus escritos proclamava a evolução do pensamento humano, e previa algo como uma substituição do pensamento metafísico em prol de outro superior, a saber, o pensamento científico (ou *positivo*).

O estado metafísico tem, segundo Comte, outros pontos de contato com o teológico. Ambos tendem à procura de soluções absolutas para os problemas do homem: a metafísica, tanto quanto a teologia, procura explicar a “natureza íntima” das coisas, sua origem e destino últimos, bem como a maneira pela qual são produzidas. A diferença reside no fato de a metafísica colocar o abstrato no lugar

do concreto e a argumentação no lugar da imaginação. [...] O estado positivo caracteriza-se, segundo Comte, pela subordinação da imaginação e da argumentação à observação. Cada proposição enunciada de maneira positiva deve corresponder a um fato, seja particular, seja universal. [...] A visão positiva dos fatos abandona a consideração das causas dos fenômenos (procedimento teológico ou metafísico) e torna-se pesquisa de suas leis, entendidos como relações constantes entre fenômenos observáveis. Em suma, o espírito positivo, segundo Comte, instaura as ciências como investigação do real, do certo e indubitável, do precisamente determinado e do útil. Nos domínios do social e do político, o estágio positivo do espírito humano marcaria a passagem do poder espiritual para as mãos dos sábios e cientistas e do poder material para o controle dos industriais (GIANOTTI, 1978, pg. 10-11).

A visão de Comte, apesar de não ser a única na filosofia e na teoria da ciência que divulga o caráter objetivo da ciência contra o caráter subjetivo da metafísica, influenciou bastante para que se criasse no imaginário popular a ideia de um conhecimento científico seguro e alheio a pressupostos metafísicos/ontológicos. Não obstante, a maneira vulgar de se expor a história parece apresentar a Revolução Científica e um de seus principais personagens, Galileu Galilei, como destruidores do obscurantismo medieval e da metafísica. Parece, ainda, retratá-los como descobridores da “verdade factual” que brota somente da experiência. A ideia que ainda predomina no senso comum e em alguns pesquisadores é de que a ciência moderna rompeu com a metafísica e superou qualquer caráter especulativo do conhecimento no pensamento científico, inaugurando,

assim, uma época na qual apenas conhecimentos “provados” e “comprovados” teriam lugar na ciência

Essa visão da ciência, enquanto um conhecimento verdadeiro, inquestionável e alheio às teses metafísicas, já foi bastante refutada pela historiografia científica e pela filosofia das ciências durante o século XX.⁶ O que se tem mostrado é que, ao contrário do imaginário comum, a ciência moderna só surgiu quando as bases metafísicas do conhecimento foram *reconstruídas*.

Antes de ser possível qualquer sentença sobre o comportamento da natureza (tarefa que cabe à ciência) é preciso, primeiramente, existir um pressuposto claro a respeito *do que a natureza é em si mesma* para além daquilo que ela nos revela por meio de seus fenômenos. Noutros termos, é preciso uma reflexão de ordem ontológica, metafísica, que fundamente os alicerces do conhecimento científico.

A ontologia do universo como *cosmo ordenado*, base metafísica pressuposta da física aristotélica, produz um tipo de ciência bem diferente da ontologia do *mundo-máquina*, que se revela como base ontológica da física galileana e newtoniana. Mudança equivalente ocorre quando se substitui a visão maquinal da física moderna por uma ontologia orgânica, complexa e sistêmica da natureza, tal como apregoam alguns teóricos da ciência contemporânea, como Capra (2006) e Condé (2013).⁷ A ciência, portanto, possui bases metafísicas necessárias e indispensáveis para a atividade científica, embora se alterem de acordo com o período histórico. Noutros termos, tem-se que é uma visão ilusória e errônea pensar que o pensamento científico suprime o pensamento filosófico e, nessa direção, também é errôneo supor que o pensamento científico acontece sem pressupostos ontológico-filosóficos.

Tem-se, então, que a modernidade substituiu a ciência fundada na metafísica aristotélica por um conhecimento calcado em uma ontologia mecanicista, determinista e matemática. Enquanto os aristotélicos acreditavam que o universo era uma realidade harmônica, hierárquica, estética e qualitativamente explicável, os modernos o concebiam como um mecanismo funcional, com regularidade e leis fixas, passível de ser explicado apenas quantitativamente: era um universo quantificável e mensurável. Essa concepção de *ser* do universo - portanto, metafísica - caracterizou as diferenças entre a ciência aristotélica e a ciência moderna. Mais que isso, observa-se ainda que é uma mudança ontológica que também ajudará a sustentar a diferenciação entre a física mecanicista de Newton da física da relatividade contemporânea, de Einstein, Heisenberg, etc. Assim, conclui-se a necessidade do arcabouço ontológico para a fundamentação do conhecimento científico, seja ela qual for. Percebe-se o caráter ontológico moderno, matemático e objetivante, frente ao cosmos aristotélico. Entretanto, resta ainda uma questão, a saber, qual será o fundamento filosófico da ciência contemporânea ou da física da relatividade de Einstein? Porém, essa questão foge ao objetivo do trabalho. Deixa-se então a resposta a ela em aberto para estudos e reflexões futuros.

NOTAS

¹Mestre em Filosofia pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES). Graduado em Filosofia, atualmente participa do Grupo de Pesquisa Pensamento e Linguagem (UFES), na linha de pesquisa Ontologia e Linguagem (email: filicio@gmail.com).

²“Embora a obra aristotélica, com exceção de sua lógica, só tivesse entrado no ocidente cristão por volta do século XII d. C., significativos aspectos de sua concepção do universo foram amplamente divulgados através do *Almagesto*, livro do astrônomo alexandrino Cláudio Ptolomeu (90-168 d. C.), que, partindo de Aristóteles, elabora um modelo cosmológico onde a terra fica em uma posição fixa e central no sistema. Entretanto, a síntese aristotélico-tomista, extrapola esse aspecto meramente “científico” da obra de Aristóteles quando São Tomás de Aquino estabelece uma série de semelhanças entre o pensamento do filósofo grego e o cristianismo”. (CONDÉ, 2013)

³“Grande parte das ideias de Aristóteles eram baseadas em simples observações do cotidiano, poderíamos dizer: do “senso comum”. O que levou alguns comentadores posteriores a chamar Aristóteles de o filósofo do senso comum. Em outras palavras, as ideias aristotélicas partem de evidências imediatas como, por exemplo, a que nos mostra que aparentemente a Terra fica imóvel e o Sol e a Lua se movem. Com efeito, toda ideia contrária a essag encontrará dificuldades imensas de aceitação não apenas por se opor ao senso comum mas também por ser contrária à autoridade de Aristóteles. Some-se a isso a posterior cristianização de sua obra. Foi, assim, por várias centenas de anos, difícil, se não impossível, destituir a visão geocêntrica de mundo” (CONDÉ, 2013).

⁴Segundo Condé, de acordo com a filosofia de Aristóteles, “[...] o mundo no qual vivemos dividia-se entre o mundo sublunar e o mundo supralunar. Com efeito, para Aristóteles, a lua é um ponto de referência, uma espécie de divisor do mundo. Abaixo da lua, está o mundo dos movimentos violentos, das trajetórias imperfeitas, das coisas corruptíveis compostas pelos quatro elementos: terra, ar, fogo e água, que Aristóteles vai buscar na teoria de Empédocles (490-435 a. C.). Contrariamente, o mundo supralunar, isto é, a lua e os demais astros constituem o mundo da perfeição: dos movimentos circulares, das substâncias perfeitas das quais os astros são feitos, isto é, do éter ou “quinta-essência”. Para São Tomás, no seu projeto de cristianização da obra aristotélica, não foi difícil associar essa perfeição do mundo supralunar ao céu do imaginário cristão ou ainda encontrar outras semelhanças como as havidas entre o primeiro motor imóvel de Aristóteles que a tudo move e não é movido, com o seu bom Deus cristão” (CONDÉ, 2013).

⁵⁴[...] A ciência moderna, de Copérnico [...] a Galileu e a Newton, conduziu sua revolução contra o empirismo estéril dos aristotélicos, revolução que se fundamenta na convicção profunda de que as matemáticas são mais do que um meio formal de ordenar os fatos, constituindo a própria chave da compreensão da Natureza” (KOYRÉ, 1956, p. 73).

⁶O leitor interessado em se aprofundar nessa questão, visto que não a tratarei aqui, pode consultar: Koyré (1991); Rossi (1992); Thuillier (1994); Burt (1991); Harré (1988); Kuhn (1990; 1997) e Feyerabend (1993).

⁷“A certeza absoluta da racionalidade científica moderna parece ter o seu fim, no início do século, a partir de um novo paradigma na física representado pela teoria da relatividade de Albert Einstein e da Mecânica Quântica²⁰ - Max Planck, Niels Bohr, Werner Heisenberg, etc. - que desvelam um mundo totalmente diferente do universo newtoniano e onde as certezas que nortearam enormemente os trabalhos de cientistas como Copérnico, Galileu e Newton parecem não mais existir” (CONDÉ, 2013).

REFERÊNCIAS

CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação: a ciência, a sociedade e a cultura emergente**. Álvaro Cabral, trad. São Paulo: Cultrix, 2006.

CONDÉ, M. **De Galileu a Armstrong** – As várias faces da lua. Artigo disponível em < <http://www.observatorio.ufmg.br/pas15.htm>>. Acessado em: agosto, 2013.

ÉVORA, Fátima Regina. **A Revolução Copernicana-Galileana**, Centro de Lógica, Epistemologia e História da Ciência, Campinas, 1988.

FLEMING, Henrique. **O livro da natureza é escrito em caracteres matemáticos**. Galileu Galilei. Disponível em <<http://www.hfleming.com/confgal2.html>> Acessado em: agosto, 2013.

GALILEU GALILEI. **O Ensaíador**, editora Nova Cultural, 2004, (coleção *Os Pensadores*).

GIANNOTTI, José Arthur. Comte: vida e obra. In: COMTE, Auguste. **Curso de filosofia positiva ; Discurso sobre o espírito positivo ; Discurso preliminar sobre o conjunto do positivismo; Catecismo positivista** / Auguste Comte ; seleção de textos de José Arthur Giannotti ; traduções de José Arthur Giannotti e Miguel Lemos. — São Paulo : Abril Cultural, 1978. (Os pensadores).

KOYRÉ, Alexandre. “Les origines de la science moderne”. **Diogène**, n. 16, 1956, Paris, Gallimard, PP. 14-42.

KOYRÉ, Alexandre. **Études Newtoniennes**, Paris: Gallimard, 1968.

KOYRÉ, Alexandre. **Estudos de história do pensamento científico**. Tradução Márcio Ramalho — Rio de Janeiro. Ed. Forense Universitária, 1991.

ROBERT BOYLE NO CONTEXTO DA TRANSIÇÃO PARA A CIÊNCIA MODERNA: ELEMENTOS PARA UMA ANÁLISE SÓCIO-HISTÓRICA

Bárbara Carine Pinheiro da Anunciação¹
Hélio da Silva Messeder Neto²
Edilson Fortuna de Moradillo³

RESUMO: O trabalho em questão tem como objetivo apresentar, a partir de uma perspectiva histórica externalista, as contribuições do químico irlandês Robert Boyle para a ciência Química, fundamentalmente no cenário seiscentista. Para tal, defendemos o uso de uma abordagem sócio-histórica da Ciência, informada pelos seus determinantes sociais e filosóficos mais amplos. Desta forma, apresentamos o cenário político, econômico e epistemológico da transição do mundo feudal para o capitalismo, bem como destacamos a importância das teorias do conhecimento de Bacon e Descartes para o século XVII e como que estas, juntamente com a perspectiva religiosa protestante, contribuíram para a construção do pensamento químico empírico de Boyle.

PALAVRAS-CHAVE: Ciência Moderna; Robert Boyle; Experimentação; Análise Sócio-Histórica.

ABSTRACT: This paper aims to present, from an externalist

perspective, the contributions of the Irish scientist Robert Boyle for the science of Chemistry in the seventeenth century. This is done according to the socio-historical approach of science, searching for the social, political and economical aspects of the transition from the feudal to the capitalist society as well as for the theories of knowledge by Bacon and Descartes, trying to understand how these factors, along with the Protestant religious perspective, contributed for the construction of the chemical thinking of the empiricist Boyle.

KEYWORDS: Modern Science; Robert Boyle; Experimentation; Socio-Historical Approach.

UMA CONCEPÇÃO DE HOMEM⁴, DE MUNDO E DE HISTÓRIA:
USAR O TELESCÓPIO É FUNDAMENTAL⁵

A ação do homem não é, apenas, biologicamente determinada. O Homem se torna Homem a partir da incorporação dos conhecimentos produzidos e transmitidos de geração para geração por meio da cultura. A transmissão do legado construído pela humanidade para as novas gerações permite que as gerações anteriores não tenham que a cada momento reinventar a roda. Podemos dizer, portanto, que ao falarmos de ser humano estamos nos referindo a um ser histórico-cultural.

O modo como esse ser pensa tem base nas determinações históricas sob as quais o indivíduo é posto. Portanto, cabe afirmar que as ideias refletem (não de uma maneira mecânica) o mundo que o homem vive e as condições materiais disponíveis de um dado momento histórico. Nas palavras de Marx e Engels (1980, p.25-26):

A produção de ideias, de representações e da consciência está em primeiro lugar direta e intimamente ligada à atividade material e ao comércio material dos homens; é a linguagem da vida real (...) Não é a consciência que determina a vida, mas sim a vida que determina a consciência.

Desse modo, entendemos que ao falarmos ou localizarmos um dado cientista, fenômeno ou ideia não podemos desconectá-los das influências mais gerais e dos determinantes econômicos, políticos, éticos e epistemológicos que se fizeram presentes na época.

Olhamos para o passado, e portanto para a história, usando o que alguns autores vêm chamando de abordagem externalista. A

perspectiva externalista pretende apontar a importância do meio social para as mudanças que ocorrem na ciência, acreditando que a história é mais do que um simples contexto de produção de ideias, mas é parte constituinte de qualquer ideia científica ou filosófica, sem reduzir a obra de um pensador somente a um produto de condições sociais de uma época.

Defendemos que uma abordagem como essa pode contribuir para que o indivíduo que se apropria da história não perca de vista uma noção de totalidade, de modo que a história faça sentido e não seja um aglomerado de fatos sem conexão alguma. Trata-se, portanto, de defender na história o uso do telescópio e não apenas do microscópio, como nos ensina Hobsbaw (1991).

A partir das linhas gerais traçadas, vamos nos debruçar nesse texto sobre Robert Boyle, um homem que viveu, pensou e produziu em uma época de transição para o que chamamos de ciência moderna. Diante da vastidão e complexidade da obra boyleana, tentaremos esclarecer a concepção experimental presente na sua obra, tentando tecer uma costura que traga elementos mais gerais do momento social vivido por esse cientista.

DO MUNDO FEUDAL AO MUNDO DO CAPITAL: O PROCESSO DE ENDEUSAMENTO DA MERCADORIA

A transição da Idade Média para a Modernidade é marcada fundamentalmente pelas transformações na base produtiva, com implicações no modo de produzir conhecimento e valores sociais.

O sistema feudal sucumbiu dando vez ao capitalismo. A terra deixou de ser símbolo de poder ao passo que a mercadoria e seu

equivalente universal — o dinheiro — ganharam vez e voz na nova era.

Em um período de transição é difícil estabelecer os limites entre o velho e o novo; de modo que em momentos de mudanças de regimes sociais o velho e o novo se encontram frequentemente. Era corriqueiro em um mesmo território coexistirem características do novo e do antigo regime.

A passagem do feudalismo para o capitalismo foi longa, indo do século XV até o início do século XIX. Podemos tomar a segunda metade do século XVIII como o momento no qual a burguesia consolida a sua revolução política e técnica. Neste momento se estrutura o Estado burguês e tem início a revolução industrial (NETO e BRAZ, 2009).

Não podemos falar de verdadeira passagem ao capitalismo senão quando regiões suficientemente extensas vivem sob um regime social completamente novo. A passagem somente é decisiva quando as revoluções políticas sancionam juridicamente as mudanças de estrutura, e quando as novas classes dominam o Estado. Por isso a evolução dura vários séculos. (VILAR, 1975, p. 35-36).

A sociedade feudal era estratificada, de modo que havia quase uma impossibilidade de mobilidade social. Os servos pagavam diversos tributos aos seus senhores de forma que o que eles produziam era aquém do que deviam e estas dívidas passavam de pai para filho. Assim, se seu pai fosse servo dificilmente lhe seriam dadas condições sociais de assumir um papel diferente na sociedade.

No século XV, dois acontecimentos marcaram o crescimento comercial europeu. Naquele contexto ocorria a expansão

marítima, que possibilitou o domínio de novas terras e a aquisição de novos materiais para a venda no continente europeu, gerando um considerável acúmulo de dinheiro pelos burgueses, que posteriormente se tornariam os principais financiadores dos Estados absolutistas, uma vez que emprestavam dinheiro aos reis. Um outro acontecimento considerável foi o segundo cisma que ocorreu na história da Igreja Católica, que levou à criação de uma nova Igreja, a Protestante.

As igrejas protestantes se opuseram a várias posições da Igreja Católica, e dentre as várias oposições destacamos duas significativas, que são a legitimação do empréstimo a juros e a ideia de negar o ócio da classe dominante. Esta postura influenciaria tanto a classe em ascensão, que buscará o crescimento contínuo do fazer negócio, quanto a Ciência em construção que precisava negar a natureza⁶ encantada, endeusada, antropomorfizada.

Neste cenário de diversas e significativas transformações, situava-se a classe burguesa que começava a se estabelecer como classe revolucionária, que com a aquisição e venda de materiais obtinha lucros, o que não a satisfazia, entretanto, pois ela buscava dominar as bases produtivas uma vez que nelas residia a fonte de toda riqueza no novo sistema.

Inicialmente, no sistema doméstico, havia nos burgos os artesãos que compravam as matérias primas, produziam suas mercadorias e as vendiam nas cidades, dominando por inteiro todo o processo produtivo. Com o passar do tempo percebeu-se que numa mesma unidade de tempo era possível produzir muito mais mercadorias adquirindo um maior lucro: foi quando o burguês compreendeu que a divisão técnica do trabalho ao extremo tornaria o processo produtivo mais rápido. Agora, no sistema manufatureiro, cada trabalhador era responsável por uma

etapa da produção das mercadorias, o que gerou uma separação entre criador e criatura, de forma que os trabalhadores não mais se viam no resultado do seu trabalho⁷. Mais adiante, com a revolução industrial ocorrida no século XVIII houve a inserção de maquinário no processo produtivo, fazendo com que o tempo de produção fosse ainda menor e o lucro do burguês, caracterizado por aquilo que Marx vai denominar como mais valor (MARX, 1980), fosse consideravelmente maior.

Desta forma, com a mudança da base produtiva, houve a consolidação do novo regime social. A modernidade se encontrava com as suas bases econômicas bem estabelecidas, associadas à nova base técnica. Com o novo modo de produzir bens materiais consolidado, houve uma mudança no modo de produzir relações sociais, o homem moderno era outro, com outras formas de se relacionar com seus semelhantes e com a natureza. E o modo de produzir conhecimento, claro, também havia mudado.

PARA UMA NOVA FORMA DE PRODUZIR UM NOVO MODO DE PENSAR...

Neste mundo em transição, a burguesia, de forma revolucionária, vai negar o modo de vida feudal nas três dimensões filosóficas que estruturam a práxis humana: o modo de produzir bens materiais (as questões da economia-política são determinantes); o modo de produzir valores (as questões da ética e da política são determinantes) e o modo de produzir conhecimento (as questões ontológicas e epistemológicas são determinantes).

Neste sentido, no período da transição, podemos afirmar com relação ao conhecimento que:

Numa fase inicial do período de transição, a rejeição das ideias, da imagem do universo e das maneiras de pensar feudais gerou um certo vazio intelectual, uma vez que não foi imediatamente seguida pelo surgimento de uma nova imagem de universo, deixando sem respostas muitos dos problemas levantados. (ANDERY et al, 2012, p. 175).

O homem do período de transição era um indivíduo encarregado de estabelecer as novas leis que regeriam o mundo, uma tarefa nada trivial.

De uma forma geral, até o período medieval o homem buscava conhecer a essência das coisas, o conhecimento era desenvolvido em bases ontológicas: a questão ontológica precede a questão epistemológica. Desde a antiguidade o ser humano buscou desenvolver uma imagem de natureza para o que existia.

A partir do renascimento cultural, que durou do século XIII (o grande século) até o século XVI, os clássicos gregos foram retomados nas universidades europeias, que apesar de serem fundamentalmente religiosas, tinham um espírito laico.

Durante a Idade Média a instrução da população ficou sob a responsabilidade da Igreja Católica, que se preocupou fundamentalmente com a catequização das massas; desta forma, só aqueles que ingressavam numa ordem religiosa tinham o direito de aprender mais que a maioria, mas mesmo assim só poderiam estudar os livros que não eram proibidos pela Igreja, aqueles não listados no Index.

Durante a Idade Média, principalmente na cultura ocidental, predominou uma visão de mundo onde a verdade era Deus⁸ e tudo que Ele revelara na Bíblia. Aos homens só restava contemplar a criação divina sem conhecer suas causas primeiras, que eram ocultas aos mortais. A natureza era endeusada e tratada como

um grande organismo, o qual deveríamos contemplar para tentar conhecer a sua essência. Poderíamos dizer que a mediação entre conhecimento e sociedade era estabelecida pelo logos de Deus, a teologia.

Fundamentando-se, predominantemente, no sistema cosmológico de Aristóteles (384 a. C. — 322 a. C.) e na astronomia de Ptolomeu (90 — 168), a Igreja, durante a Baixa Idade Média, estabeleceu que o universo era finito, estático e geocêntrico. Durante o período de transição, esta e tantas outras afirmações da Igreja foram negadas, embora não de forma contundente e mássica, pois a Igreja reprimia duramente aqueles que a contrariassem.

É no quadro da Contrarreforma, como renovação do catolicismo para o combate ao protestantismo, que a inquisição toma novo impulso e se, durante a idade média, os alvos privilegiados do inquisidor eram as feiticeiras e os magos, além das heterodoxias tidas como heresias, agora o alvo privilegiado do Santo Ofício serão os sábios: Giordano Bruno é queimado como herege, Galileu é interrogado e censurado pelo Santo Ofício, as obras dos filósofos e cientistas católicos do século XVII passam primeiro pelo Santo Ofício antes de receberem o direito à publicação e as obras dos pensadores protestantes são sumariamente colocadas na lista das obras de leitura proibida (O Index) (CHAUÍ, 2002, p. 68).

Mesmo em um mundo onde não havia espaço para contestações, estas só cresciam tendendo a derrubar esta estrutura cosmológica finita, geocêntrica e orgânica. A Ciência Moderna começará a estabelecer as suas bases sobre um mundo infinito, heliocêntrico e mecânico.

A Ciência Moderna, que vai instaurar as suas bases filosóficas durante os séculos XVI, XVII, XVIII e XIX, ainda era insipiente e buscava delinear os seus objetos de estudos e os percursos a serem percorridos. Entretanto, uma coisa foi ficando clara: só deveria ser estudado aquilo que fosse possível conhecer. O conhecimento passou a ser a chave mestra para a nova era. Questões metafísicas não eram bem vindas; a ontologia vai dando lugar a epistemologia; a contemplação perdeu a sua centralidade para a experimentação controlada; a matematização ganhou vez na nova Ciência, ou melhor, nas novas ciências. A Ciência e a Filosofia se separam e a primeira se fragmentou, com a nova base produtiva. Essa nova forma de conhecer, matematizável e relacional, vai deslocar a centralidade de Deus para os indivíduos, isto é, o problema de Deus cabe a cada um, o Estado e a sociedade são laicos. Diríamos: a mediação entre sociedade e conhecimento vai passar a ser dada pelo logos do fazer, da tecnologia.

É neste cenário epistemológico que o novo homem moderno, em formação, vai sendo moldado com relação à concepção de Ciência. Podemos dizer que foram duas as principais vertentes de respostas para direcionar as questões supracitadas inicialmente; uma de base empírica, que teve a sua fundamentação teórica em Francis Bacon (1561-1626) e outra de base racional que se pautou nos pressupostos filosóficos de René Descartes (1596-1650)⁹.

Francis Bacon nasceu na Inglaterra e viveu em um período em que foi consolidada na Inglaterra a transição do catolicismo para o protestantismo. Neste período a Inglaterra cresceu muito do ponto de vista industrial possuindo uma grande força política na Europa.

Bacon, apesar de ter sido um jurista e de ter ocupado grande parte do seu tempo com a vida pública, buscou refletir acerca do

conhecimento e de como melhor usá-lo para melhorar a sociedade. Para ele a Ciência deveria ser aplicada à indústria, buscando um progresso social, por isso afirmará que saber é poder (ANDERY et al, 2012; BACON, 2007).

Como um bom anglicano, Bacon apontava para o caminho do trabalho da natureza para a glorificação de Deus e para o bem estar do homem. Bacon tinha uma compreensão de um trabalho com a natureza que negava os aspectos centrais da tradição aristotélica. Para tal, ele propôs o *Novum Organum* como forma de apresentar um novo domínio sobre a natureza, inaugurando um novo tipo de empirismo.

O *Novum Organum* fez uma proposta de reformulação da concepção predominante de Ciência, que era contemplativa. Isso não significa que a ciência não realizasse observações empíricas nem deixasse de fazer experimentos, porém, de fato, a observação e a experimentação efetuadas, por exemplo, por Galeno e Hipócrates, não tinham como objetivo a transformação da natureza, e sim ajudá-la com a arte a realizar o que ela sozinha não teria forças para fazê-lo (ZARTEKA, 2004, p. 101).

Para Bacon a natureza e o homem se tornaram corruptíveis a partir do pecado original. Antes da desobediência primeira, homem e natureza eram perfeitos e o homem tinha domínio irrestrito sobre ela. Segundo o filósofo experimental seiscentista, era necessário resgatar este domínio por meio de um conhecimento puro e verdadeiro (ZATERKA, 2004).

O filósofo inglês afirma que o melhor meio para se alcançar o conhecimento verdadeiro é a experimentação controlada. Para isto é necessário que os homens se desprendam de toda a sua

sensibilidade que ocasionará interpretações equivocadas dos fenômenos. A esta subjetividade humana que interfere na pureza das interpretações dos resultados experimentais Bacon deu o nome de Ídolos.

Segundo Bacon, existem quatro tipos de ídolos: os ídolos da caverna, os ídolos da tribo, os ídolos do foro e os ídolos do teatro.

São quatro as classes os *Idola* que bloqueiam a mente humana. Para melhor apresenta-los, lhes assinamos nomes, a saber: Ídolos da Tribo, Ídolos da Caverna, Ídolos do Foro e Ídolos do Teatro (BACON, 1979, p.358).

Os Ídolos da caverna são singulares e são construídos a partir da educação recebida, pela convivência familiar, ou com quaisquer pessoas. Já os ídolos da tribo tem raízes na coletividade dos próprios homens, eles são oriundos da herança cultural que é passada de geração para geração. Os ídolos do foro são característicos do domínio da verdade pelo discurso, a arte da oratória quando utilizada de forma inadequada pode bloquear o intelecto. Por fim, os ídolos do teatro são absorvidos socialmente pelos indivíduos através da convivência com doutrinas religiosas ou filosóficas que acabam por bloquear a visão do homem para certos fenômenos (OLIVEIRA, 2000).

Assim, para Bacon, o conhecimento verdadeiro deve ser purificado dos seus vícios (os ídolos). Por isso, o seu novo empirismo nascente não despreza a especulação racional, mas se opõe a todo conhecimento que se dá pela especulação, nega as ideias predeterminadas da natureza. Propõe o trabalho direto com as coisas para romper com as ideias de base metafísica preconcebidas, principalmente a aristotélica, foco de seus

questionamentos. E, neste trabalho direto, não se deve saltar das sensações das coisas particulares para os axiomas mais gerais, ao contrário, deve-se caminhar por etapas, para alcançar gradualmente as formulações gerais (BACON, 1979).

Com este método, o filósofo empirista estabelece as bases filosóficas para o método indutivista moderno, que tinha como premissa partir de resultados experimentais singulares até chegar a generalizações científicas, por meio da produção de leis e teorias.

O método baconiano para investigação da natureza é bastante diferente do método desenvolvido por René Descartes, apesar de ambos se preocuparem com a minimização dos erros. Para Bacon é necessário expurgar os ídolos para se alcançar um conhecimento científico e verdadeiro. Já para Descartes o caminho está na razão.

René Descartes nasceu em La Haye, na França. Foi educado por um colégio jesuíta e ingressou na vida militar em 1618 servindo sob o comando de Mauricio de Nassau.

Descartes, para chegar às bases mais sólidas de sua filosofia, percorre um caminho que perpassa pela dúvida cética, pela dúvida metodológica e pela proposição de um universo criado a partir de caracteres matemáticos.

O filósofo francês inicia a sua inquietação filosófica questionando a solidez dos conhecimentos adquiridos por ele ao longo da vida.

Há já algum tempo eu me apercebi de que desde meus primeiros anos, recebera muitas falsas opiniões como verdadeiras, e de que aquilo que depois eu fundei em princípios tão mal assegurados não podia ser senão muito duvidoso e incerto (DESCARTES, 2004, p. 83).

E afirma: “Aplicar-me-ei seriamente e com liberdade em destruir em geral todas as minhas antigas opiniões” (DESCARTES, 2004, p. 83-84).

Descartes passa por um primeiro momento cético, ainda em suas meditações nos períodos em que ele ainda servia as forças armadas. Ele se pergunta se não seria Deus um ser engendroso que brinca com todos os seres humanos que na verdade viveriam em um sonho e não em uma realidade. Neste momento o filósofo francês vive um momento de grande ceticismo.

Suporei, pois, que há não um verdadeiro Deus, que é soberana fonte da verdade, mas certo gênio maligno, não menos ardiloso e enganador do que poderoso, que empregou toda a sua indústria em enganar-me (DESCARTES, 2004, p. 84).

Para Descartes, os sentidos são enganosos e não nos levam a conhecimentos verdadeiros e científicos. A experiência, para ele, possui características subjetivas em suas bases, decorrentes da sensibilidade dos sujeitos.

Tudo o que recebi, até presentemente, como o mais verdadeiro e seguro, aprendi-o dos sentidos ou pelos sentidos, ora, experimentei algumas vezes que esses sentidos eram enganosos (DESCARTES, 2004, p.84).

Vale destacar que apesar de suas viagens o contato de Descartes com o protestantismo foi mínimo, de modo que esta religião não interferiu no seu modo de conceber a natureza. Deste modo, Descartes ao resolver o seu problema da dúvida

cética com o “*penso logo existo*” postula que todos podem chegar ao conhecimento verdadeiro pela via da razão, pois Deus, que é um ser bondoso, dotou a todos de razão. Desta forma, Descarte soluciona a sua dúvida metódica propondo um método científico de base racional.

Como etapas desse caminho reto, Descartes propõe quatro regras do método, que de tão simples podem ser seguidas e adotadas por qualquer pessoa que tenha a firme convicção de avançar nas vias do conhecimento verdadeiro (DESCARTES, 2008, p. 21).

1. Não aceitar nada como verdadeiro, sem antes passar pelo crivo da razão.
2. Tudo o que aparece como complexo deve ser dividido em tantas partes simples quanto possíveis.
3. Estabelecer uma ordem lógica necessária entre estes elementos simples, e não uma mera sucessão temporal.
4. Revisar os passos anteriores, a fim de se ter certeza de que nada foi esquecido.

A filosofia moderna, até a proposta de conciliação feita por Kant (1724 – 1804), oscilou muito entre a vertente empirista e a racionalista. A seguir elucidaremos como a proposição metodológica empirista impulsionou a ciência moderna no século XVII, destacando um cientista extremamente peculiar na química: Robert Boyle (1627 – 1691). Apesar da perspectiva racionalista ter tensionado fortemente o empirismo e ter sido muito significativa para a nova filosofia natural, ela não foi a tônica do trabalho boyleano.

BOYLE E A EXPERIMENTAÇÃO NO SÉCULO XVII: UM CAMINHO SEGURO PARA SE CHEGAR À VERDADE

No século XVII nascia na Europa o químico irlandês Robert Boyle, que era oriundo de família nobre, filho mais velho de um dos homens mais ricos e influentes da Grã-Bretanha. Boyle teve sua formação acadêmica inicialmente em casa, posteriormente no Eton College e complementou os seus estudos por viagens a França, Itália e Suíça. Ainda durante a sua formação inicial ele se converteu religiosamente ao protestantismo, passando a ser um escritor no campo da moral, da filosofia e da religião. E em meados do século desloca a sua preocupação para a Química e constrói um laboratório em sua casa, tornando-se um entusiasta da prática experimental; fato que não o distancia de sua prática religiosa.

Apesar de muitos dos pensadores que estabeleceram as bases da ciência moderna serem oriundos de universidades católicas e muitos deles defenderem esta religião, de modo que pregavam a separação entre questões de fé e questões científicas, a religião protestante foi muito importante para a solidificação de certos princípios gerais para a Ciência seiscentista, como a base experimental e o utilitarismo.

Robert Boyle era um cristão virtuoso e se aproximou da ciência química como meio de glorificar ao Senhor. Naquele cenário, ele buscou se aproximar da filosofia natural como meio de desenvolver o seu projeto religioso e para ele a ciência que mais se aproximava dos desígnios de Deus era a Química. Boyle procurou incorporar a Química ao contexto da nova filosofia natural e derrubar a visão desta como uma ciência oculta e mística como ela era vista no período em razão das antigas práticas alquímicas.

Cultivei a química [...] não para multiplicar processos ou ganhar reputação com eles, mas para servir para a fundação de uma história da natureza experimental e outras matérias úteis, na qual uma sólida teoria pode ser construída no decorrer do tempo (BOAS HALL, 1958, p. 277).

No século XVII, difundiam-se na Europa as concepções químicas da Iatroquímica, que foi um período em que a ciência química possuiu grandes entrelaçamentos com a medicina, através da formação, universitária ou não, dos médicos químicos. Os grandes representantes desta vertente eram Paracelso e Van Helmont que negavam a iatroquímica tradicional galênica ensinada nas universidades. Eles defendiam a produção experimental de medicamentos químicos; a correlação espiritual entre microcosmo e macrocosmo; e viam a prática experimental como um equivalente da experiência espiritual. Na concepção dos iatroquímicos seguindo o caminho da experiência científica poderíamos atingir uma compreensão da vida espiritual. Estas concepções iatroquímicas foram inicialmente muito importantes para as proposições filosóficas de Boyle.

A química oferecia uma ilustração ideal das potencialidades deste método. Os produtos naturais foram ordenados por Deus para o uso do homem, mas suas propriedades não poderiam ser reveladas diretamente, uma vez que a transgressão de Adão sacrificou nossos direitos a uma experiência direta sobre a pureza da natureza (WEBSTER, 1974, p. 285).

O cientista inglês tinha um interesse pela filosofia natural com um objetivo mais amplo, que era conhecer Deus através de suas obras. Sendo um filósofo natural cristão de base puritana,

ele construiu seu empreendimento epistemológico levando em consideração o plano divino da criação e o bem estar do próximo (ZATERKA, 2004).

Merton define puritanismo de uma forma bastante abrangente: “Anglicanos, calvinistas, presbiterianos, independentes, anabatistas, quakers e milenaristas” (MERTON In ZATERKA, 2004).

Para ele, Merton, há uma forte relação entre o puritanismo e a ciência inglesa seiscentista, pois o puritanismo tinha como um dos seus objetivos, para dar razão a existência das pessoas, a glorificação de Deus. Assim, uma forma de glorificar a Deus é demonstrar a sua presença nas obras humanas, que se dá através do trabalho útil. Utilidade e verdade se articulam e passam a assumir uma mesma identidade. Desta forma, a nova concepção de ciência que está aparecendo em Boyle tem essa tríplice relação: “estar a serviço do indivíduo, da sociedade e de Deus” (ZATERKA, 2004, p. 34).

Essa ciência empírica e utilitária, que tem nos sentidos a sua base determinante, vai apelar para uma forma de experimentar diferente, que tem em Bacon uma referência importante. Essa nova forma de conhecer, que nega o ócio e ajuda as pessoas nas suas atividades diárias, põe em movimento a ação dos homens sobre a natureza.

Em outras palavras, preferiam-se a manipulação ativa à contemplação passiva, frutos práticos em lugar de ficções estéreis. Sendo assim, o autor pôde concluir sua tese: se de fato a nova filosofia natural estava voltada para fins utilitários, os homens de ciência se voltaram principalmente para os problemas que mais afligiam os homens da época — a navegação, a drenagem e ventilação

das minas, a utilização de minérios, etc. Em resumo, explica Merton, houve um crescente interesse pela ciência em meados do século XVII na Inglaterra, pois um dos fatores religiosos predominantes — o ethos puritano — favoreceu esse interesse. Com os homens de ciência voltados aos problemas efetivamente práticos, houve um aumento claro na expansão do mercado, e com isso a nova forma da economia, o capitalismo, estava implantada (ZATERKA, 2004, p. 34).

Aqui é importante perceber o quanto essa nova forma de conhecer está em consonância com a nova sociedade que está se estruturando e que tem na mercadoria o elemento nucleador da nova forma de produzir bens materiais.

Os Brilhantes sucessos das ciências naturais durante os séculos XVI e XVII foram condicionados pela desintegração da economia feudal, pelo desenvolvimento do capital mercantil, das relações marítimas internacionais e da indústria pesada (mineração) (HESSEN, 1971).

Sobre a ação de Deus sobre os homens e a natureza podemos dizer que, para Boyle, as regularidades existentes no mundo são expressão da vontade manifesta de um ente superior que dá curso a natureza — são as necessidades naturais, ou melhor, os costumes de Deus. Contudo, esse ser divino pode suspender essa ordem natural — as leis da natureza, os seus costumes — levando àquilo que denominamos de milagres, denominados por Ele de experimentos divinos, milagres estes que estão fora do alcance racional do homem. Assim, no empreendimento epistemológico de Boyle, vamos encontrar as verdades que de fato podem ser dominadas pela razão e aquelas que estão acima da razão

(ZATERKA, 2004). Por isso, o limite do conhecer em Boyle está ligado a essa nova Ciência da natureza, que tem como um dos pilares a perspectiva empirista de cunho baconiana¹⁰.

O autor de *Químico Cético* havia sido membro da Royal Society e era um seguidor fiel do empirismo baconiano. Desta forma ele acreditava que a experiência deveria ter um lugar privilegiado e fundante em qualquer empreendimento epistemológico. Ele discordava de qualquer prática científica que utilizasse experimentos de difícil reprodutibilidade e que não desse à prática empírica um lugar de destaque no processo de formulação de ideias.

O químico irlandês julga a matemática como uma importante ferramenta para a ciência, entretanto a aceita somente como um instrumento complementar ou auxiliar ao método experimental. Para ele a matemática sozinha não pode fornecer as razões que regem a ação dos corpos (ZATERKA, 2004). Boyle utiliza a razão e a matemática como elementos necessários para a filosofia natural, mas elementos que devem ser utilizados a *posteriori*.

Boyle na esteira de Bacon, acredita que a boa filosofia natural tem que dissecar os fenômenos da natureza. Ora, a melhor ciência para alcançar tal objetivo é a química. Por meio dos experimentos químicos aprendemos não somente sobre os ingredientes materiais dos corpos, mas também sobre a eficácia de ingredientes particulares, por que as circunstâncias dos experimentos são cuidadosamente controladas. Estes procedimentos ficam claros em sua obra o Ensaio do Nitro (ZATERKA, 2004, p. 157).

Através da prática rigorosa de experimentos controlados, Boyle desenvolveu muitos conhecimentos na área química e foi uma figura notável na química seiscentista.

No período em que o médico químico Van Helmont propõe a teoria ácido-alcalino de base místico-simbólicas, Boyle parte em defesa de uma ciência empírica e aponta para o erro da teoria. Para Helmont, a digestão seria equivalente à fermentação, assim as secreções viscerais poderiam ser classificadas como os produtos finais da fermentação, em ácido e alcalino. De acordo com esta teoria, todos os materiais deveriam conter substâncias ácidas e alcalinas. Helmont tinha a nítida pretensão de unificar a química e a fisiologia. Já para o químico inglês Robert Boyle, havia um erro na generalização do ácido alcalino. Ele o provou realizando uma série de testes químicos e físicos, com a intenção de sistematizar melhor as substâncias ácidas e alcalinas, Boyle identifica uma série de substâncias que não se enquadravam nos comportamentos, por ele estabelecidos, para substâncias ácidas e para as básicas. A estas substâncias o químico inglês deu o nome de neutras.

Com a descoberta das substâncias neutras, o futuro da teoria que classifica as substâncias em ácidas e alcalinas estava comprometido. No entanto, a teoria ácido-alcalina sobreviverá com modificações até o início do século seguinte e, algum tempo depois, o sistema de classificação de Boyle e seus testes para substâncias ácidas, básicas e neutras tornam-se comuns, aceitos como padrão na maioria dos compêndios de química.

Boyle também realizou uma série de experimentos para testar diferentes extratos de plantas, como por exemplo, o pau-brasil, que era usado no tingimento de tecido, cuja mudança de cor com o tempo ou na presença de certas substâncias já havia sido notada. Boyle vê a utilidade do extrato de pau-brasil como indicador de substâncias ácidas e daquelas alcalinas. Além do pau brasil ele utilizou o tornassol e o extrato de violetas como

indicadores em seus experimentos. A partir dos trabalhos de Boyle, o uso de extratos de plantas como indicadores se tornou frequente, vindo a ser uma prática corriqueira na química do século XVIII, principalmente nos processos de titulação.

Acerca dos seus estudos sobre a estrutura da matéria Boyle se revela como um atomista cristão. Embora fosse partidário do atomismo, foi militante na luta contra a disseminação do ateísmo que ameaçava insurgir na Inglaterra naquela época, ateísmo científico oriundo da retomadas das concepções atômicas epicuristas. Entre o estudo de obras de outros pensadores, seu interesse sobre a teoria atômica é especialmente conectado à leitura das obras de Gassendi, elaborando sua própria “teoria corpuscular”. Boyle preferiu chamar de teoria corpuscular para fugir do termo atomismo, até então relacionado a questões ateístas.

Sobre os processos reacionais são conhecidas as ideias de Boyle que considerava a afinidade das substâncias reagentes como resultado de formas apropriadas das partículas que lhes permitiam aderir umas às outras (JUSTI, 1998). Com as ideias de Boyle surge uma oposição às noções místico-simbólicas de afinidade como amor e ódio, em direção a uma explicação mecanicista e que admitia um novo modelo de mundo (MAAR, 1999). Ele rejeitou o animismo e interpretações metafísicas e defendeu modelos mecânicos para explicar as causas das reações químicas. As suas afirmações eram baseadas em experimentos realizados de forma qualitativa, procurando estabelecer a composição dos materiais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Sem desconhecer o intenso debate sobre a forte influência dos fatores externos na nova concepção de ciência emergente, e

das várias determinações do real que podem influenciar em um determinado empreendimento epistemológico, inclusive com suas relações lógicas e internas, entendemos que não podemos negar os vínculos estreitos que estão sendo estabelecidos entre as formas de produzir conhecimento, bens materiais e valores na transição do feudalismo para o capitalismo.

Assim, buscamos apontar, por meio de uma perspectiva externalista, as contribuições do cientista do século XVII Robert Boyle para a Ciência Moderna. Em um cenário de grandes mudanças nos campos religioso, ético, político, econômico, científico e cosmológico, encontra-se Boyle influenciado por essas alterações ocorridas nas várias esferas da práxis humana.

Robert Boyle, por vezes, é um cientista pouco lembrado quando se trata da longa revolução da Química. Objetivamos aqui mostrar a relevância do seu trabalho para a Ciência moderna, em especial para a Química.

Apontamos neste trabalho como Boyle tenta superar as concepções místico-simbólicas de Ciência herdadas da alquimia. Para o cientista irlandês, a observação neutra e a experimentação controlada tinham uma papel crucial para a ciência em ascensão. Dentro desta ótica, Boyle foi fortemente influenciado por Francis Bacon que foi um dos pioneiros a estabelecer as bases empíricas para o método científico moderno. Além disso, por meio da experimentação, Boyle, que era um cristão fervoroso, tinha como finalidade glorificar a Deus nas coisas, rompendo com o ócio contemplativo tão estimado na filosofia natural antiga.

Os pressupostos teológicos de Boyle foram fundamentais para que ele pudesse desenvolver uma concepção ontológica de natureza que necessariamente reflete a sua filosofia natural. Para ele, estudar a natureza significa compreender melhor a

manifestação de Deus nas coisas. Nesta perspectiva, é inviável pensarmos em uma ciência natural que tenha pressupostos *a priori*, de modo que uma razão humana *a priori* nunca poderia abarcar todos os efeitos divinos. Para Robert, a observação e a experimentação purificada dos sentidos (expurgada dos ídolos baconianos), são a chave para se construir um conhecimento científico puro e verdadeiro. No método boyleano, a razão e a matemática tem lugar como ferramentas e não posição de destaque metodológico.

Apesar de não ter criado grandes linhas de pesquisa, Boyle desenvolveu várias pesquisas de base experimental que fortaleceram a química nos campos reacional, nos estudos ácido-base, na teoria corpuscular da matéria, dentre outros.

Como evidenciamos, Boyle foi um homem do seu tempo, que foi influenciado pelas transformações sociais ocorridas no período de transição. Um homem que conciliava pressupostos científicos, filosóficos e teológicos a fim de desenvolver uma concepção de mundo que estivesse a favor de Deus e do próximo. Nesta ótica, apontamos Boyle como uma figura extremamente importante no cenário da química seiscentista e afirmamos que ele teve um papel crucial para o desenvolvimento da química como ciência experimental na modernidade.

NOTAS

¹Professora do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA); doutoranda no Programa de Pós Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências UFBA-UEFS (barbaracarine@bol.com.br)

²Professor no Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA);

doutorando no Programa de Pós Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências UFBA-UEFS (messeder3@yahoo.com.br)

³Professor do Instituto de Química da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e do Programa de Pós Graduação em Ensino, Filosofia e História das Ciências UFBA-UEFS (edilsonfmoradillo@gmail.com)

⁴As expressões que se referem a indivíduos ou coletivos humanos serão grafadas no masculino sem que isso represente ignorar o discurso de gênero, nem desprezo pelo gênero feminino.

⁵Eric Hobsbawm (1991, p.45) afirma que: “Não há nada de novo em escolher olhar o mundo por um microscópio, ao invés de um telescópio. Na medida em que concordamos que estamos estudando o cosmo, a opção entre o microcosmo e o macrocosmo é uma questão de escolha da técnica adequada. É significativo que um maior número de historiadores atualmente considere o microscópio muito útil, mas isso não significa necessariamente que rejeitem o telescópio como coisa ultrapassada.”

⁶Alguns autores fazem distinção do termo natureza com “n” maiúsculo (Natureza), para se referir ao conjunto de entidades materiais e fenômenos realmente existentes no mundo; do de natureza com “n” minúsculo (natureza), no sentido de essência de um ser/ente, a exemplo de Abrantes (1998). Algo similar podemos encontrar em vários filósofos, desde a antiguidade, a exemplo de Aristóteles (PESSANHA, 1983). Neste texto não faremos distinção e usaremos com “n” minúsculo.

⁷Na verdade esse novo processo de produção vai alienar o trabalhador no sentido subjetivo: ao produzir ele não tem o controle/conhecimento da totalidade do processo, quanto no sentido objetivo: a produção vai ter como finalidade o valor de troca e não o de uso, com um agravante, o objeto não pertence ao trabalhador (MARX, 1980).

⁸Existem várias posições quando se trata da concepção de Deus, por exemplo, no naturalismo realista, que busca entender a constituição do sujeito epistemológico a partir da natureza, podemos listar as seguintes posições segundo Pessoa Jr (2011): “O naturalismo é consistente com pelo menos cinco posições a respeito de Deus: a) *ateísmo*: Deus não existe; b) *agnosticismo*: a questão da existência de Deus não pode ser resolvida e por isso suspendemos nosso juízo sobre esta questão; c) *panteísmo*: Deus se identifica com a Natureza

e não é nada além disso; d) *deísmo*: Deus criou a Natureza, com suas leis, mas não interfere no curso da natureza; assim, não ocorrem milagres.

Podemos mencionar também uma visão “naturalista animista” (próxima talvez ao panteísmo), bastante difundida hoje em dia, segundo a qual pode não existir um Deus inteligente a quem devemos adorar, mas existiria uma espécie de “força” ou “energia” que guia a Natureza e dá sentido às nossas vidas. O termo “nova era” é às vezes associado a esta postura naturalista, que também é simpática à astrologia e a outras pseudociências”

⁹Aqui, é importante esclarecer que o novo debate que aparece nesse período, entre racionalismo e empirismo, é bem mais extenso do que o apresentado nesse trabalho. A nossa intenção principal é discutir a influencia da filosofia baconiana na prática científica boyleana, num cenário de mudanças racionais e empíricas, por isso vamos privilegiar Bacon e Descartes.

Poderíamos citar outros empiristas mais contundentes do período como Thomas Hobbes (1588-1670) e John Locke (1632-1704). Assim como outros racionalistas importantes do período como Benedictus Spinoza (1632-1677) e Gottfried Leibniz (1646-1716).

¹⁰Aqui, é bom resaltar, que para alguns autores essa distinção entre empirista e racionalista em Boyle não é algo trivial. Marilena Chauí, no prefácio do livro de Zarteka, diz: “Luciana Zarteka nos mostra que Robert Boyle é um racionalista e um empirista. Por que pode fazê-lo? Por que assinala que a cisão tradicional entre “racionalistas” e “empiristas” deixa na sobra o mais importante, isto é, que a distinção entre eles não passa, como se costuma imaginar, pela recusa da experiência, por parte dos primeiros, nem pela recusa do papel da razão, por parte dos segundos, e sim pelo lugar que atribuem a cada uma delas. Para os chamados empiristas, a experiência (por meio dos experimentos controlados) é fundante do conhecimento enquanto a razão, comprovadora e verificadora dos resultados obtidos. Para os chamados racionalistas, a razão é fundante do saber, cabendo à experiência a tarefa da comprovação e da verificação dos resultados” (ZARTEKA, p. 12, 2004).

REFERÊNCIAS

ANDERY, M. A et al. **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

BACON, F. **Novum Organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. Nova Atlântida. Tradução e notas J. A. Reis de Andrade. São Paulo: Abril Cultural, 1979 (coleção os Pensadores).

BACON, F. **O Progresso do Conhecimento**; tradução, apresentação e notas Raul Fiker. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

BOAS HALL, M. **Robert Boyle and seventeenth-century Chemistry**. Cambridge: Cambridge University Press, 1958.

CHAUÍ, M. **Introdução à história da filosofia**. São Paulo: Companhia de Letras, 2002, v. 1.

DESCARTES, René. **Discurso do Método**. Tradução de Paulo Neves. Porto Alegre: L&PM Pocket, 2008.

DESCARTES, René. **Meditações sobre Filosofia Primeira**. Tradução de Fausto Castilho. São Paulo: UNICAMP, 2004.

HESSEN, B. "The Social and Economic Roots of Newton's Principia," In N. I. Bukharin, et al. **Science at the Crossroads: Papers from the Second International Congress of the History of Science and Technology**. Londres: Kniga, 1971. pp. 147-212. Tradução de João Zanetic e Maria Regina D. Kawamura.

HOBSBAWM, Eric. **O ressurgimento da narrativa**: alguns comentários. Trad. Denise Bottmann. *RH - Revista de História*, n.2/3, Campinas-SP: Gráfica IFCH/ Unicamp, 1991.

JUSTI, R. S. A afinidade entre as substâncias pode explicar as reações químicas? **Química Nova na Escola**. n.7, mai., 1998.

MAAR, H. J.; **Pequena História da Química**, parte I, Ed. Papalivro: Florianópolis, 1999.

MARX, K, **O capital**: o processo de produção do capital. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, Livro 1, v.1. 1980.

MARX, K; ENGELS, F. **A ideologia alemã I**. Lisboa, Editorial Presença, 1980.

Merton, R. K. Ciência, tecnologia y sociedad em La Inglaterra Del siglo XVII In: ZATERKA, L. **A filosofia experimental na Inglaterra do século XVII**: Francis Bacon e Robert Boyle. São Paulo: Associação Editorial Humanitas: Fapesp, 2004.

NETO, J. P. e BRAZ, M. **Economia Política**: uma introdução, 5ª edição, São Paulo: Cortez, 2009.

OLIVEIRA, R. **A escola e o ensino de Ciências**. Porto Alegre: Unisinos. 2000. 1º ed.

PESSANHA, J. A. M. **Coleção os Pensadores**: Aristóteles. 2.ed., São Paulo: Abril Cultural, v. 1, 1983.

PESSOA – Jr, O. O Dogmatismo Científico de Tradição Materialista. **Texto Impresso não publicado**, 2011.

Vilar, P. Marx e a história. In: HOBBSAWM, E. J. (org). **História do marxismo**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980, vol I.

WEBSTER, C. **The intellectual revolution of the seventeenth century**. London/ Boston: Routledge & Kegan Paul, 1974.

ZATERKA, L. **A filosofia experimental na Inglaterra do século XVII**: Francis Bacon e Robert Boyle. São Paulo: Associação Editorial Humanitas: Fapesp, 2004.

TECNOCIENCIA E INCERTIDUMBRE

ALGUNAS CONSIDERACIONES PRELIMINARES COMO SUSTENTO DEL PRINCIPIO DE PRUDENCIA EN LA INVESTIGACIÓN

Juanma Sánchez Arteaga¹

RESUMEN: En este trabajo, el uso práctico de los conceptos tecnocientíficos por medio de discursos que circulan entre grupos de especialistas es entendido como una forma particular de acción comunicativa o acto de habla entre determinados agentes históricos inseridos en circuitos sociales de producción científico-tecnológica. Se defiende que el *significado amplio* de cualquier acto de *comunicación tecnocientífica* sólo puede desentrañarse si nuestros criterios de *interpretación* trascienden el restringido ámbito epistemológico de la lógica formal e incorporan al análisis las dimensiones tácitas, afectiva, biológica e histórica de la lógica empleada en la investigación *práctica*. El significado amplio de la tecnociencia como actividad social del primate humano trasciende y sobrepasa cualquier tentativa racionalista de definir su significado con *exactitud*, de reducir su significación a un espacio semántico perfectamente delimitado y determinable. Ninguna interpretación puede resultar exacta. Esa inexactitud inherente a toda acción comunicativa se postula como fundamento epistemológico del principio de prudencia que debería orientar las investigaciones tecnocientíficas.

PALAVRAS-CHAVE: Acción Comunicativa; Tecnociencia; Interpretación; Significado; Incertidumbre.

ABSTRACT: In this paper, the practical use of techno-scientific concepts is understood as a particular form of “communicative action” or “speech act” between specific historical agents, inserted in social circuits of scientific and technological production. It is argued that the meaning of any act of techno-scientific communication can only be unraveled if our interpretative criteria go beyond the limited epistemological scope of formal logic and incorporate the tacit, emotional, biological and historical dimensions of practical research and scientific communication. Science and technology, when understood as human social communication activities based on interpretation, transcend and surpass any rational attempt to define its meaning with exactitude. Neither interpretation may be exact. That inaccuracy inherent in any communicative action is postulated as an epistemological foundation of the principle of prudence that should guide techno-scientific research.

KEYWORDS: Communicative Action; Techno-Science; Interpretation; Meaning; Uncertainty.

LA TECNOCENCIA Y LO *NO DICHO*

En ocasiones, del *significado* de cualquier discurso tecnocientífico pueden desentrañarse, con la ayuda del paso del tiempo histórico — o, en el caso de las tecnociencias contemporáneas, del suficiente distanciamiento etnometodológico (Garfinkel, 1967) —, múltiples dimensiones no enunciativo-descriptivas de su significación práctica, cuando esos discursos — y los conceptos tecnocientíficos que aparecen en ellos — están inseridos en circuitos sociales de acción comunicativa (Habermas, 2003) entre grupos concretos de primates humanos.

Para intentar clarificar la afirmación anterior, pondré un ejemplo concreto tomado de la historia de la biología humana y la antropología física: el significado de lo medido por los diversos índices craneométricos empleados entre los siglos XVIII y XX para la clasificación antropológica de sujetos y poblaciones humanas trascendía la simple constatación enunciativa-descriptiva de la diversidad morfológica de los cráneos, para inserir esa diversidad fenoménica de la naturaleza “explícita” en una escala jerárquica “no dicha” que respondía a intereses sociopolíticos concretos de determinados grupos humanos en relación a otros. Por supuesto, esa jerarquía *racial* que trascendía la pura constatación fenoménica de la diversidad morfológica en humanos no presentaba ninguna relación con la lógica científica en sí misma. Lo que más interesaba desde el punto de vista del significado práctico en los contextos en los cuáles se aplicaban esas mediciones científicas — la posición del individuo o grupo medido en un determinado sistema jerárquico de dominación, pretendidamente naturalizado por un grupo dominador sobre

otras comunidades dominadas — no era dicho, ni estaba ella misma situada en las escalas numéricas de los craneóforos o los aparatos de medición antropométrica empleados por médicos, antropólogos y demás especialistas. Ninguna de aquellas medidas tenía, en realidad, ninguna relación real con la inteligencia de los individuos, ni con su posicionamiento a lo largo de ninguna escala jerárquica racial, la cual era resultado ella misma de fuerzas históricas e intereses políticos colectivos tácitos.

Mi defensa de *la inexactitud como cualidad esencial de cualquier discurso tecnocientífico* parte de la constatación de que las “dimensiones semánticas” no descriptivo-enunciativas resultan centrales para poder interpretar el significado amplio de cualquier producción tecnocientífica, (Habermas 2003, Latour y Woolgar, 1995) ya sea en el propio contexto sociohistórico de su producción y puesta en circulación, ya sea en cualquier otro contexto sociohistórico en que resulte preciso interpretar, recodificar o recontextualizar (Berstein) cualquier discurso científico por parte de otros agentes sociales. Defenderé la idea de que una interpretación profunda del “sentido amplio” de cualquier texto o discurso científico sólo es posible si se toman en cuenta sus funciones no enunciativo-descriptivas junto a los factores tácitos que definen y concretan el significado de los conceptos usados y la práctica dialéctica en la que una voz (Bahktin, 1984) ou un rostro humano (Levinas, 1995) se dirigen a otro, en busca de comunicación. Tal vez podríamos aplicar a todo el complejo entramado de producción de discursos tecnocientíficos contemporáneo la misma apreciación que Ludwig Wittgenstein realizó sobre uno de sus más famosos trabajos, y que sirve de epígrafe al presente texto: <<mi obra se compone de dos partes: de la que aquí aparece, y de todo aquello que no

he escrito. *Y precisamente esta segunda parte es la importante*>> (WITTGENSTEIN, 2003, 16).

TECNOCIENCIA, POLISEMIA Y HETEROGLOSIA

Los usos prácticos que adquieren los propios conceptos científicos básicos — tales como átomo, o gen, por ejemplo — al ponerse en circulación en discursos, divergen entre las comunidades que los utilizan en sus contextos especializados específicos, hasta llegar a adquirir significados completamente diferentes en la práctica, que dependen de cada negociación particular de significado entre los especialistas en cada contexto específico (véase, por ejemplo, Mackinnon y Keppell, 2005). En el conjunto de las prácticas sociales, se multiplican las facetas semánticas de cada concepto científico, hasta transformar en ocasiones su propio sentido originario y unívoco, que con el tiempo y el desarrollo histórico puede llegar a adquirir un *perfil conceptual* mucho más complejo y, necesariamente, plural, de significaciones diversas, en el que la heteroglosia y la polifonía son, al igual que en el mundo de la literatura y la novela, (Bahktin, 1984), características esenciales para acceder a una interpretación amplia y profunda del significado o de la “verdad” encerrada en los conceptos tecnocientíficos. Es sólo la práctica cotidiana de las diversas comunidades humanas — de especialistas, educadores, estudiantes, o simples trabajadores o consumidores de aparatos tecnológicos, etc. — la que, de hecho, definirá cuál es el sentido concreto que se otorga a los conceptos tecnocientíficos manipulados en la propia acción práctica específico de que se trate en cada caso, en cada contexto particular en el que

una determinada “voz” (en sentido Bahktiniano) se dirija a otra(s) voz(es) utilizando conceptos científicos con unos fines específicos.

Los criterios por los que se “materializan” en la práctica los significados precisos de los conceptos técnicos empleados en cada acción comunicativa, de entre los muchos significados disponibles en su perfil conceptual, permanecen tácitos de forma general (Polanyi, 1967). Esos criterios son, en buena parte, de orden normativo-emocional (de orden social, psicológico, colectivo, histórico...) (Habermas, 2003) y aparecen integrados en el sentido otorgado a cualquier discurso por parte de los participantes en la comunicación, resultando elementos esenciales para cualquier interpretación del mismo (Polanyi 1967, Latour y Woolgar, 1995).

Lo que no se explicita en un texto o discurso científico está lejos de carecer de valor para la interpretación de su *significado amplio*, una vez que ese discurso o texto se materializa en forma de actividades científicas o de procesos de producción de artefactos tecnológicos destinados a fines concretos, en contextos históricos y políticos determinados, en los que diferentes grupos humanos compiten y cooperan entre sí para conseguir fines que en sí mismos también escapan completamente a cualquier consideración *lógica* entendida en un sentido clásico.

ORBITAL DE SIGNIFICACIÓN DE LOS CONCEPTOS TECNOCIENTÍFICOS. INCERTIDUMBRE SEMÁNTICA

La interpretación del sentido amplio de un texto tecnocientífico trasciende necesariamente la mera dimensión

enunciativo-descriptiva de los fenómenos físicos que aparece explícita. Sin embargo, esta última dimensión es la única que se mantiene “visible” en el tipo de habla particular de la comunidad científica moderna, que ha ido formándose progresivamente — junto con la propia idea de objetividad científica (Daston y Gallison, 2007) — hasta adquirir la forma de los actuales lenguajes especializados a lo largo de la historia de la ciencia. Todas las diferentes “lenguas” o géneros de discurso que podemos englobar dentro de la familia del “lenguaje tecnocientífico” se caracterizan en general por un vocabulario técnico específico, acompañado por formas particulares de gráficos y de enunciados cuantitativos en los que *el sujeto histórico* que *enuncia* siempre queda oculto del discurso (Latour y Woolgar, 1995), del lado de lo no dicho. Tal reduccionismo manifiesto de los actos de comunicación científica a los aspectos puramente enunciativo-descriptivos del acto de habla la *acción-comunicativa* (Searle, 1969, Habermas, 2003) en la *práctica* tiene una función retórica principal, la cuál ha sido perfeccionada a lo largo de siglos: la potenciación máxima del “efecto verdad” de los discursos. La indeterminabilidad semántica de los conceptos científicos hace necesariamente de las ciencias el territorio de lo *inexacto*, al lado de la poesía y del mito. La verdad que las ciencias naturales aportan al *representar* la naturaleza en forma de modelos no es diferente de la que resulta de la experiencia estética o de la verdad que puede revelarse en el rito (Gadamer, 2003). La experiencia de verdad, y la verosimilitud otorgada a cualquier texto, nacen necesariamente de una matriz psíquica de intuiciones y conceptos de significado indeterminable con exactitud. De la misma forma que la física cuántica nos ha enseñado que sólo es posible encontrar una aproximación probabilística a la descripción física de las partículas de la materia, la hermenéutica, la antropología del conocimiento y la

epistemología de la complejidad nos han enseñado que también los significados de las proposiciones y de los conceptos científicos resultan tan nebulosos e indeterminables con *exactitud* como la posición y velocidad de las propias partículas atómicas. El sentido de los conceptos tecnocientíficos puede presentarse apenas como inserido en un orbital de significación cuya forma concreta en cada acto de comunicación es indeterminable (Edgard Morin, 2009, p. 323 y ss.).

RETÓRICA Y VEROSIMILITUD. EFICACIA SIMBÓLICA,
EFECTO VERDAD Y EXACTITUD.
EL SUJETO HISTÓRICO DE LA CIENCIA

El perfeccionamiento en la *eficacia simbólica* (L. Strauss, 1987) del lenguaje científico frente a otras formas de *discurso* — a las que otorgamos un grado de *credibilidad* muy inferior en nuestras sociedades — se consiguió a lo largo de la historia, precisamente gracias a la selección y adquisición progresiva de toda una serie de convenciones retóricas del habla académico-científica que resaltaban al máximo la dimensión enunciativo-descriptiva del lenguaje tecnológico o científico-natural. Para potenciar el efecto verdad de las propias ideas se conocen clásicas *estratagemas* retóricas, que han sido usadas por filósofos, religiosos y sabios de todo tipo a lo largo de toda la historia (Schopenhauer, 2002) y que hoy en día todavía resultan empleadas de en la industria de los textos científicos contemporáneos (Sánchez Arteaga, 2008). Uno de los recursos más generalizados para potenciar al máximo el efecto verdad del *lenguaje-ritual* de las tecnociencias consiste en la eliminación de las proposiciones de las publicaciones

científicas al *sujeto* gramatical (que es también el sujeto *histórico*) que las enuncia. El paso último en esta dirección retórica asumida por el moderno lenguaje tecnocientífico y la gigantesca industria editorial académica consiste, en determinados textos técnicos, en la supresión misma de las proposiciones, y en su sustitución por esquemas, diagramas, gráficos o inscripciones, que eliminan del objeto de estudio toda la dimensión histórica, social y humana en la que fue producido (Goody, 1985; Horton, 1993; Latour y Woolgar, 1995; Bloor, 2003). Cuando aún existen — entre los gráficos, los algoritmos y las tablas —, las acciones científico-tecnológicas son descritas sin aludir al sujeto que las realiza: “*se demuestra..., se deduce..., se vierten tantas gotas de..., se sacrifican tantos ratones...*”. Nadie interviene en estas simples verificaciones autoevidentes: los elementos implicados en el procedimiento analítico del laboratorio no presentan historia, no tienen dueños, ni precio, ni patrones. La tecnociencia moderna, como el mito, “*priva totalmente de historia al objeto del que habla*” (Barthes, 2003, 247).

Coincidiendo con el desarrollo histórico de diferentes paradigmas de objetividad, la lengua en la que los científicos producían sus discursos sobre los fenómenos observados en la naturaleza fue adquiriendo cada vez más la apariencia de lo verdadero, asociando la idea de objetividad a la de exactitud matemática, hasta hacer pasar a esos discursos por descripciones *exactas* de la misma naturaleza. Resumiendo, sólo gracias al desenvolvimiento histórico de *una convención retórica colectiva que en sí misma no tiene ninguna relación con la lógica* (en términos formales), mas allá de las propias normas de la sintaxis, el lenguaje tecnocientífico consiguió disimular, hasta ocultarlas, el resto de las dimensiones socioemocionales de su “significación

amplia”, haciendo pasar su *verosimilitud* por *exactitud*, gracias a la potenciación artificial de su “apariencia de verdad” que fue perfeccionándose a lo largo de los siglos de historia de la ciencia. Todo lo que podía hacer aparecer los discursos científicos como *inexactos*, subjetivos, imprecisos, etc. fue barrido de las publicaciones científicas por un proceso de “selección retórica adaptativa” que tendía a aumentar la eficacia simbólica y el efecto verdad de los textos técnicos. En ese sentido, podríamos aplicar a este proceso histórico de *depuración* del lenguaje empleado por la ciencia en su conjunto la metáfora empleada por Marx para hablar del estilo escogido en una de sus obras: “La exposición, quiero decir la forma de exponer el tema, es absolutamente científica, es decir, que *no contraviene en nada las reglas de la policía* en el sentido habitual”. (MARX , 1979, p. 298)². Sin embargo, y a pesar de su ocultamiento retórico, detrás de la mera denotación aséptica de las hipótesis, deducciones, falsaciones o corroboraciones científicas se encuentra el primate humano como *sujeto histórico* que las expresa simbólicamente como *creencias* o *convicciones* acerca de una serie de conceptos sobre la realidad de estar presente y reconocerse en la naturaleza, que recorren toda la historia de las culturas desde el origen del lenguaje y los primeros mitos. Detrás de las estadísticas, los gráficos, los instrumentos... se encuentra siempre un *sujeto histórico* oculto, *el primate humano*, quien produce las citadas construcciones simbólicas con un *interés* particular de hablar sobre la naturaleza con determinados fines, y que se dirige a un auditorio seleccionado en función de ciertas *preferencias indeterminables en un sentido lógico* pero que, a su vez, pueden estudiarse recurriendo, por ejemplo, al análisis de *la sociología emocional* o de *la economía política* de la ciencia moderna...

Por su propia condición, el sujeto que enuncia tácitamente los discursos tecnocientíficos, o que los pone en circulación en la práctica profesional, el animal humano que emite su descripción o emprende su manipulación de la naturaleza, como habitante de un mundo construido con su propio lenguaje (Heidegger, 2007), cuyos límites marcan también las fronteras de su dominio sobre el mundo físico, el ser humano que produce la propia tecnociencia en su trabajo cotidiano como primate social, es un ser incompleto, indeterminable, y el significado de sus acciones es impreciso e inexacto en el máximo grado.

MODELOS, METÁFORAS Y LA INDETERMINABILIDAD DEL SIGNIFICADO AMPLIO DE LA COMUNICACIÓN CIENTÍFICA

El *significado amplio* de toda proposición conceptual científica no tautológica, desde la simple definición de conceptos básicos a los modelos matemáticos más abstractos y complejos para explicar los procesos naturales, se manifiesta — además de en lo no dicho —, por medio de figuras de estilo del lenguaje — por ejemplo, por medio de metáforas o de metonimias (Ortony, 1993) —. Este hecho también implica de por sí que el significado práctico en las acciones comunicativas de los equipos de investigación, orientadas a un fin concreto (profesional, económico, académico, pedagógico, político...) es *indeterminable con exactitud*, de forma análoga al significado de las figuras del lenguaje poético, o las construcciones conceptuales de los mitos. Una metáfora, por definición, nunca es *exacta*. Un modelo científico, tampoco. La mayoría de los modelos teóricos de la ciencia, por ejemplo, funcionan habitualmente como *metonimias*. Esto quiere decir que

el modelo teórico y las reconstrucciones empíricas acerca de la realidad *interpretada* reproducen tan sólo *una parte representativa a ojos del científico* de variables escogidas de entre un conjunto siempre mayor — inabarcable en su totalidad, e indeterminable — de rasgos fenomenológicos del objeto real de estudio. Como es sabido, el carácter *ritual* de la observación fenomenológica en el seno de culturas no tecnocientíficas fue analizado con gran agudeza en la antropológica del conocimiento de Evans-Pritchard.

“Cualquier clase de sonido o de imagen puede llegar al cerebro de una persona sin entrar en su conciencia. Podemos decir que ‘oye’ el primero y ‘ve’ la segunda, pero no ‘se da cuenta’ de ninguno de los dos. En una corriente de impresiones sensoriales sólo unas pocas, que se escogen a causa de su carácter *más afectivo*, llegan a ser conscientes. *Los intereses de un hombre son los agentes selectivos y hasta cierto punto están determinados socialmente*” (Evans-Pritchard, 1937, cit. in: Douglas, 1991, 35).

La consideración de esa selección de las variables significativas de cualquier fenómeno que se opera en toda enunciación descriptiva científica — una selección producida, la mayoría de las veces de forma *inconsciente* — determina — al realizarse precisamente como oposición a todo el conjunto de alternativas posibles — una *amplificación semántica* del puro sentido enunciativo-locucionario de cualquier texto científico. En ese sentido uso aquí la expresión — metafórica en sí misma — de *significado amplio* de los discursos científicos, para intentar señalar que en cualquier contexto social práctico concreto de *interpretación* del sentido explícito de cualquier discurso

científico, juega un papel inexcusable *lo no dicho*, al lado de las dimensiones semánticas ilocucionarias y perlocucionarias, como esa parte importante a la que se refería Wittgenstein, que es esencialmente inexacto e indeterminable, como una sombra que acompaña a todo fenómeno físico. Historiadores y sociólogos de la ciencia saben que lo que *no se supo ver o decir* por parte de los actores tecnocientíficos de un determinado contexto histórico es tan importante como lo que se vio y se dijo para entender el *significado amplio* de la ciencia y de sus paradigmas como el resultado simbólico de la actividad histórica y social de grupos de primates humanos.

La *interpretación socializada* de una metáfora, de una metonimia, de un tropo, así como la de un concepto, modelo, o teoría científica, se desdobra en *la práctica* en múltiples dimensiones de significación — múltiples *connotaciones* –, más allá de la simple función enunciativa-descriptiva. En cada acto de comunicación que se lleva a cabo entre los profesionales de la tecnociencia, en cada acción descriptiva o manipuladora de la naturaleza hay implícito tanto un *logos* como un *ethos* y un *pathos* particular de quienes participan de tal acto de comunicación científica. Esos agentes tecnocientíficos integran el todo el significado amplio — que incluye dimensiones semánticas tácitas — denotado dentro de un contexto histórico-cultural y producen así una interpretación particular que crea el “sentido” del mensaje que intercambian. Desde este punto de vista, los conceptos científicos se encuentran en el mismo caso que los mítico-religiosos, o que los sistemas de significados que operan, por ejemplo, de la alquimia o de la tradición hermética en occidente: la historia y la sociología de la ciencia nos descubren que, en muchas ocasiones, *van más allá de sí mismos*, más allá de lo puramente fenoménico que en ellos se

hace “explícito”, de lo que se denota cuantitativamente en los textos; más allá incluso, muchas veces de la representación consciente de lo que los propios científicos pensaban que decían al proponerlos como herramientas para comprender el mundo de una forma “objetiva”. El inconsciente histórico de las culturas habla en la ciencia tanto como en los demás sistemas de pensamiento teórico sobre el orden del cosmos, así como en la llamada “*lengua de los pájaros*”. (Sánchez Arteaga, 2008, 2007). La voz de la ciencia está cargada con todo el peso invisible de la política, de la economía y de los intereses — en sí mismos, irracionales, dado que ajenos a cualquier tipo de consideración lógica — que conforman la arquitectura social de la comunidad científica en cada momento histórico. Las ciencias aplicadas al ser humano hacen mucho más que “enunciar”, “describir”, o “denotar” cuando se refieren a algunos de nuestras creencias fundamentales sobre la naturaleza y sobre nuestro lugar en ella como especie, como si el lenguaje tecnocientífico contemporáneo fuera una clase particular de *lengua secreta* (Sánchez Arteaga 2008).

LA INTERPRETACIÓN/MANIPULACIÓN DE LA NATURALEZA Y LA EMOTIVIDAD OCULTA DE LA LÓGICA TECNOCIENTÍFICA

El significado de un concepto sólo puede definirse como un *orbital de significación indeterminable con exactitud*, abierto siempre a la *interpretación*. Pero ninguna interpretación de la naturaleza humana, en tanto que *actividad hermenéutica*, puede resultar “*exacta*” ni en ciencia ni en ningún otro lenguaje. Incluso

es lógicamente problemático afirmar cómo una *interpretación*, en el sentido denso de Geertz (2000), puede resultar “más exacta” que otra cualquiera — aunque contenga muchas más cifras, gráficas, y citas bibliográficas —, salvo si se admite que la idea misma de *exactitud* es un convenio colectivo modificable por quienes participan en la comunicación. Como bien saben quienes investigan la sociología de las emociones, “hablar de un agente puramente racional o puramente emocional es una abstracción que impide la comprensión del comportamiento individual y colectivo y de la acción social” (Turnaturi, 1995, 22). Por su parte, como los neurobiólogos reconocen y en su momento señaló Edward Wilson de forma provocadora:

“El biólogo, que está al tanto de la fisiología y de la historia evolutiva, se da cuenta de que la autoconciencia está constreñida y moldeada por los centros de control emocional en el hipotálamo y en el sistema límbico del cerebro. Estos centros inundan nuestra consciencia con todas las emociones —odio, amor, culpa, miedo, y otras (...). Este simple resultado de la biología debe ser empleado para explicar tanto a la ética como a los filósofos que se dedican a la ética, si es que no también a la epistemología y a los epistemólogos” (Wilson, 1975, 3).

Sin el reconocimiento de esa “emotividad socializada” en la *práctica* de la investigación sobre *el ser humano como objeto de estudio variable en cada periodo histórico*; sin una crítica histórica capaz de abarcar super-racionalmente todas las manifestaciones meta-lógicas, no enunciativas, emocionales, viscerales, mitológicas —y aquí quisiéramos decir *salvajes*-, de los textos científicos históricos sobre el ser humano producidos

por el primate humano a lo largo de su actividad social; sin un análisis capaz de relacionar la historia de los discursos científicos con la política, la estética, las “modas” y los *intereses* intelectuales (no necesariamente científicos, no necesariamente exactos, lógicos, empíricos, no necesariamente enunciados...) del animal humano, estos discursos técnicos no podrían ser entendidos *en su sentido amplio*, tal como fueron *puestos en circulación práctica* dentro de las redes de acción-comunicación en que surgieron. En realidad, la provocación lanzada a los epistemólogos por el biólogo Wilson había sido expresada casi un siglo antes con mucha más agresividad contra los filósofos por Nietzsche:

“¡Hay que ser filósofo, ser momia, representar el monótono teísmo con mímica de sepulturero! Sobre todo, hay que rechazar esa idea fija de los sentidos que es el cuerpo, sometido a todos los errores lógicos posibles, cuya existencia no sólo ha sido refutada, sino que resulta imposible, pese a que el muy insolente actúa como si fuera real...” (Nietzsche, 1998, 55-56).

La racionalidad de la ciencia en su sentido amplio no puede evaluarse limitándonos al análisis de sus peculiares metodologías o de la corrección de sus formalizaciones, ni puede basarse en los criterios de ningún sistema particular de lógica formal pretendidamente *a-histórico* y pretendidamente *a-biológico* dado que ninguno de esos criterios contribuye a aportar contenido al significado amplio que, en la práctica, los agentes tecnocientíficos pretenden aportar a sus acciones persiguiendo determinados fines, en sí mismo a-lógicos por naturaleza. El sentido amplio de cualquier *acto de comunicación* científica es, más bien, todo lo que escapa a lo formulable, en términos de la lógica formal, de

cuanto hay en el discurso. La lógica formal, a la hora del análisis hermenéutico de la racionalidad tecnocientífica, no es más útil de lo que pudiera ser una gran colección de tautologías altamente formalizadas, una especie de gran crucigrama de perogrulladas expresadas en terminología matemática. La lógica formal es un curioso artefacto que no dice nada de nada sobre el “significado amplio” de la ciencia real del ser humano, sobre el significado amplio de nuestra *salud*, de nuestra *ecología*, de nuestro *sexo*, de nuestra *raza*, de nuestra *genética*, de nuestro hambre, de nuestro miedo, de nuestro cuerpo, de nuestra *locura*, de *nuestros deseos*, de *nuestra esperanza*...

LA INTERPRETACIÓN SUPERRACIONAL DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA SOBRE LA NATURALEZA HUMANA

Cuando la ciencia reciente — por ejemplo, a través de la neurofisiología del pensamiento consciente y de la sociología del conocimiento — profundiza en el papel crucial que los patrones culturales y las creencias colectivas juegan en toda cognición, se alcanza una paradoja epistemológica difícil de resolver. En concreto, la aceptación de que *toda representación cognitiva lleva implícita, consciente o inconscientemente, una cierta carga emocional que a la vez tiene un carácter social y se incorpora en nuestras acciones físicas como primates humanos* parece desmoronar la coartada *retórica* del lenguaje que tradicionalmente consideramos científico, precisamente por su presunta esterilidad emotiva-subjetiva a la hora de hablar de nosotras mismas³. En cambio, vemos que la arquitectura conceptual de las teorías científicas, especialmente las aplicadas a comprender y manipular

la naturaleza de nuestra propia especie, responde a numerosos factores inconscientes colectivos, y su significado amplio se desdobra en múltiples dimensiones semánticas, algunas de ellas de alto contenido ideológico o emocional.

Al no tener en cuenta estos factores que operan y determinan el significado de la acción tecnocientífica en la práctica, toda forma de *lógica racionalista* rígidamente formal, antiemocional, apolínea, a-biológica, (*anti-erótica, antisilvaje...*) tendrá un valor extremadamente reducido para interpretar las *acciones comunicativas* del animal humano (entre ellas, las acciones comunicativas de las comunidades de especialistas científicos). Cuando, por ejemplo, un equipo de investigación describe *empíricamente* cualquier conjunto de rasgos de la naturaleza humana a través de una serie de conceptos técnicos, ha revestido sus capacidades cognitivas naturales, propias de los primates humanos, con todo un aparataje teórico-instrumental (sus herramientas lógicas, tecnológicas, matemáticas...) desarrollados a lo largo de la historia de la cultura y la tecnología. En ese sentido, *la propia percepción fisiológica de los fenómenos empíricos se realiza necesariamente a través de un cuerpo ya socializado y penetrado por la historia*. En este sentido decimos que la lógica de la investigación sobre la naturaleza humana es necesariamente una *lógica "emotivizada": la lógica erótica* del primate humano que, penetrado de tecnología, se sueña a sí mismo como Cyborg (Haraway, 1991). La percepción fisiológica de los fenómenos empíricos que se escogen para construir las metáforas científicas sobre la naturaleza humana se produce necesariamente en el interior de un cuerpo físico que ha sido penetrado por la historia. Y, como es sabido, la historia humana nada tiene que ver con lo que comúnmente llamamos lógica en el ámbito de la epistemología.

Por eso mismo, en realidad, todo acto de *comprensión teórica de la naturaleza* se sale de la lógica, desborda, *delira* (Bodei, 2002) en términos de lógica formal⁴. La comprensión del significado de los conceptos científicos sobre la naturaleza humana no es una excepción. Además, esto puede comprenderse también por otro motivo simple, dado que la *lógica formal* trata tan sólo de la *sintaxis de los significantes*, sin atender a los *significados*⁵.

Las mismas reglas de la sintaxis lógica no están sometidas a su vez a normas lógicas. En ese sentido, y en tanto que variables histórico-culturales, existe una analogía funcional entre los axiomas lógicos y los principios éticos *incuestionables* de cada grupo cultural. En palabras de David Bloor: “Estamos constreñidos en asuntos de lógica en el mismo sentido en que lo estamos para aceptar unas conductas como correctas y otras como erróneas, es decir, porque damos por supuesta cierta forma de vida. Wittgenstein lo expresó nítidamente en las *Observaciones*: “¿no ocurre así?, ¿Qué cuando uno cree que no puede ser de otra manera, saca conclusiones lógicas?” (Bloor, 2003, p. 208).

En definitiva, las normas de la lógica también se han transformado y se pueden seguir transformando en la historia. No hay espacio para hablar aquí del desarrollo de los diferentes sistemas de lógicas paraconsistentes a lo largo de la historia, desde el remoto origen de los sistemas de lógica jaina en la India —ligados íntimamente a una ética relativista no violenta— hasta las más modernas formas de lógica paraconsistente usados en ciertos sistemas de inteligencia artificial contemporáneos, como los teorizados por el brasileño matemático Newton da Costa (Da Costa, 1997). Por lo que aquí nos interesa, basta decir que la lógica empleada en las ciencias nunca ha sido única. La historia nos demuestra que los sistemas lógicos pueden transformarse

y evolucionar ellos mismos. En otra de sus obras, Wittgenstein sugirió –por medio de la parte *no dicha* – que nosotras mismas podemos transformarlos para hacer *otro mundo*:

“*Los límites de mi lenguaje* significan los límites de mi mundo.

La lógica llena el mundo; los límites de mi mundo son también sus límites.

No podemos, por consiguiente, decir en lógica: en el mundo hay esto y esto, aquello no. En efecto, esto presupondría, aparentemente, que excluimos ciertas posibilidades; y ello no puede ser el caso, porque de otro modo, la lógica tendría que rebasar los límites del mundo: si es que, efectivamente, pudiera contemplar tales límites también desde el otro lado” (Wittgenstein, 2003b, p. 77).

*

A nivel colectivo, la amplificación tecnológica de las capacidades de observación fenomenológica a lo largo de la historia científica no supone en ningún caso una diferencia cualitativa en cuanto al carácter social de la observación empírica, ni puede servir como garantía de la mayor objetividad en las explicaciones científicas ortodoxas – *socialmente más funcionales* – sobre la naturaleza de nuestra especie. A pesar de sus cada vez más sofisticados equipos tecnológicos, el *cuerpo socializado* de los participantes culturales en el proceso de la investigación científica, con sus intereses, sus deseos y sus temores superracionales (y no sólo el córtex cerebral del genio individual) proporciona el verdadero órgano de comprensión histórica para la ciencia.

La neurofisiología moderna y el estudio neurológico de la conciencia son coherentes con la idea de que la verdadera

sede del pensamiento consciente es todo el *cuerpo socialmente constituido*⁶, y no ningún *mundo* platónico-popperiano de la racionalidad, donde las teorías adquirirían su coherencia como por efecto *mágico* de los principios de la lógica formal. Por su parte, el descubrimiento del *carácter social de la estructura emocional de la conciencia* y el conocimiento ha dado lugar, en las últimas décadas, al desarrollo de la “Sociología de las emociones” (Turanturi, 1995) como toda una nueva disciplina académica. Y qué decir sobre el sentido neurofisiológico del papel absolutamente crucial que juegan las emociones en la formación de la conciencia individual, que anatómicamente se manifiesta en las complejÍsimas conexiones, desarrolladas a lo largo de la vida, entre el córtex cerebral y estructuras más profundas del encéfalo (DAMASIO, 1995, 1999). También recientemente, pero esta vez desde el punto de vista de la psiquiatría, se ha intentado romper con la idea de que la actividad cerebral que constituye la conciencia humana pueda separarse de los procesos neurológicos no corticales que determinan la sensación emocional consciente o inconsciente, pero en cualquier caso *informulable* en términos lógicos. A partir de su estudio sobre la esquizofrenia, Ciompi defiende que “podemos concebir la psique como un sistema doble, formado indivisiblemente por un polo afectivo y otro cognitivo que se estructuran en el curso del desarrollo con un proceso común [...]. Se puede identificar una estructura afectiva en la lógica y una estructura lógica en la afectividad o, lo que es igual, una ‘lógica afectiva’ en la que ambas evolucionan juntas hasta alcanzar una estructura unitaria” (Ciompi, 1994, 13; CIT. EN Bodei, 2002, p. 109. Por último, volviendo a la perspectiva de la filosofía del conocimiento, el papel emocional del cuerpo socializado en la formación cultural de los paradigmas colectivos

sobre la *realidad* fue anticipado con magistral precisión por Nietzsche, quien supo resumir en un párrafo genial el conjunto de los farragosos *escritos* lacanianos con toda la teoría *biopolítica* de Foucault:

“*El disfraz inconsciente de las necesidades fisiológicas bajo el manto de lo objetivo, ideal, puramente espiritual, va tan lejos que asusta, y no pocas veces me he preguntado si la filosofía [[¿y por qué no la ciencia?]] no habrá sido hasta ahora, hablando en general, lisa y llanamente una interpretación del cuerpo y un malentendido del cuerpo (...). Es lícito considerar siempre todos aquellos audaces delirios (...), de entrada como síntomas de determinados cuerpos; y aunque, medidas científicamente, semejantes afirmaciones del mundo o negaciones del mundo indiscriminadas no encierran ni pizca de significado, sí que dan al historiador y al psicólogo indicios tanto más valiosos, en calidad de síntomas, como he dicho, del cuerpo*” (Nietzsche, 2002, pp. 34-35) .

*

La lógica ortodoxa empleada por los equipos de investigación para poner en práctica la *circulación comunicativa* de sus ideas técnicas no presenta ninguna ventaja esencial, en términos de racionalidad, sobre otras formas de pensamiento o acción colectivas. El significado amplio de su arquitectura conceptual viene determinado de una forma histórica; la lógica que da sentido a su lenguaje especializado es una lógica supra-consciente y supra-individual, que varía a medida que cambian la tecnología y los grupos científicos hegemónicos y, con ellos, el imaginario colectivo de las sociedades modernas. Si fuera absolutamente

necesario aceptar que, *en muchos casos*, el *progreso* — desde nuestro horizonte de comprensión histórico — constituye el patrón de la historia de los paradigmas científicos sobre nuestra *naturaleza*, entonces se haría necesario — en aras de la honestidad intelectual — reconocer que, con la misma frecuencia, esos cambios históricos, enmarcados dentro de matrices conceptuales de origen mitológico, se ajustan a un patrón de *progreso delirante en términos prácticos*:

“La esquizofrenia y el delirio surgen cuando los sistemas lógico-afectivos (no sólo el lógico o el afectivo por separado) organizados en el curso de la vida (...) se desorganizan de un modo lábil y confuso y se ven obligados a buscar nuevos equilibrios: *el delirio es la reorganización, a otro nivel, de la desorganización de un sistema normal*” (Bodei, 2002, 109).

En algunos casos, de acuerdo con la historia, una cierta *esquizofrenia científica colectiva* parece haber caracterizado — mucho mejor que la idea tradicional del progreso — determinados cambios de *paradigmas* en torno a la verdadera naturaleza humana. La historia de la descripción tecnocientífica ortodoxa de nuestra especie puede interpretarse en parte como un catálogo de autorretratos delirantes del *hombre blanco burgués* – no menos fascinantes, eso sí, que los del loco Van Gogh...

En cualquier caso, el delirio científico colectivo sobre nuestra especie, como hecho histórico, no tiene por que ser negativo ni positivo de un modo absoluto. Quizá alguna nueva forma de *mitología sostenible* sea la mejor terapia de urgencia que podamos aplicar a una sociedad regida, en tantas ocasiones, por paradigmas lógico-afectivos conducentes a la autodestrucción. Sólo el fomento incesante de una educación para la crítica frente a

la tecnociencia contemporánea puede capacitar a la sociedad para ejercer un uso justo y responsable, *verdaderamente democrático*, del conocimiento. El horizonte de comprensión contemporáneo del orden de la naturaleza es tan limitado como cualquier otro en términos lógicos, metodológicos e históricos⁷, pero su capacidad tecnológica para ejercer la destrucción ha adquirido unos caracteres inauditos. De ahí que, en este periodo no pueda obviarse la enorme responsabilidad social de la tecnociencia contemporánea. Ninguna forma de investigación científica puede presentarse, bajo la coartada de la *objetividad* enunciativa-descriptiva o del *rigor metodológico*, o de la pretendida *exactitud* de sus enunciados, como una necesidad inexcusable de *la lógica* (¿de quiénes?). La lógica y la racionalidad de la ciencia y la tecnología no pueden servirnos como excusa para ninguna forma de dominación violenta o para emprender investigaciones extremadamente arriesgadas para la comunidad o para los ecosistemas, y cuyos beneficios son particulares. De ahí la urgente necesidad de desvincular la tecnociencia de la industria militar, y de aplicar el principio de prudencia en determinados campos de investigación que presentan riesgos imponderables para la ecología y la salud de la especie y del planeta en conjunto.

*

La ciencia es sólo la transcripción histórica del fascinante diálogo entre los primates humanos acerca del sentido del mundo →

La ciencia es literatura → es arte → es estética →

La ciencia es tradición → es social → es política →

La ciencia es histórica → es proceso → es filosofía →
No hay ciencias naturales, más allá de la propia naturaleza
(animal y social) de la humanidad →

Sólo hay ciencias humanas; demasiado humanas →
demasiado... primates.

Por último, y por lo que respecta a las implicaciones prácticas concretas del principio de prudencia en la investigación, junto a las conclusiones que cada uno saque de su lectura, me remito a la parte no dicha de este trabajo....

NOTAS

¹Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Autónoma de Madrid, Pesquisador visitante y profesor del programa de postgraduación en historia, filosofía e historia de la ciencia en la UFBA/UEFS (juanma.sanchez.artega@gmail.com)

²Carta de Marx a Lasalle (28-2-1858) acerca del estilo empleado en su *Contribución a la crítica de la ideología política*.

³Nota do Editor: registre-se que a grafia “nosotras mismas” não resulta de erro de digitação não detectado pelos revisores de **Ideação**; trata-se de opção redacional do autor que a Revista quis respeitar.

⁴HABERMAS (2003), sostiene lo mismo en su teoría de la acción comunicativa, situando el análisis de la *racionalidad* en múltiples dimensiones de comprensibilidad semántica dentro de cada acto de comunicación particular. Según Habermas, un conjunto de individuos “se comporta *por lo general* racionalmente, si cabe esperar sistemáticamente que sus manifestaciones vengán avaladas por buenas razones y que sus manifestaciones sean correctas o tengan éxito si se trata de la *dimensión cognitiva*, sean fiables o sapientes si se trata de la *dimensión práctico-moral*, sean sinceras o autocríticas si se

trata de la *dimensión expresiva*, sean comprensivas si se trata de la *dimensión hermenéutica*, e incluso *que sean racionales en todas esas dimensiones*"; cf. HABERMAS (2003), I, p. 70. Lo cierto es que, a lo largo de su argumentación posterior, Habermas reduce – quizá por simplificar la explicación – su análisis de la racionalidad a un espacio de tres coordenadas, al que llega por un “análisis del enfoque semántico de las formas de enunciados”, y que estaría constituido por las tres formas de oraciones “descriptivas”, “normativas” y “evaluativas” (vol. I., p.64).

⁵En lo que sigue, adopto la clásica terminología de la lingüística y la semiología estructural. Como se sabe, la ciencia fundada por Ferdinand de Saussure postula que todo signo se constituye como la relación de equivalencia entre un significante y un significado. Por ejemplo, en un signo lingüístico (una palabra), el *significante* es la imagen acústica o visual, de orden psicofísico o fenoménico, que se relaciona con el *significado* (p. ej. con un concepto cualquiera). La palabra, finalmente, constituye el *signo* en sí, en el que se relaciona el concepto con la imagen que lo transporta, cf SAUSSURE (1992), pp. 87-90. Por supuesto, existe toda una infinidad de signos, además de los lingüísticos, pero en todos los casos, el significante es, por así decir, un “hueco” de la materia que requiere ser fecundado de sentido (un vehículo en el que se puede o no dar acomodo a diferentes viajeros), mientras que el signo está siempre preñado con un significado que ha sido convenido de forma social o de forma individual (en la creencia privada, íntima, personal o grupal). Por otro lado, conviene recordar que el significado de los signos puede desdoblarse en diferentes niveles de significación (en distintos *niveles semiológicos*), y que estos pueden afectar tanto a la conciencia como a lo inconsciente (ej. la publicidad subliminal), cf. Roland Barthes, “El mito, hoy”, reproducido en BARTHES (1980), pp.197-257.

⁶Sobre el sentido neurofisiológico del papel absolutamente crucial que juegan las emociones en la formación de la conciencia individual, que anatómicamente se manifiesta en las complejísimas conexiones, desarrolladas a lo largo de la vida, entre el córtex cerebral y estructuras más profundas del encéfalo, Cf. DAMASIO, A. R. (1995), *Descartes error: emotion, reason, and the human brain*, Avon books, New York; DAMASIO, A. R. (1999), *The feeling of what happens : body and emotion in the making of consciousness*, New York, Harcourt Brace. También desde un punto de vista biológico, nos vienen de perilla las palabras

de Edward O. Wilson, padre de la Sociobiología: “El biólogo, que está al tanto de la fisiología y de la historia evolutiva, se da cuenta de que la autoconciencia está constreñida y moldeada por los centros de control emocional en el hipotálamo y en el sistema límbico del cerebro. Estos centros inundan nuestra consciencia con todas las emociones –odio, amor, culpa, miedo, y otras- que son examinadas por los filósofos de la ética para deducir los estándares del bien y el mal (...). Este simple resultado de la biología debe ser empleado para explicar tanto a la ética como a los filósofos que se dedican a la ética, si es que no también a la epistemología y a los epistemólogos”. WILSON WILSON, EDWARD O. (1975) *Sociobiology: The new Synthesis*, Cambridge, Harvard Univ. Press, p. 3. Citado en RUSE (1999), p. 176.

⁷En palabras del filósofo Roger GARAUDY (1977), p. 33: “Occidente es un accidente”.

REFERÊNCIAS

AA.VV., *Ciencia y Brujería*, pp. 31-73, Barcelona, Anagrama, 1991.

BAKHTIN, M. M. *Problems of Dostoevsky's Poetics*. Minneapolis: University of Minnesota Press. 1984.

BARTHES, ROLAND. *Mitologías*. Buenos Aires: Siglo XXI editores, 1980.

BLOOR, DAVID, *Conocimiento e imaginario social*. Barcelona: Gedisa, 2003.

BODEI, REMO. *Las lógicas del delirio. Razón, afectos, locura*,

Madrid, Cátedra, 2002.

CIOMPI, L. *Logica affettiva. Una ricerca sulla schizofrenia*, Feltrinelli, Milano, 1994.

DA COSTA, NEWTON , *Logiques Classiques et Non-Classiques*, Paris, Masson, 1997.

DAMASIO, A. R. *Descartes error: emotion, reason, and the human brain*, New York; Avon books, 1995.

DAMASIO, A. R. *The feeling of what happens : body and emotion in the making of consciousness*, New York, Harcourt Brace, 1999.

DASTON, L. and GALLISON, P. *Objectivity*. Massachusets: MIT Press, 2007.

DOUGLAS, MARY. *Brujería: el estado actual de la cuestión*. In AA.VV., *Ciencia y Brujería*, pp. 31-73, Barcelona, Anagrama, 1991.

EVANS-PRITCHARD. *Witchcraft, Oracles and Magic among the Azande*. Clarendon Press, 1937

EVANS-PRITCHARD. *Theories of Primitive Religion*. Oxford: Oxford University Press, 1965.

GADAMER, HANS-GEORG. *Verdad y método*. Salamanca: Ediciones Sígueme, 2 vols, 2003.

GARAUDY, ROGER. *Diálogo de civilizaciones*, Madrid,

Cuadernos para el diálogo. 1977.

GARFINKEL, HAROLD. *Studies in Ethnomethodology*, Prentice-Hall, 1967.

GEERTZ, CLIFFORD. *La interpretación de las culturas*, Barcelona, Gedisa, 2000.

GIOBELLINA BRUMANA, F. *Soñando con los dogón. En los orígenes de la etnografía francesa*. Madrid: CSIC, 2005.

GOODY, JACK. *La domesticación del pensamiento salvaje*. Akal: Madrid, 1985.

HABERMAS, JÜRGEN. *Teoría de la acción comunicativa*. Madrid: Taurus, 2 vols, 2003.

HARAWAY, DONNA J. *Ciencia, cyborgs y mujeres. La reinención de la naturaleza*, Madrid, Ediciones Cátedra-Universidad de Valencia-Instituto de la mujer, 1991.

HEIDEGGER, MARTIN. *Filosofía, ciencia y técnica*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria, 2007.

HORTON, ROBIN. *Patterns of thought in Africa and the West. Essays on magic, religion and science*. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 1993.

LATOUR, BRUNO y WOOLGAR, STEVE. *La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos*. Madrid:

Alianza Universidad, 1995.

LÉVI-STRAUSS, CLAUDE. *Antropología estructural*. Barcelona Paidós, 1987.

LEVINAS, EMANUEL. *Altérité et transcendance*, introduit par Pierre Hayat, Montpellier : Fata Morgana, 1995.

MACKINNON, GREGORY; KEPPELL, MIKE. "Concept Mapping: A Unique Means for Negotiating Meaning in Professional Studies". In: *Jl. of Educational Multimedia and Hypermedia*, 14,3, 2005, pp. 291-315

MARX, C. *Contribución a la crítica de la ideología política*, Madrid: Alberto Corazón ed., 1979.

MORIN, EDGARD. *El método, 2. La vida de la vida*. Madrid: Cátedra, 2009.

NIETZSCHE, FRIEDRICH. *El ocaso de los ídolos*, Madrid: Edimat, 1998.

NIETZSCHE, F. *La gaya ciencia*, Madrid, Edaf, 2002.

ORTONY, ANDREW (ed) *Metaphor and Thought*. Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

POLANYI, M. *The tacit dimension*. London: Routledge and Kegan Paul, 1967

POPPER, KARL, "Natural selection and the emergence of mind".

In: *Dialectica* 32, 1978, 339-355.

SÁNCHEZ ARTEAGA, JM . “El lugar del mythos en la ciencia moderna: una crítica a la idea neopositivista de “progreso racional” en la historia de las revoluciones científicas”. In: *Observaciones Filosóficas*, 2007. Accesible en: <http://www.observacionesfilosoficas.net/ellugardelmythos.html>

SÁNCHEZ ARTEAGA, JM. “La racionalidad delirante: el racismo científico en la segunda mitad del siglo XIX”. In: *Revista de la Asociación Española de Neuropsiquiatría*. VOL 27, NO 100, 2007b, p. 383-389.

SÁNCHEZ ARTEAGA, JM. “El Lenguaje Tecnocientífico como ‘lengua secreta’: hacia una hermenéutica superracional de la descripción científica de lo real”. In: *Observaciones Filosóficas*, 2008. Accesible en: <http://www.observacionesfilosoficas.net/ellenguajetecnocientifico.htm>

SAUSSURE, FERDINAND DE *Curso de lingüística general*, Madrid: Alianza editorial. 1992.

SCHOPENHAUER, ARTHUR. *El arte de tener razón, expuesto en 38 estratagemas*. Madrid: Alianza editorial, 2002.

SEARLE, John. *Speech Acts*, Cambridge: Cambridge University Press 1969.

TURNATURI, G. (ed.). *La sociologia delle emozioni*. Milano: Anabasi, 1995.

WHITEHEAD, A.N. *La función de la razón*, Madrid: Tecnos,

2003.

WILSON, E.O. *Sociobiology: The new Synthesis*. Cambridge, Harvard Univ. Press, 1975.

WITTGENSTEIN, L. *Tractatus logico-philosophicus*. Madrid: Alianza Editorial, 2003a.

WITTGENSTEIN, L. *Sobre la certeza*. Barcelona: Gedisa, 2003b.

NORMAS EDITORIAIS

POLÍTICA EDITORIAL

A Revista IDEACÇÃO, do Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia, é uma publicação semestral que, com o apoio da editora da Universidade Estadual de Feira de Santana, publica textos originais de Filosofia, ou de abordagem ou relevância filosófica, na forma de artigos, traduções, resenhas ou entrevistas. Além de seu formato impresso, a Revista também é publicada na versão on-line, permitindo o seu livre acesso imediato e gratuito.

INFORMAÇÕES AOS AUTORES

Submissão dos trabalhos: São aceitos trabalhos redigidos em Português, Francês, Espanhol e Inglês. A extensão de traduções, resenhas e entrevistas pode variar conforme acordo prévio com a equipe editorial. Os artigos devem ter extensão máxima de 50.000 caracteres com espaço (extensão média de 18 páginas), contando com notas e referências. Todos os trabalhos devem ser encaminhados em versão Word 97-2003, editados com fonte Times New Roman, tamanho 12, espaçamento entre linhas 1.5, sem espaçamento entre parágrafos, sem paginação. Os trabalhos devem ser enviados para nef@uefs.br, acompanhados de ofício do autor no qual este solicita aos editores a publicação de seu texto na Revista. O artigo deve seguir a seguinte seqüência: título; nome, seguido de nota de rodapé com vínculo acadêmico/profissional e endereço eletrônico; resumo, de no máximo 200 palavras; até 5 palavras-chave; abstract; até 5 keywords; texto; referências.

Formatação dos textos: As citações com mais de 3 linhas são destacadas do corpo do texto, com recuo esquerdo de 4.0 cm, espaçamento entre linhas simples, fonte: Times New Roman, tamanho 10. A primeira menção de uma obra no texto deve vir seguida do ano da edição utilizada, tal como constará nas referências. As referências de citações devem ser apresentadas no corpo do texto e seguir o modelo “AUTOR, data, página”. As notas de rodapé devem ser exclusivamente explicativas, e não de referências, e seu uso deve ser evitado ao máximo. Quando houver citação em nota de rodapé, ela também deve seguir o modelo “AUTOR, data, página”. O uso do itálico deve se restringir a nomes de obras e palavras estrangeiras e, muito excepcionalmente, ser usado para ênfase. As referências finais, dispostas em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor, editadas sem parágrafo, com espaçamento simples na mesma referência e duplo entre referências, devem obedecer à seqüência a seguir, conforme o caso:

— Livros

SOBRENOME, Iniciais dos primeiros nomes. *Título*. Cidade: Editora, Ano da edição utilizada.

— Artigos em Periódicos

SOBRENOME, Iniciais dos primeiros nomes. Título. In: *Título do Periódico*. Cidade, volume, número, período e ano, páginas.

— Coletâneas e capítulos de livros

SOBRENOME, Iniciais dos primeiros nomes (do autor). Título. In: SOBRENOME(S) e NOME(S) ABREVIADO(S) DO(S) ORGANIZADOR(ES). *Título do Livro*. Cidade: Editora, Ano da edição utilizada, páginas.

Sistema “duplo-cego” de pareceristas: Assim que os trabalhos são recebidos pelos editores, são encaminhados ao Comitê executivo, responsável por avaliar se os textos se adéquam ao escopo da Revista. Feita esta primeira avaliação, sendo deferidos os trabalhos, estes são encaminhados a dois pareceristas, conforme o sistema “duplo-cego”: nem os pareceristas são informados sobre os nomes dos autores, nem estes sobre os nomes daqueles. Os pareceres podem: aprovar o trabalho; não aprová-lo; aprová-lo com a condição de que modificações sejam nele realizadas. Neste último caso, o trabalho volta ao autor que, por sua vez, terá um pequeno prazo para proceder às correções.

Revisão: Após o envio da versão final do trabalho, este ainda passará pela equipe revisora da Revista, que indicará eventuais incorreções técnicas, gramaticais ou de conformidade às normas de formatação do texto.

Autoria: Todo o conteúdo dos trabalhos, incluindo referências, citações, imagens, gráficos e demais dados publicados, são de exclusiva responsabilidade dos autores e não refletem as opiniões da equipe editorial da Revista.

EDITORIAL GUIDELINES

EDITORIAL POLICY

IDEAÇÃO is a biannual journal from the Núcleo Interdisciplinar de Estudos e Pesquisas em Filosofia that publishes, with the support of the Universidade Estadual de Feira de Santana Press, original works on philosophy, or with philosophical approach or relevance as articles, translations, reviews or interviews. The journal is published in its printed version as well as in its online version, allowing open, immediate and free access to its content.

INFORMATION TO AUTHORS

Papers submissions: The journal welcomes submissions in Portuguese, French, Spanish and English. Papers must not exceed 50.000 characters with space (about 18 pages), footnotes and bibliographical references considered. All papers must be submitted in Word 97-2003 format. The body of the paper is to be edited in Times New Roman 12, 1,5 line spacing, 6 pt paragraph spacing and no pagination. Papers should be sent to nef@uefs.br with a publishing request letter. The paper is to be composed in the following order: title; author's name followed by a footnote with academic / professional ties and e-mail; an abstract no longer than 200 words; up to 5 keywords; title in Portuguese; an abstract no longer than 200 words in Portuguese; up to 5 keywords in Portuguese; text; bibliography.

Papers formatting: Citations longer than 3 lines must be detached from the body of the text with a 4.0 cm left page margin, simple line spacing, font Times New Roman 10. The first mention of a

bibliographical reference is to be followed by the used edition's publishing year, such as in the bibliography. Citations' references should be presented in the body of the text by the author-date call system. Footnotes must be exclusively explanatory, not bibliographical, and their usage restricted to the minimum necessary. Citations in footnotes must follow the author-date call system. Italics should be restricted to titles of works cited and foreign words and, exceptionally, to emphasis. Bibliographical references, at the end of the paper, are to be disposed alphabetically by authors surnames, edited with default 3,0 left page margin, with single spacing per reference and 12 pt paragraph spacing between references. They must also obey the following sequence, as appropriate:

- Books

SURNAME, personal name initials. *Title*. City: Publisher, publishing year of the used edition.

- Journal Article

SURNAME, personal name initials. Title. In: *Journal Title*. City, volume, number, period and year, pages.

- Chapters in books

SURNAME, personal name initials (author). Title. In: SURNAME(S), personal name(s) initials (organizer[s]). *Book Title*. City: Publisher, publishing year of the used edition, pages.

Double blind review system: When the editors receive the papers, they are submitted to the Executive Committee, responsible for assessing whether or not a text is adequate to the scope of the journal. After this first evaluation, if the papers are accepted,

they are forwarded to two consultants, according to the double blind peer-review system: the consultants are not informed of the authors' identities, nor the authors are aware of the consultants' names. The peer-reviews may: approve the paper; do not approve it; approve it on the condition that it suffers revision. In the latter case, the paper returns to the author, who will have a short deadline to make the corrections.

Revision: After the paper's final version is submitted, it will still be sent to our revision team, which will indicate eventual technical mistakes, whether grammatical or of disagreement to our editorial guidelines.

Authorship: All papers' contents, including references, citations, images, graphics and other published data are of the authors' exclusive responsibility and do not reflect the Journal's editorial team's opinions.

SUMMARY

PRESENTATION

Julio Vasconcelos	9
-------------------------	---

ARTICLES

HOW TO BUILD A CAUSALLY POSSIBLE WORLD?

Osvaldo Pessoa Jr.	13
-------------------------	----

KUHN AND THE DIMENSIONS OF THE INCOMMENSURABILITY

Robinson Guitarrari Caetano Ernesto Plastino	31
-------------------------------------------------------	----

ASPECTS OF POPPER'S SOLUTION TO THE DEMARCATION PROBLEM

Juliana Barbosa Brito	63
-----------------------------	----

A BRIEF DISCUSSION ON SOME PATHS OF PHYSICS

Aurino Ribeiro Filho	79
----------------------------	----

THE THEORY OF MATTER AND THE COSMOLOGICAL HYPOTHESES OF DESCARTES

Claudemir Roque Tossato Paulo Tadeu da Silva	121
-------------------------------------------------------	-----

ARISTOTLE'S COSMOS TO NEWTON'S WORLD-MACHINE: THE METAPHYSICAL FOUNDATIONS OF MODERN SCIENCE

Filicio Mulinari	147
------------------------	-----

ROBERT BOYLE IN THE CONTEXT OF THE TRANSITION TO MODERN SCIENCE: ELEMENTS FOR A SOCIO-HISTORICAL ANALYSIS

Bárbara Carine Pinheiro da Anunciação

Hélio da Silva Messeder Neto

Edilson Fortuna 165

TECHNOSCIENCE AND UNCERTAINTY: SOME PRELIMINARY CONSIDERATIONS AS A SUPPORT FOR THE PRINCIPLE OF PRUDENCE IN SCIENTIFIC RESEARCH

Juanma Sánchez Arteaga 193

EDITORIAL GUIDELINES

Ano 2014 225