

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas
Programa de Pós-graduação do Departamento de Filosofia

CRYSMAN DUTRA SANTOS

DO REALISMO TEÓRICO AO REALISMO DE ENTIDADES: Karl
Popper e Ian Hacking

Belo Horizonte
2022

CRYSMAN DUTRA SANTOS

**DO REALISMO TEÓRICO AO REALISMO DE ENTIDADES: Karl
Popper e Ian Hacking**

Dissertação apresentada ao programa de Pós-Graduação em Filosofia da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Filosofia.

Linha de pesquisa: Lógica, ciência, mente e linguagem

Orientador: Prof. Dr. Túlio Roberto Xavier de Aguiar

Belo Horizonte
2022

100 Santos, Crysman Dutra.
S237d Do realismo teórico ao realismo de entidades
2022 [manuscrito]: Karl Popper e Ian Hacking / Crysman Dutra
Santos. - 2022.

125 f.

Orientador: Túlio Roberto Xavier de Aguiar.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas
Gerais, Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas.

Inclui bibliografia

1.Filosofia - Teses. 2.Popper, Karl R. (Karl Raimund),
1902-1994. 3.Hacking, Ian. 4.Ciência – Filosofia - Teses.
I. Aguiar, Túlio Roberto Xavier . II. Universidade Federal de
Minas Gerais. Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas.
III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FILOSOFIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

DO REALISMO TEÓRICO AO REALISMO DE ENTIDADES: KARL POPPER E IAN HACKING

CRYSMAN DUTRA DOS SANTOS

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Filosofia, como requisito para obtenção do grau de Mestre em FILOSOFIA, área de concentração FILOSOFIA, linha de pesquisa Lógica, Ciência, Mente e Linguagem.

Aprovada em 17 de maio de 2022, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Túlio Roberto Xavier Aguiar - Orientador (UFMG)

Prof. Mauro Lucio Leitão Condé (UFMG)

Prof. Guilherme Araújo Cardoso (UFMG)

Belo Horizonte, 17 de maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Túlio Roberto Xavier de Aguiar, Professor do Magistério Superior**, em 18/05/2022, às 10:33, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mauro Lucio Leitão Conde, Professor do Magistério Superior**, em 18/05/2022, às 11:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme Araújo Cardoso, Usuário Externo**, em 18/05/2022, às 16:41, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador 1441335 e o código CRC 50BE9354.

Ao meu sogro Adail Cunha de Magalhães (1962-2022), covardemente atropelado.

AGRADECIMENTOS

Ao estimado orientador Túlio Xavier de Aguiar, pela confiança, paciência e, acima de tudo, por contribuir para o amadurecimento deste trabalho ainda em seu estágio embrionário, pois a sua oportuna indicação da leitura de Hacking foi decisiva.

À minha noiva Dayanne, por me incentivar e apoiar em todos os momentos, mesmo nos mais obscuros.

Aos meus pais, Sandra e Carlos; aos meus sogros; tios e tias, primos e primas; à memória dos meus avós maternos Maria e Antônio Dutra.

Aos meus amigos Felipe Lima, pela amizade de longa data; José Carlos Santanna, pelo apoio e Tiago Oliveira, pela indicação de artigos sobre o realismo de entidades e seus valiosos auxílios.

Aos meus alunos do Colégio Neuza Dutra e da Escola Estadual Padre João Botelho, pelos momentos de descontração.

Ao departamento de Filosofia da UFMG.

RESUMO

A dissertação a seguir tem como objetivo empreender uma análise do realismo científico, tendo como referência o realismo teórico de Popper, que visava combater a postura instrumentalista de Osiander, Berkeley e seus sucessores proponentes da mecânica quântica e do positivismo lógico; e o realismo de entidades de Hacking, núcleo da proposta final deste trabalho. Inicialmente, vamos descrever as origens da discussão que envolve o problema do realismo científico e o antirrealismo instrumentalista mediante as principais teorias da ciência moderna do século XVII, tais como o sistema astronômico de Copérnico, as leis do movimento de Galileu e a mecânica de Newton. No segundo capítulo, a discussão será aprofundada de um ponto de vista mais filosófico à luz de Popper (1963), que mostrará as fraquezas e os aspectos eficientes do instrumentalismo, elaborando uma doutrina epistemológica denominada de essencialismo modificado, um realismo científico desprovido do comprometimento com teorias finais e conclusivas, assumindo que as teorias científicas são conjecturais e provisórias. Popper (1972) incorporou a teoria da verdade de Tarski (1944) e implementou a noção de verossimilhança para falar acerca da aproximação de verdade das teorias científicas. Entretanto, conforme veremos, esse projeto foi refutado. Na sequência será formulada uma separação entre o realismo teórico, centrado na verdade das teorias e o realismo de entidades, pautado na experimentação regular de entidades inobserváveis a fim de interferir na natureza, em concordância com a perspectiva do filósofo Ian Hacking que no livro *Representing and Intervening* (1983), justifica o realismo científico por intermédio das entidades inobserváveis cujo poder de manipulação fornece a melhor evidência para argumentar em prol do realismo científico. Visualizaremos com maior ênfase as ideias que norteiam a posição de Hacking e as suas vulnerabilidades a partir das críticas que ela recebeu, para finalmente assumi-la como uma ideia vantajosa para o realismo científico de modo geral.

Palavras-chave: Realismo científico; instrumentalismo; realismo teórico; realismo de entidades, Popper; Hacking.

ABSTRACT

The following dissertation aims to undertake an analysis of scientific realism, having as reference Popper's theoretical realism, which aims to combat the instrumental stance of Osiander, Berkeley and their successors, proponents of quantum mechanics and quantum positivism; and the realism of Hacking entities, core of the final proposal of this work. Initially, we will describe the origins of the discussion involving the problem of scientific realism and instrumentalist anti-realism through the main theories of 17th century science, such as the modern Copernican astronomical system, Galileo's laws of motion and Newton's mechanics. In the chapter, a discussion will be elaborated on aspects from a more philosophical scientific point of view in the light of Popper (1963), which will show as instrumental weaknesses, an epistemological one called a modified problem, an essential realism devoid of commitment to final and conclusive theories, assumed that as scientific theories are conjecture and provisional. Popper (1972) incorporated Tarski's (1944) theory of truth and implemented a notion of verisimilitude to talk about the approximation of the truth of scientific theories. However, as shown, this project was refuted. The formula for the sequence will be a separation between theoretical realism, centered on the truth of theories, and entity realism, based on the regular experimentation of unobservable entities in nature, in accordance with the philosopher's perspective, that is, Hacking who in the book *Representing and Intervening* (1983), scientific realism through the unobservables whose power of manipulation forms the best idea to argue for scientific realism. We are more emphasizing how they guide Hacking's position and how her vulnerabilities from the criticisms she received, to finally as a win-win idea for scientific realism in general.

Keywords: Scientific realism; instrumentalism; theoretical realism; realism of entities, Popper; Hacking.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
1 A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA	15
1.1 A cosmologia aristotélica.....	15
1.1.2 As quatro causas	16
1.1.3 Teleologia.....	17
1.1.4 A física e a astronomia	17
1.1.4.1 A física aristotélica.....	18
1.1.4.2 A astronomia de Aristóteles.....	19
1.1.5 A divisão das ciências na perspectiva de Aristóteles	20
1.2 Os métodos da ciência moderna	21
1.2.1 Francis Bacon e a tradição experimental	22
1.2.2 O homem contemplativo versus homem ativo	26
1.2.3 A Matematização da Natureza	31
1.3 A Revolução Copernicana.....	34
1.4 Galileu.....	38
1.4.1 O advento de um novo repertório de leis do movimento.....	41
1.4.2 A condenação de Galileu	45
1.5 Newton: Do universo teleológico ao universo mecânico.....	49
2 O DEBATE FILOSÓFICO ACERCA DOS PONTOS DE VISTA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO	52
2.1 O Essencialismo ingênuo.....	53
2.2 O Instrumentalismo.....	58
2.3 O Essencialismo Modificado: A resposta de Popper perante as doutrinas essencialista e instrumentalista	67
2.3.1 Verossimilhança.....	72
2.3.2 O declínio da Verossimilhança	79
3 O REALISMO DE ENTIDADES DE IAN HACKING: UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA AO REALISMO TRADICIONAL	83
3.1 O Realismo	84
3.2 Ian Hacking e a assunção do realismo de entidades.....	89
3.2.1 Realismo de entidades: um realismo experimental	97
3.2.2 A teoria causal da referência	105
3.3 O realismo de entidades é, de fato, promissor?.....	109

CONCLUSÃO	118
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	120

INTRODUÇÃO

O debate sobre o realismo e o antirrealismo integrou parte substancial dos problemas filosóficos desde os primórdios. Ele esteve presente nas ideias platônicas e no nominalismo medieval, por exemplo. Mas veio a se intensificar após as controvérsias ocasionadas pela publicação do sistema heliocêntrico de Copérnico e a subsequente interpretação realista de Galileu, o que veio a assumir uma nova modalidade de realismo – o realismo científico, que segundo Chakravartty (2021, p. 96) consiste em uma “atitude epistêmica positiva em relação ao conteúdo de nossas melhores teorias e modelos, recomendando a crença tanto nos aspectos observáveis quanto nos inobserváveis descrito pelas ciências”. O realismo científico, além do mais, acarreta um conjunto de compromissos metafísicos, epistemológicos e semânticos. Como a filosofia da ciência se dedica a examinar a natureza do conhecimento científico praticamente todos os debates da sua alçada estão, de alguma forma, contaminados por questões que estão associadas ao realismo ou ao antirrealismo científico.

De um ponto de vista do realismo científico, muitas perspectivas foram levadas em consideração. Algumas abordagens caracterizaram o realismo científico em termos de verdade ou verdade aproximada, ao passo que outras tenderam a enfatizar a referência bem-sucedida com relação aos termos teóricos postulados pelas teorias. O primeiro aspecto diz respeito, em especial às aspirações epistêmicas da investigação científica (POPPER, 1996). Por sua vez, a abordagem em termos de referência tem em Putnam um dos seus maiores expoentes, e se coaduna com a dimensão semântica do realismo. Em sentido genérico, o realismo científico constitui uma posição na qual as melhores teorias científicas são capazes de descrever as leis, as entidades, as propriedades e os fenômenos que governam a natureza. Atualmente existem três versões mais comuns do realismo científico: o realismo explanacionista (o realismo teórico), o realismo de entidades e o realismo estrutural. A primeira e o segunda variação do realismo científico ocuparão este trabalho. Psillos (2000) fornece uma imagem mais abrangente acerca da variedade de posições subjacentes ao realismo científico, que ultrapassam em números e características das três espécies relatadas por Chakravartty (2021).

Os antirrealistas, os tradicionais opositores dos realistas, endossam justamente o contrário. A ideia básica do antirrealismo gira em torno de assumir que os termos inobserváveis não carregam nenhum significado literal, não são aspirantes à verdade e, mais consensualmente, as teorias científicas que exprimem conceitos e descrições inobserváveis não são nada mais que instrumentos, cuja função é a predição e sistematização dos fenômenos observáveis. Geralmente eles estão associados à doutrina epistemológica do empirismo metodológico, que

privilegia os aspectos verificáveis do mundo e a negação de que teorias científicas que operam com aspectos inobserváveis sejam, de fato, candidatas à verdade ou falsidade.

Conforme veremos, o empirismo não é um fator exclusivo do antirrealismo. Popper e Hacking, autores filiados ao realismo científico, frequentemente fazem aceno ao papel desempenhado pelo escrutínio empírico em promover o sucesso da prática científica, porém, a função do empirismo aqui não serve como critério de realidade para discriminar entre observáveis e inobserváveis. O empirismo, na opinião deles, atua como uma condição necessária da atitude científica que, no caso de Popper, implica na exigência de testabilidade das teorias das ciências empíricas e, no caso de Hacking, na habilidade de manipulação e intervenção nos fenômenos e processos da natureza. Recentemente, o filósofo holandês Van Fraassen procurou defender uma posição antirrealista em relação às epistemologias científicas, porém, optou por favorecer uma semântica literal. Sua posição é denominada de “empirismo construtivo”. No entanto, suas ideias não serão examinadas neste trabalho. O escopo deste trabalho versará sobre o realismo científico e, em específico, no realismo teórico e no realismo de entidades em si mesmos.

O filósofo canadense Ian Hacking substituiu o eixo do problema do realismo científico. No lugar do realismo teórico, centrado na verdade, racionalidade, amplitude e justificação das teorias científicas, Hacking opta por avaliar a prática experimental das ciências naturais e na sua respectiva interação causal com entidades inobserváveis que, em sua opinião, é onde reside a evidência mais forte em favor do realismo científico. Ele sustenta que a manipulação e experimentação regular de certas entidades inobserváveis – seu exemplo icônico é o elétron, mas vale igualmente para genes, neutrinos, proteínas etc. – usando-as como ferramentas para interferir na natureza oferecem direito para a crença na existência de tais entidades. Por conta disso, o realismo científico de Hacking é denominado de realismo de entidades. Nancy Cartwright defendeu uma versão fenomenológica do realismo de entidades, entretanto, os seus aspectos principais serão omitidos no intuito de que o realismo de entidades seja examinado à luz das ideias de Hacking.

Chakravartty diz que o realismo de entidades consiste em uma forma de ceticismo seletivo. Ele qualifica o realismo de entidades como:

A visão de que, sob certas condições, se tem boas razões para acreditar que as entidades descritas pelas teorias científicas existem em uma realidade independente da mente. E nesse aspecto da teoria – que afirma sobre a existência de entidades específicas – que se pode acreditar ser verdade [...]. É uma forma de realismo porque endossa um conhecimento de entidades inobserváveis, mas ao abraçar um antirrealismo sobre teorias de forma geral,

pode aceitar alegremente que grande parte do conteúdo adicional das teorias mudou ao longo do tempo e pode mudar novamente no futuro (CHAKRAVARTTY, 2007, p. 30)

Quando se consulta a literatura contemporânea acerca do problema do realismo científico é perceptível que o realismo de entidades sofreu inúmeras críticas, conforme se testifica nos artigos de Gross (1990), Musgrave (1996) e Gelfert (2003). Outro fato interessante é que nos manuais dedicados à divulgação e discussão dos principais problemas da Filosofia da Ciência, as menções ao realismo de entidades ainda se configuram de forma colateral, com breves citações e algumas notas de rodapé aqui e acolá. Por exemplo, no extenso livro de Chakravartty – *A Metaphysics for Scientific Realism* – o realismo de entidades é coberto por menos de 5 páginas quando o autor aborda o estado atual do realismo científico. Na *Enciclopédia de Stanford*, apenas um parágrafo de uma seção ao longo do verbete sobre realismo científico é reservado ao realismo de entidades. No *Routledge Companion to Philosophy of Science*, um compilado de artigos do ramo editado por Psillos e Curd, Hacking é citado em escassez. Ao longo de mais de 50 capítulos, em apenas um o filósofo canadense possui algum protagonismo, justamente no capítulo responsável por abordar o experimento. Nele é conferido o mérito ao trabalho de Hacking por trazer à tona a importância do experimento para a filosofia da ciência, algo que teria sido, até então negligenciado (PSILLOS; CURD, p. 162). Fora esse trecho, o realismo de entidades é rapidamente evocado noutro capítulo como um tipo de realismo capaz de lidar com o problema da mudança teórica.

Esta dissertação de mestrado se encontra dividida em três capítulos. No primeiro, chamado “A Revolução Científica” serão expostos os primórdios e as origens da discussão sobre o realismo e o antirrealismo científico tendo como parâmetro a revolução científica do século XVII, evento decisivo para suscitar os debates posteriores nos capítulos 2 e 3 sobre a temática. As discussões girarão ao redor da repercussão da obra de Copérnico, na qual foi apresentado o modelo astronômico heliocêntrico e atribuiu movimento à Terra, passando pela interpretação realista de Galileu em relação ao sistema copernicano e a pressão da Igreja por uma abordagem hipotética e antirrealista da obra de Copérnico. Além disso, será explorada as raízes e motivações do instrumentalismo de Osiander; do Cardeal Bellarmino, célebre figura contemporânea de Galileu; e do eminente filósofo George Berkeley, que duvidou fortemente do modelo de universo concebido por Newton. Karl Popper remontou a esse material histórico para alimentar a sua própria discussão do problema do realismo científico.

O segundo capítulo, batizado de “O debate filosófico acerca dos pontos de vista do conhecimento científico”, aprofundará a discussão do problema do realismo científico mediante

a perspectiva e a descrição de Karl Popper, um dos maiores expoentes da filosofia da ciência do século XX. Este capítulo está ramificado em dois momentos. No primeiro serão acompanhadas as críticas de Popper em relação ao realismo e ao antirrealismo, enquanto no segundo, serão apresentadas as críticas oferecidas contra o ponto de vista sobre o conhecimento científico formulado por Popper, sobretudo no que tange à verossimilhança, ou teoria da aproximação de verdade. Nele será usado o terceiro capítulo de sua obra *Conjectures and Refutations* que compila uma série de artigos de Popper publicados até o início da década de 60. Ao longo deste capítulo Popper terá como dois alvos: o realismo ingênuo, designado no texto de essencialismo ingênuo, tipicamente exemplificado com o entusiasmado aluno de Newton – Roger Cotes – que no prefácio do *Principia* sustentou que a mecânica newtoniana descreveria com exatidão o que o mundo é, e nada de maior alcance seria possível. O segundo alvo do ataque de Popper se dirige ao antirrealismo instrumentalista, posição que remete a Osiander e Berkeley, e que foi fortalecida sobretudo a partir da mecânica quântica e com as ideias assumidas pelos positivistas lógicos. No decorrer deste capítulo serão examinadas separadamente os aspectos que compõem cada uma das posições. Por último, Popper formula uma terceira visão, chamada de “essencialismo modificado”, que incorpora os aspectos proveitosos do essencialismo ingênuo e do instrumentalismo. Na segunda parte do segundo capítulo, a verossimilhança, cálculo criado a fim de diagnosticar a aproximação de verdade das teorias científicas cuja fonte primordial de inspiração é a concepção semântica da verdade de Tarski, será analisada com maior atenção e, embora *a priori* pareça vantajosa, acabou sucumbindo frente às críticas provenientes dos artigos de Tichý (1974) e David Miller (1974) que apontaram as falhas da verossimilhança.

O terceiro capítulo, por sua vez, é intitulado “O realismo de entidades de Ian Hacking”, reúne uma variedade de seções e se organiza da seguinte forma: na primeira seção contém uma descrição geral sobre o realismo científico e suas três dimensões – metafísica, semântica e epistemológica. A segunda parte será norteadada pela reformulação do realismo científico projetado por Hacking, tendo em vista o seu abandono do realismo teórico e sua recomendação do realismo de entidades, nesse momento a ênfase estará no percurso da argumentação de Hacking em seu *Representing and Intervening*, levando em conta a sua pausa entre as duas partes do livro, que será útil para distinguir entre a representação, tipificada nas teorias e nos modelos que pertencem à investigação científica, em oposição à intervenção, componente imprescindível da prática científica. Essa seção prossegue analisando o realismo de entidades e em que medida ele é adaptável para se converter em um realismo experimental em função de sua recorrência ao critério de manipulabilidade, no qual admite a existência e o conhecimento

causal de uma suposta entidade, a princípio, inobservável, mas que é deliberadamente utilizada para a produção de fenômenos. O realismo de entidades e o realismo experimental, inclusive, são encarados como sinônimos em vários artigos que tratam sobre essa versão de realismo científico. Hacking valorizava o experimento e o considera como um guia conveniente para a adesão ao realismo científico em relação às entidades experimentais. Em várias passagens ele remete ao elétron para ilustrar sobre como ocorre a mudança de uma entidade teórica para uma entidade experimental. Isso também sucedeu com outras entidades como, por exemplo o neutrino. No ano de 1930 físico austríaco Wolfgang Pauli postulou a hipótese de uma partícula neutra, isto é, destituída de carga elétrica, enquanto Enrico Fermi a batizou. Mas foi somente em 1956 que a dupla Reines e Cowan fizeram um experimento em que os neutrinos foram diretamente detectados (CHAKRAVARTTY, 2007, p. 14-15). A seguir, será mostrado como o realismo de entidades poderia se apropriar de uma dimensão do realismo semântico, tendo como ponto de partida a teoria causal da referência propagada por Hilary Putnam, o que supostamente permitiria responder ao desafio sobre se, de fato, no passado as entidades examinadas seriam idênticas que as estudadas no presente, por exemplo, se o elétron cujo valor da sua carga foi determinado por Milikan se refere a mesma entidade estudada no modelo atômico de Bohr. A teoria causal da referência serve para mostrar como as crenças subjetivas são praticamente irrelevantes, o que está em jogo realmente é o objeto. A última seção do derradeiro capítulo procura encerrar este trabalho destacando sumariamente as críticas que o realismo recebeu. Dentre as quais merecem maior atenção os desacordos emitidos por Gross (1990), que tinha em mente mostrar que o critério de manipulabilidade falha ao tratar de domínios que extrapolam o âmbito da física de partículas, caso que se aplicaria aos biólogos evolucionários; Musgrave (1996), responsável por identificar o aparente impasse de ser realista a respeito de entidades e, simultaneamente, antirrealista a respeito de teorias e, por fim, a crítica endossada por Axel Gelfert (2003), que suspeita das “verdades caseiras” (*home truths*) de Hacking e requer a existência de teorias gerais para amparar a explicação de fenômenos causais e, ademais, que talvez o critério de manipulabilidade seria tolerante o bastante para assumir entidades fictícias que cumprem funções heurísticas como reais. Na sequência, serão oferecidas respostas a fim de assegurar a força argumentativa do realismo de entidades, enfraquecendo cada uma das críticas em suas particularidades em virtude de alguns exageros cometidos por alguns dos seus comentadores.

1 A REVOLUÇÃO CIENTÍFICA

O capítulo inicial procura descrever o itinerário da história da revolução científica, apresentando suas principais fontes interpretativas, de onde emerge a discussão central explorada ao longo deste trabalho. Essa discussão será útil para alimentar as ideias que serão exploradas adiante. Após essa exposição preliminar, iremos dispor de elementos suficientes para adentrar a nossa discussão. Em função disso, selecionamos nomes de relevância para a bibliografia acerca da revolução científica, como Alexandre Koyré e Thomas Kuhn.

Em virtude das motivações deste trabalho, os detalhes técnicos serão elucidados de modo colateral. Agindo assim, nosso enfoque será dirigido no âmbito histórico. Essa parte está subdividida em três momentos. No primeiro, apresentaremos um esboço da estrutura astronômica de Aristóteles que determinou a configuração do sistema planetário geocêntrico de Ptolomeu. No segundo, serão expostos os pressupostos metafísicos assumidos pelos pioneiros da revolução científica, com ênfase em alguns filósofos que buscaram romper com as correntes tradicionais da filosofia medieval. No terceiro e último momento, nossa atenção se voltará para a assimilação de tais pressupostos, que implica na assunção da astronomia de Copérnico, da dinâmica de Galileu até o universo de Newton, uma cosmologia bastante diferente da antecessora, cujo fundamento estava ancorado nas ideias de Aristóteles e Ptolomeu. Estudar esses estágios será importante para compreender as origens das reações e controvérsias a respeito da interpretação das teorias que emanaram na ciência moderna.

1.1 A cosmologia aristotélica

A filosofia de Aristóteles constituiu durante cerca de 1700 anos uma fonte inesgotável das ideias aceitas acerca da natureza, sendo símbolo de conhecimento verdadeiro e incontestável. A autoridade de Aristóteles era tão reconhecida a ponto de sua concepção cosmológica, que postulava um universo finito de esferas homocêntricas, perdurar no âmago dos intelectuais até o século XVI. Aliás, o próprio copernicanismo preservava resquícios da estrutura da cosmologia aristotélica e da astronomia ptolomaica (KUHN, 1957, p. 59). Tudo o que fora construído no âmbito canônico da ciência estava inequivocamente submetido aos dogmas estabelecidos por Aristóteles. Uma análise em termos históricos conduz à conclusão de que as ideias de Aristóteles eram imprescindíveis para a mentalidade medieval marcada pelo cristianismo teocêntrico, visto que o seu arcabouço metafísico garante uma unidade relacional entre o homem e o universo, fornecendo assim os fundamentos pelos quais a cosmovisão cristã - sobretudo a de São Tomás de Aquino - foi desenvolvida. Esse fato pode ser constatado por

intermédio da leitura da Divina Comédia de Dante, poesia épica de inestimável valor, na qual a estrutura do universo aristotélico é retratada com todos os seus adornos eclesiais do contexto medieval (KUHN 1957, p. 112-114). Não é coincidência de que nos *Diálogos* de Galileu o personagem Simplicio, partidário da cosmologia escolástica, a todo o momento enaltece a figura de Aristóteles¹ (GALILEU, 2001, p. 115).

Entretanto a autoridade de Aristóteles não se atém ao apelo religioso. Thomas Kuhn (1957, p. 96-97) atribui a autoridade de Aristóteles a dois fatores preponderantes:

I) O brilhantismo de suas ideias, o alcance e a coerência lógica: O aristotelismo não era a única fonte cosmológica advinda do período clássico. Havia escolas alternativas, dentre as quais são de enorme importância o atomismo de Leucipo e Demócrito; o pitagorismo, que introduziu movimento parcial à Terra e o engenhoso sistema heliocêntrico concebido pelo conterrâneo de Pitágoras – Aristarco de Samos. Embora todas fossem cosmologias sofisticadas, acabaram sendo motivo de escárnio principalmente na Idade Média porque explicavam as aparências rejeitando o senso comum. A cosmologia de Aristarco, por exemplo, apesar de ser uma audaciosa antecipação do heliocentrismo, não contava com computações e o rigor requerido pela rede de inferências demonstrativas da matemática.

II) O animismo: A concepção aristotélica conserva os traços típicos que foram asseverados anos antes dele pelas sociedades primitivas. O animismo é proveniente da ausência de separação entre a natureza orgânica e inorgânica, entre seres vivos e seres inanimados. Portanto, a queda livre dos corpos é explicada usando o conceito de “lugar natural”, isto é, o local em que certo corpo tem a sua plena realização (*enteléquia*) ao atingir aquele lugar em que, por necessidade natural, deve se situar.

1.1.2 As quatro causas

A noção de causa ocupa parte primordial da filosofia de Aristóteles, de tal maneira que ele insiste enfaticamente que a sabedoria teórica – a *sophía* – depende do conhecimento de causa (Metafísica, 993b20-993b30).

Kuhn (2011, p. 47) sublinha que é legítimo distinguir dois significados do conceito de causa: um estrito e outro amplo. O primeiro sentido se coaduna com movimentos realizados em um corpo, de modo específico e localizado, como um puxão e empurrão. Ao passo que o

¹ Nesta obra de Galileu há uma passagem extremamente interessante para retratar a força da autoridade de Aristóteles. Simplicio, o porta-voz de Aristóteles do encontro, se pronuncia: “Aristóteles não adquiriu tão grande autoridade senão pela força de suas demonstrações e pela profundidade de seus argumentos: mas é necessário entendê-lo, e não apenas entendê-lo, mas ter em prática seus livros [...] de modo que cada uma de suas afirmações esteja sempre diante da mente” (GALILEU, 2001, p. 189).

segundo fornece uma explicação causal do porquê determinado evento ocorre, ou seja, Agente externo que provoca moção nos corpos seja alterando sua posição ou sua fisionomia. É a causa que corresponde à força motriz que concede existência.

Aristóteles enumera quatro espécies de causa, a saber, material, formal, eficiente e final (Metafísica, 1013a24-1013b6). Cada uma delas se refere a um aspecto que compõe a explicação de uma estátua de bronze, conforme o exemplo a seguir. A causa material concerne ao elemento material extraído na natureza pelo qual o objeto foi criado, ou seja, no bronze que compõe a estátua. A causa formal constitui o princípio de identificação do objeto, aquilo que denominamos “estátua” em uma estátua de bronze. A causa motriz que impulsionou a existência do objeto, isto é, o artífice que teve de proceder para fabricar a estátua. Quanto à causa final, está associada ao motivo ou função pela qual o objeto existe. Nesse sentido, a finalidade da existência de uma estátua pode ser satisfazer ou proporcionar o nosso apreço estético.

Aristóteles considera que a principal explicação causal repousa na causa final (*télos*). A teleologia foi de suma importância para os raciocínios escolásticos perdurando por longos anos. A seguir, veremos sumariamente como isso acontece.

1.1.3 Teleologia

A teleologia desempenhou papel substancial, agregando simetricamente causa e efeito, causa primeira e princípio em relação ao propósito. Conforme já vimos, a astronomia e cosmologia introduziam sentido à vida humana. Assim, ao estipular um universo teleológico, a cosmologia aristotélica conseguia se acomodar facilmente à cosmovisão cristã². Esse ajuste se deve, sobretudo, ao fato de que era indispensável para a mentalidade cristã presumir que todos os eventos estão causalmente conectados e que, igualmente, a natureza e as ações humanas são causadas tendo em mente um propósito previamente destinado. Esse tipo de explicação coopera para uma visão hierárquica, com leis deterministas e consistentes.

1.1.4 A física e a astronomia

² Paolo Rossi (1992, p. 29-43), à luz de um ensaio de Thorndike, esclarece o papel desempenhado pela astrologia para a vida privada dos indivíduos. Naquela época, ainda não havia uma nítida separação entre astrologia e astronomia, que foi levada a cabo somente com Galileu e Newton. O próprio Kepler, uma das figuras centrais da ciência moderna, era um assíduo praticante da astrologia. Grosso modo, a astrologia se refere à influência dos astros celestes para a vida das pessoas, enquanto a astronomia remonta ao estudo das leis que regem os astros celestes. Na demarcação de falseabilidade de alguns autores, como Popper, a primeira é uma pseudociência, enquanto a segunda é uma ciência.

Para atingir o núcleo da concepção astronômica de Aristóteles é preciso que sejam examinadas as leis do movimento da física de Aristóteles e a divisão ontológica de sua astronomia.

Obviamente neste período ainda não havia ocorrido o desmembramento formal da física em relação à filosofia e da astronomia em relação à cosmologia. Entretanto essas áreas já se encontravam em desenvolvimento. A física se dedicava a tratar das leis do movimento, das qualidades e propriedades, da geração e corrupção da substância. Enquanto a astronomia examinava o arranjo do sistema planetário, as estrelas fixas e a configuração dos céus. Ademais, a astronomia, tal como era executada no período antigo, conferia sentido à realidade dos grupos e dos indivíduos, que constantemente verificavam a posição e a trajetória dos astros celestes a fim de orientar as suas próprias ações; descobrir sua personalidade, seus vícios e virtudes e ajustar seus fins em função do meio (KUHN, 1957). Tanto a física quanto a astronomia compõem peças determinantes para a cosmologia geocêntrica de Aristóteles.

1.1.4.1 A física aristotélica

Posteriormente as leis do movimento de Aristóteles se acomodaram com facilidade à geometria euclidiana de um espaço absoluto. Assim, uma pedra lançada verticalmente perfaz sua trajetória retornando para o mesmo ponto inicial em linha reta. Com efeito, insiste Aristóteles, se a Terra fosse realmente dotada de movimento, a trajetória da pedra não seria processada em linha reta e tampouco a pedra não voltaria ao mesmo ponto de onde foi lançada (KUHN, 1957, p. 87). De acordo com Aristóteles havia dois tipos de movimentos: o natural e o violento. Aristóteles e seus asseclas escolásticos alegavam que os corpos caem em direção ao seu lugar natural da Terra³, pois cada corpo possui o seu próprio lugar natural e a própria Terra é o ponto central do universo. Em termos genéricos, Aristóteles distribui os corpos em cinco substâncias primárias: água, terra, fogo, ar e éter. Os corpos cuja configuração predomina ar ou fogo sobem para a atmosfera, enquanto os corpos em que predominam terra ou água se movem em direção ao centro da Terra. O éter, por sua vez, é uma substância rarefeita que preenche o universo, que até mesmo Newton (2002, p. 32) o considera como uma hipótese legítima, mas algum tempo depois acabou sendo refutado no experimento de Michelson-Morley no final século XIX.

³ Este é um ponto em que se torna evidente o uso de raciocínio teleológico. Aristóteles sugere que os eventos naturais ocorrem para atingir a um fim (*télos*). Para isso que a andorinha faz o ninho, a aranha faz a teia ou as plantas geram as folhas para abrigar os frutos (Física, 199a20).

A combinação dessas substâncias mantém a multiplicidade de entidades. Assim, emerge na física de Aristóteles uma força denominada de ímpeto que atua nos corpos retirando-os do estado de repouso absoluto, segundo a qual os corpos pesados são impelidos para a sua posição natural de origem, isto é, os corpos abaixo da Lua tendem ao repouso⁴ (GALILEU, 2001, p. 113-114). Aristóteles equipara o centro do universo ao centro da Terra⁵. Portanto, todos os corpos pesados sofrem moção em direção ao centro da Terra. A partir disso, Aristóteles e seus discípulos se sentiram confortáveis para se manifestarem a favor de um sistema astronômico no qual a Terra está situada no centro do mundo, estática em seu próprio eixo central⁶.

1.1.4.2 A astronomia de Aristóteles

O sistema planetário de Aristóteles representa a Terra fixa localizada no centro, rodeada pelo Sol e pelos demais planetas que executam os seus respectivos movimentos em torno do eixo da Terra. O ideal da astronomia grego medieval estava associado à redução dos movimentos celestes a um sistema de movimentos uniformes e circulares mutuamente entrelaçados, que “salvariam” os fenômenos ao revelar a permanente estabilidade real atrás da aparente irregularidade (KOYRÉ, 2006, p. 18). A astronomia de Aristóteles tem de ser analisada à luz de sua cosmologia.

Aristóteles usando a Lua como parâmetro postula duas regiões, a saber, o mundo sublunar e o mundo supralunar. A rigor, a cosmologia aristotélica estava ancorada no contraste ontológico que envolve ambas as regiões. O reino ontológico sublunar é marcado pelo contínuo devir, apresentando diversidade e multiplicidade, geração e corrupção. O mundo supralunar, por sua vez, é eterno e imutável, no qual se localizam as estrelas fixas adornadas pela abóboda celeste, que os medievais tomaram como a morada dos seres divinos. Segundo Aristóteles, a corrupção e a geração são causadas pela presença de contrários que se repelem mutuamente. Como os céus e os astros celestes não possuem itens contrários segue-se que não há a menor chance de ocorrer corrupção no mundo supralunar (GALILEU, 2001, p. 166). Em outras palavras Aristóteles está definindo a amplitude e a ação das leis físicas no âmbito celeste e terrestre (KUHN, 1957, p. 91-92). O testemunho dos sentidos concedia respaldo à divisão entre mundo supralunar e mundo sublunar na cosmológica aristotélica.

⁴ A premissa básica da noção de ímpeto pode ser expressa da seguinte maneira: “A não ser que seja empurrado, um corpo deslocar-se-á diretamente para a sua posição natural e aí permanecerá” (KUHN, 1957, p. 87).

⁵ Platão também partilhava da mesma concepção geocêntrica (Teeteto, 208 d).

⁶ Thomas Kuhn (1957, p. 85) reproduz o trecho extraído da obra *Do Céu* de Aristóteles, na qual o filósofo expõe sua demonstração da centralidade e imobilidade da esfera terrestre.

Posteriormente a cosmologia de Aristóteles foi aperfeiçoada pelo *Almagesto* de Ptolomeu, obra que “simboliza as maiores conquistas da astronomia antiga, foi o primeiro tratado matemático sistemático a dar uma explicação completa, pormenorizada e quantitativa de todos os movimentos celestes” (KUHN, 1957, p. 72-73).

Essa divisão, em conjunção com seus contornos teleológicos, forneceu os alicerces da cosmologia medieval. Além de exibir harmonia, o ptolomaico-aristotélico permitia inserir o ser humano numa posição de prestígio na hierarquia da ontologia medieval, conferindo sentido à criação. Em suma, tudo o que existia prestava serviço ao homem⁷. Essa pressuposição desempenhou papel fundamental para a concepção antropológica medieval centrada na noção de *Imago Dei*, em que o homem consistia no propósito da criação divina.

1.1.5 A divisão das ciências na perspectiva de Aristóteles

Na *Metafísica* (1025b- 1026a) Aristóteles traça a distinção entre as ciências práticas e as ciências teóricas. A classificação das ciências, na sua visão, se instaura numa divisão em conformidade com essa sequência: o primeiro lugar é ocupado pelas ciências teóricas ou especulativas, cujo valor incide em si mesma – tais como a física, a metafísica e a matemática; em segundo vêm as ciências práticas do agir humano – como a política e a ética. Por último, as ciências poiéticas, que incluem um vasto repertório de artes de produção, englobando a poesia, pintura, engenharia e medicina. Essa sequência obedece à hierarquia dos gêneros de conhecimento à luz do seu grau de relevância. As ciências especulativas, portanto, constituem a espécie mais nobre de conhecimento, visto que ela lida com as causas e princípios primeiros, as ciências práticas têm visam à ação do indivíduo, já as *poiéticas* se ocupam, por exemplo, com a fabricação de uma escultura ou coopera em produzir saúde.

Nessa perspectiva, somente o homem dotado de conhecimento teórico se constitui como sábio, enquanto o prático realiza uma atividade técnica ou artística, cujo conhecimento dispõe de um grau inferior de importância. Ao asseverar a supremacia das ciências teóricas, Aristóteles concedeu prestígio às elas, considerada como a única capaz de permitir o conhecimento de verdades imutáveis. Essa separação perdurou por longo tempo, na medida em que se ancorava na distinção entre a *sophía*, que se encontrava presente nos homens que se ocupavam do pensamento teórico; e a *téchne*, voltada para a prudência no agir e na virtude em construir instrumentos, nos quais os homens dotados de habilidade manual se dedicavam. Repare que

⁷ Lovejoy (2001, p. 187) cita, a título de exemplo, uma passagem corriqueira de um manual de filosofia medieval na qual lemos: “Assim como o homem é feito por causa de Deus, a saber, para que ele possa servi-lo, assim é o mundo feito por causa do homem, para que possa servi-lo”.

Aristóteles sequer admite que as ciências de produção denotem e pertencem, de fato, à ciência em seu sentido forte, como *epistème*⁸. Ele opta por se referir a essa atividade como arte (*téchne*). No entanto, essa hierarquia das ciências começou a se enfraquecer, sobretudo no Renascimento e no século XVI em diante. Um exemplo notório dessa atitude é do filósofo Francis Bacon que viveu no período que transcorre do século XVI e XVII. Ele é o ponto de referência pelo qual esse panorama começa a mudar.

1. 2 Os métodos da ciência moderna

O ponto de partida de nosso trabalho versa sobre as ideias que deram impulso para que uma nova concepção metafísica pudesse emergir. Esse enfoque provocou revisões contundentes na cosmologia, na astronomia e na ciência do século XVI em diante. Não é trivial a ênfase de Kuhn (1957, p. 1) no fato de que a revolução científica foi, antes de tudo, uma revolução de ideias, cuja base epistemológica está situada no período clássico da filosofia, em especial, no pitagorismo e platonismo. Ao aderir certas pressuposições heurísticas, Copérnico, Galileu, Kepler, Newton, e outros, alteraram drasticamente a cosmologia e a própria concepção de realidade.

Diversas teorias foram formuladas para explicar a revolução científica. Para compreender apropriadamente a ciência moderna é prudente encará-la como um acontecimento plural. Thomas Kuhn (2011) expôs a convergência entre duas tendências: a matemática e a experimental, que foi fundamental para o sucesso do empreendimento científico naquele período. A primeira está associada, sobretudo, às obras de Copérnico, Kepler e Galileu. Para os membros desta vertente, os números constituem o princípio *perene* da natureza (KOYRÉ, 2006). A tradição experimental está presente no magnetismo, na anatomia e na química, manifestando profundo interesse no funcionamento da natureza (BURTT, 2003, p. 35-37).

A partir do século XVI e, mais intensamente no século XVII, o mundo passou por uma transformação sem precedentes. Tratava-se então da revolução científica, responsável por alterar drasticamente todas as concepções teóricas provenientes da Idade Média, sobretudo em virtude de romper com o modelo cosmológico aristotélico (Kuhn, 1970). Neste período, diversas pessoas começaram a ocupar o seu tempo no estudo da astronomia, anatomia, física, mecânica e outras áreas afins. Paolo Rossi (2001) identifica dois matizes presentes na base da

⁸ Sobre o problema semântico que se faz presente nos conceitos de *epistème* e *téchne*, conferir o artigo de Fernando Rey Puente (1998).

ciência moderna. São eles: a matematização da natureza e a valorização das artes mecânicas⁹. O exame desses aspectos compõe a próxima etapa de nossa exposição.

Não seria um absurdo afirmar que ambas as tradições foram condições necessárias para os desdobramentos da ciência moderna. Thomas Kuhn publicou um artigo de suma importância denominado “Mathematical versus Experimental traditions in the development of physical science”¹⁰, cujo enfoque trata das duas principais tradições que cooperaram para o surgimento da revolução científica. A conjunção entre matemática e experimentação compõe o quadro determinante para a aplicação do método que caracteriza a ciência moderna. Neste texto, Kuhn elenca uma série de fatores sociais que contribuíram decisivamente para o advento da revolução científica. São eles: o surgimento de um novo ambiente intelectual, marcado por um contexto cada vez mais democrático; o término do monopólio da erudição pelas universidades clericais; a invenção da imprensa, o que facilitou o acesso bibliográfico do público comum aos textos científicos.

Conforme veremos no decorrer deste trabalho, o experimento é determinante para a prática científico. Para tanto, convém recorrer às ideias de Francis Bacon, um dos seus pioneiros e mais arditos defensores.

1.2.1 Francis Bacon e a tradição experimental

O conjunto assertivo que compunha as doutrinas científicas no período antigo e que vai até cerca do século XVI era advindo dos fundamentos aduzidos pelos gregos, dotado de caráter professoral, cujo processo pedagógico era transmitido de mestre aos discípulos, sem voltar às fontes primitivas e aos elementos da natureza. Os problemas normalmente se baseavam em um molde repleto de disputas retóricas. A partir desse quadro durante o período intermediário entre a Idade Média e o florescimento da revolução científica algumas contestações apareceram, com destaque especial ao inglês Francis Bacon (1561-1626) que se atreveu a questionar o teor enciclopédico das doutrinas filosóficas de viés aristotélico do período que o precedeu¹¹. Bacon

⁹ Para quem deseja ter uma ideia mais aprofundada da difusão das artes mecânicas naquela época convém consultar em Rossi (2001, p. 69), onde consta uma lista bibliográfica de obras produzidas por estudiosos das artes mecânicas e técnicas.

¹⁰ Reproduzido como um dos capítulos de A Tensão Essencial (2011).

¹¹ Para se ter uma ideia do vigor da obra de Aristóteles até aquela época, recorreremos ao relato de Koyré. Ele diz: “A obra de Aristóteles for a uma verdadeira enciclopédia do saber humano. Além da medicina e das matemáticas, ali se encontra de tudo: lógica – o que é de importância capital –, física, astronomia, metafísica, ciências naturais, psicologia, ética, política [...] Não é surpreendente que, na segunda Idade Média, ofuscada e esmagada por essa massa de saber, subjugada por essa inteligência verdadeiramente excepcional, Aristóteles se tenha tornado o representante da verdade” (KOYRÉ, 1982, p. 27).

depreciava o método retórico dos antigos e estende o adjetivo “sofista” a Platão, Aristóteles, Zenão, Epicuro, Teofrasto e seus sucessores.

O *Novo Organum*, publicado em 1620, foi concebido por Bacon em uma tentativa de oferecer uma alternativa ao método de pesquisa dos antigos e medievais e, além disso, se circunscreve como um esforço de fundar uma nova filosofia natural. Bacon distingue dois ramos da filosofia: um que se refere ao cultivo das ciências, e o outro, diz respeito à descoberta científica. O primeiro é denominado de “antecipação da mente” e o segundo de “interpretação da natureza”.

A ausência de utilidade e obras produzidas pelas filosofias antiga e escolástica induziu Bacon a repudiar as filosofias predecessoras. Paolo Rossi sintetiza acuradamente a tarefa proposta pela filosofia de Bacon na seguinte passagem:

Aqueles filosofias são a expressão de uma atitude moralmente culpada. Em lugar do apreço pela realidade, da consciência dos limites, do respeito pela obra do Criador que deve ser humildemente ouvida e interpretada, a tradição filosófica coloca as astúcias do engenho e as obscuridades das palavras e uma religião adulterada. Todas estas degenerações derivam daquele pecado de soberba intelectual que tornou a filosofia estéril de obras e semelhante a uma mulher incapaz de procriar (ROSSI, 1992, p. 65)

Neste trecho Paolo Rossi exprime o ataque de Bacon às disputas e controvérsias verbais presentes na filosofia antiga. Estas disputas foram estigmatizadas por Bacon como empecilhos à filosofia natural de avançar em direção a realizações férteis. Bacon defende que se deve medir o grau eficácia de uma área de conhecimento a partir da quantidade de obras produzidas, isto é, ele requer que a atividade científica seja operativa, tendo em vista os benefícios acarretados para a humanidade.

Em vez de valorizar os textos dos clássicos, a atitude adequada, segundo Bacon, versa em confiar no estudo da natureza por meio de instrumentos técnicos e da experimentação minuciosa. Ele diz:

Mas aqueles dentre os mortais, mais animados e interessados, não no uso presente das descobertas já feitas, mas em ir mais além; que estejam preocupados, não com a vitória sobre os adversários por meio de argumentos, mas na vitória sobre a natureza, pela ação; não em emitir opiniões elegantes e prováveis, mas em conhecer a verdade de forma clara e manifesta; esses, como verdadeiros filhos da ciência, que se juntem a nós, para, deixando para trás os vestibulos da ciência, por tantos palmilhados sem resultados, penetrarmos em seus recônditos domínios (BACON, 1999, p. 30)

Com efeito, torna-se detectável a ruptura de Bacon com a tradição milenar do aristotelismo, que servira como esquema conceitual da pesquisa científica durante séculos

anteriores. Ele sustenta que Aristóteles se converteu em um ídolo, cuja mensagem de teor sofisticado¹² foi disseminada no decurso das filosofias posteriores, especialmente na escolástica¹³. O combate aos ídolos é certamente a tarefa primordial de uma filosofia que leva em consideração os verdadeiros problemas acerca da natureza, visando a sua própria redenção mediante a manifestação das obras (ROSSI, 1992, p. 78-80). Consultar, intervir e subjugar a natureza no lugar de folhear textos de Aristóteles se circunscreve como uma das maiores normas para aqueles que almejam obter conhecimento verdadeiro sobre as leis que governam a ordem da natureza.

O conhecimento, de acordo com a posição assumida pelo contexto medieval, significa a conduta do homem contemplativo que se compraz na observação passiva da estrutura da ordem imutável subjacente à natureza. O homem moderno, segundo Bacon, é capaz de conhecer a natureza e suas leis, contudo, seu procedimento é ampliado, ele consegue controlar e predizer com eficiência os fenômenos e leis da natureza. A relação entre conhecimento teórico e conhecimento prático, juntamente com a primazia do conhecimento técnico face ao conhecimento retórico é um ideal imprescindível para a ciência moderna (KOYRÉ, 2006, p. 5).

Sobre esses aspectos Kuhn afirma:

Os escolásticos não eram difíceis de ridicularizar, e a imagem ficou deturpada. Os cientistas medievais encontravam mais os seus problemas nos textos do que na natureza; muitos desses problemas não parecem agora sequer problemas; segundo os padrões modernos, a prática da ciência durante a Idade Média era incrivelmente ineficiente (KUHN, 1957, p. 123)

Diversos fatores contribuíram nocivamente para impor obstruções ao progresso do conhecimento científico, sendo enumerados por Bacon cinco motivos preponderantes. Dentre os quais concede destaque, em primeiro lugar, ao escasso tempo ao longo da história humana em que foi gasto em prol da ciência natural. Com exceção de períodos e métodos bastante restritos – como, por exemplo, na Grécia antiga e na época em que Bacon viveu - que juntos abrangem cerca de seis dos 25 séculos computados da história humana, o mundo do conhecimento foi ofuscado pela maioria do tempo no qual predominou a ignorância e a superstição. Em segundo lugar, mesmo nos tempos propícios à evolução do conhecimento, a

¹² Bacon classifica o pensamento de Aristóteles, como um tipo de falsa filosofia, como sofisticada. Aristóteles impôs à “natureza das coisas inumeráveis distinções arbitrárias, mostrando-se sempre mais solícito em formular respostas e em apresentar algo positivo nas palavras do que a verdade íntima das coisas [...] Pois Aristóteles estabelecia antes as conclusões, não consultava devidamente a experiência para estabelecimento de suas resoluções e axiomas. E tendo, ao seu arbítrio, assim decidido, submetia a experiência como uma escrava para conformá-la às suas opiniões” (BACON, 1999, p. 49-50).

¹³ Koyré (2006, p. 28) expõe claramente a dominância da cosmologia aristotélica e da astronomia ptolomaica no pensamento ocidental no tempo que antecedeu à revolução científica.

filosofia natural ocupava uma parte minúscula da filosofia. No período grego a filosofia natural dos pré-socráticos veio a ser substituída pela filosofia moral de Sócrates. Nesse ínterim, Bacon manifesta admiração pelos filósofos pré-socráticos, sobretudo a escola atomista de Demócrito, mas rotula o pitagorismo de superstição “tola e tosca”. No helenismo, a filosofia moral pagã esteve à frente, enquanto no período medieval, a teologia e filosofia moral cristã colocou a filosofia moral à frente da filosofia natural. O terceiro fator elencado por Bacon, decorrente dos fatores precedentes, reside no fato da filosofia natural não ter integrado suficientemente a dedicação de um homem, sendo praticada de modo parcial e isolado. Neste ponto, Bacon sugere que o crescimento das ciências particulares deverá ser ampliado se estas forem incorporadas à filosofia natural. Como quarto fator, Bacon afirma que as ciências não possuem um método definido, portanto, não podem estabelecer um caminho exato. Pois, “se ninguém até agora fixou de forma justa o fim da ciência, não é para causar espanto que tudo o que se subordine a esse fim desemboque em uma aberração” (BACON, 1999, p. 64)¹⁴. O quinto motivo ocorre em função do conhecimento filosófico cultivado tenha privilegiado os argumentos em face de uma experiência bem fundada, as reflexões que foram traçadas por Aristóteles e outros autores se impuseram como as opiniões verdadeiras da natureza, em virtude de argumentos de autoridade.

De acordo com Bacon as palavras são vulgares e incapazes de se conectarem a realidade. Por essa razão, o seu emprego imprudente desencadeia o entorpecimento da mente. Com efeito, é necessário que as artes mecânicas desempenhem um papel primário na aquisição e produção do conhecimento científico. Ele declara:

Quem puser ante os olhos a variedade e o magnífico aparato de coisas introduzidas e acumuladas pelas artes mecânicas, para o cultivo do homem, estará, certamente, muito mais inclinado a admirar-se da sua opulência que da penúria (BACON, 1999, p. 66-67).

Bacon considera que a mente, quando submetida à superstição e vaidade, produz raciocínios inócuos, idolatrias e argumentos falaciosos. Com efeito, é necessário que ela seja purificada, de modo a dissipar a ameaça das falsas crenças e preconceitos que prejudicam o progresso da pesquisa empírica.

Para contornar esse problema, Bacon sustenta que a mente deve ser regulada por mecanismos e instrumentos que sirvam como recursos auxiliares à descoberta científica. Ele percebe que as especulações do homem contemplativo do aristotelismo e da escolástica, até

¹⁴ Embora sejam membros de tradições formalmente diferentes, é interessante notar que o método e o alvo da ciência se fazem presentes tanto em Bacon quanto em Descartes, que acrescentou itens valiosos ao procedimento do método científico.

então constituíam a única fonte de conhecimento aceita unanimemente, não cooperavam para a descoberta de novos conhecimentos e novas informações acerca da natureza. Enquanto os homens enaltecem o poder da mente humana por meio de sistemas de lógica formal ignoram o que é mais importante: a complexidade da natureza (BACON, 1999, p. 34). Ele diz:

A reverência à Antiguidade, o respeito à autoridade, de homens tidos como grandes mestres de filosofia e o geral conformismo para com o atual estágio do saber e das coisas descobertas também muito retardaram os homens na senda do progresso das ciências, mantendo-os como que encantados (BACON, 1999, p. 65-66)

No intuito de evitar a presença de falsos ídolos que contaminam a construção do método experimental, Bacon propõe uma “reforma do homem”, isto é, uma mudança de atitude perante a natureza. Nesse sentido, a visão contemplativa deveria ser imediatamente substituída pela atitude experimental, baseada nas ciências operativas.

1.2.2 O homem contemplativo versus homem ativo

O projeto de homem baconiano em oposição ao homem puramente teórico abstrato do período clássico e da escolástica versa em não se contentar com a mera contemplação passiva. Esse novo modelo de homem é diretamente responsável pela realização de experimentos rigorosos, que submetem a natureza em interrogação sistemática, destinados a julgar as respostas da natureza, que em sua condição de sua obediente serva, é impelida a revelar os seus segredos mais profundos. Assim, em sua concretude, como um agente ativo que impõe perguntas à natureza com o objetivo de adquirir respostas firmes e corretas. Nesse sentido, as técnicas e os instrumentos inventados e empregados por boticários e alquimistas passaram a integrar a metodologia para o procedimento de descoberta dos enigmas da natureza através da experimentação (KUHN, 2011).

A influência de Bacon é nítida no empirismo britânico a ponto da tentativa de Hume de redigir um texto no qual se aplica o método experimental aos assuntos morais não é coincidência. A rigor, a ciência moderna busca oferecer ao intelecto humano um “modelo verdadeiro do mundo, tal qual foi descoberto e não segundo o capricho da razão de fulano ou beltrano” (BACON, 1999, p. 93).

Bacon alega que a lógica gera mais prejuízo do que lucro para o avanço da verdade. O silogismo não penetra nos mistérios mais recônditos da natureza, incapaz de acrescenta conteúdo novo ao conhecimento previamente admitido. Bacon sugere que as conclusões obtidas mediante o silogismo são resultado da vaidade humana. Ademais, as palavras são confusas e

não se acomodam eficientemente à natureza. O silogismo inevitavelmente recai em paradoxos decorrentes de argumentos circulares e sofismas. É necessário que as pesquisas naturais sejam examinadas em conformidade com os fatos até ascender ao patamar de leis gerais e universais. Ao abandonarem axiomas consensualmente estabelecidos os homens se afastarão de preconceitos infundados.

Um conhecimento por via dedutiva é meramente enciclopédico e desprovido de obras e não produz frutos, sendo mera retórica. Bacon argumenta em favor da reforma do método, um novo método, nitidamente propício para as ciências operativas, destinadas a trazer benefícios para a humanidade. Na tentativa superar o raciocínio dedutivo, empregado constantemente pelos escolásticos, Bacon propõe o método indutivo rigoroso. Grosso modo, o método dedutivo realiza um procedimento que parte de axiomas gerais para conclusões particulares, já o método indutivo é realizado mediante os dados dos sentidos particulares até atingir conclusões de princípios de máxima generalidade.

Embora Aristóteles tivesse proferido raciocínios indutivos em sua filosofia, o papel que a indução desempenhou no pensamento aristotélico se compunha de um modo puramente formal e tautológico, pois os escritos de Aristóteles assumem princípios axiomáticos, antecessores a quaisquer pesquisas empíricas e eram ministrados sob o formato eminentemente professoral e doutrinário. Na ausência de aparato, o que era considerado “experimento” por Aristóteles e sua ampla gama de discípulos, na verdade estava restrito a experimentos mentais.

Kuhn deixa evidente o modo pelo qual eram executados os experimentos, formulados com duas finalidades: ora para demonstrar uma conclusão de antemão reconhecida, ora para incrementar a teoria de respostas para questões levantadas pela própria teoria (KUHN, 2011, p. 66). Com a ruptura de Bacon com a tradição aristotélica, o novo método empírico adquire um estatuto imprescindível para a formulação da pesquisa científica, sua contribuição foi de vital importância, no mesmo patamar que a tradição matemática de Galileu e Descartes¹⁵. Paolo Rossi sublinha o papel desempenhado por Bacon da seguinte maneira:

Aquilo a que chamamos 'ciência moderna', embora os historiadores tenham percebido com certo atraso, não se esgota nas chamadas 'ciências clássicas':

¹⁵ Thomas Kuhn relata as divergências presentes na antiga e na nova tradição experimental: “Os experimentalistas baconianos depreciavam os experimentos mentais e privilegiavam os relatos circunstanciados e precisos. Entre os resultados dessa insistência encontramos confrontos bem-humorados com a tradição experimental mais antiga. Robert Boyle, por exemplo, ridiculariza Pascal por causa de um livro sobre hidrostática em que, ainda que seus princípios sejam irrepreensíveis, as abundantes ilustrações experimentais foram claramente construídas em pensamento para se adequar a eles. Segundo Boyle, Monsieur Pascal não diz como colocar um homem com uma ventosa na perna no fundo de um tubo de 7 metros cheio de água. Também não informa onde encontrar um artesão que tenha as habilidades sobre-humanas requeridas para a construção dos refinados instrumentos dos quais dependem alguns de seus experimentos” (Kuhn, 2011, p. 68-69).

matemática, astronomia, física, ótica, harmonia ou teoria matemática da música. Resulta da interação (que só no curso do século chegará aos efeitos explosivos) entre essas ciências, que têm por trás uma antiquíssima e consolidada tradição, e as novas ciências experimentais ou 'baconianas': o magnetismo, a eletrologia, o estudo do calor, a química, o estudo da Terra e dos fósseis. A chamada Revolução Científica não consiste apenas nas transformações radicais que se verificam na matemática, na física e na cosmologia. Consiste também na gestação e na laboriosa construção de ciências novas particulares; na emergência de novos territórios e âmbitos ou famílias de problemas que se tornam objetos novos de ciência (ROSSI, 1992, p. 122)

Nesta passagem lemos a apresentação esclarecimentos históricos que envolvem a ciência moderna. A articulação as ciências clássicas e ciências experimentais (baconiana) permitiu a passagem para uma nova concepção de método científico, marcado cada vez mais pela cooperação de praticantes das mais diversas áreas. Kuhn atribui o sucesso da física de Newton à sua síntese de ambas as tradições (KUHN, 2011, p. 74).

De acordo com Bacon é incorreto proceder diretamente dos dados dos sentidos rumo às conclusões e axiomas sem abordar os aspectos intermediários. Portanto a filosofia primeira, de princípios e causas, percorrendo da causa primeira até as causas últimas é um projeto fracassado porque deixa de examinar as causas intermediárias (BACON, 1999, p. 54-55). A doutrina de Bacon abole a confiança devota nos sentidos e na mente, uma vez que os primeiros são viciosos e a mente produz superstições. Diante disso, a natureza é o objeto de estudo que satisfaz a ânsia de conhecimento do pesquisador diligente.

O método experimental e indutivo compõe a característica predominante da filosofia natural de Bacon. Ele separou a “experiência vaga” da “experiência estruturada”. A primeira é espúria, ocasional e destituída de segurança. Já a segunda consiste no acúmulo contínuo de observações e experimentos que permitem ao pesquisador selecionar com rigor aquilo que constitui os dados cruciais a serem analisados. Essa observação, de modo algum pode ser desinteressada (BACON, 1999, p. 14). Para tanto requer – conforme Feyerabend menciona – uma “reconstrução do ser humano” na obra de Bacon, destituído de preconceitos e livre de ídolos (FEYERABEND, 2011, p. 152). A partir disso, é possível perceber que Bacon está postulando uma nova concepção de homem moderno. Ao contrário do homem antigo, o homem moderno detém, em sua vantagem, a reconquista do seu poder, até então perdido, sobre a natureza.

Não é o prazer da curiosidade, nem a tranquilidade da resolução, não é a elevação do espírito, nem a vitória ou a argúcia, não é a habilidade do discurso, nem o lucro na profissão, não é a ambição de honra ou fama, nem a habilidade nos negócios que constituem o verdadeiro fim do conhecimento [...] O

verdadeiro fim do conhecimento é a restituição e a restauração do homem à soberania e ao poder que ele tinha no primeiro estágio da criação. (BACON, apud ROSSI 1992, p. 79)

Bacon estava interessado em encontrar um conhecimento que lhe fornecesse a capacidade de aplicá-lo em situações reais, os quais fossem utilizados em benefício do homem, retornando ao primeiro estágio da criação. Paolo Rossi (1992, p. 65-84) sublinha que nos anos finais de sua vida, Bacon manifestou uma relação cada vez mais forte entre a sua filosofia natural e o tema religioso da redenção pelas obras¹⁶. Feyerabend realça que o próprio vocabulário de Bacon resguarda com proeminência de jargões comumente presente na esfera religiosa, como por exemplo, “um ramo demolidor”, um “processo expiatório” e uma “purificação da mente”, como requisitos prévios para o acúmulo de conhecimento seguro (FEYERABEND, 2011, p. 151).

De modo exponencial, à medida que construímos equipamentos cada vez mais completos e aperfeiçoados, ampliamos em larga escala a quantidade de controle e conhecimento sobre a natureza. Esse controle serve para antecipar e predizer fenômenos, tornando os homens os legítimos senhores da natureza. Em evidente alusão à linguagem bíblica, Bacon dirá que ao agir dessa maneira diante da natureza, os homens estarão redimidos do pecado original.

Diante da oposição entre método indutivo e dedutivo, Bacon não admitia o sistema copernicano devido à presença de enunciados puramente formais e apriorísticos no novo sistema planetário. Kuhn afirma:

Bacon se mostrara incrédulo não apenas com as matemáticas, mas com a totalidade da estrutura quase dedutiva da ciência clássica. Os críticos que o ridicularizaram porque não reconheceu a ciência superior de sua época não perceberam seu objetivo. Ele não rejeitou o copernicanismo porque preferia o sistema ptolomaico, mas rejeitou ambos porque, a seu ver, nenhum sistema tão complexo, abstrato e matemático poderia contribuir para o conhecimento ou controle da natureza (KUHN, 2011, p. 72)

O objetivo principal do método empírico formulado por Bacon diz respeito à descoberta de circunstâncias até então não catalogadas que adicionariam quantidade de informações acessíveis à pesquisa e intervenção humana.

O método formulado por Bacon está baseado em experimentos sistemáticos, designado de “experiência literata”. Ele se pronuncia:

¹⁶ Em *Contra o método*, Feyerabend apresenta uma analogia – predominante na tradição empirista – formulada por Bacon, entre a relação do divino com a natureza, enquanto dotada de leis regulares. Segundo Bacon o observador atento da natureza deve ser como uma criança que almeja alcançar os céus (FEYERABEND, 2011, p. 58).

Desse modo, é de se esperar que há ainda recônditas, no seio da natureza, muitas coisas de grande utilidade, que não guardam nenhuma espécie de relação ou paralelismo com as já conhecidas, mas que estão fora da rota da imaginação. Até agora não foram descobertas. Mas não há dúvida de que no transcurso do tempo e no decorrer dos séculos virão à luz, do mesmo modo que as antes referidas. Mas, segundo o caminho que estamos apontando, elas podem ser mostradas muito antes do tempo usual, podem ser antecipadas, de forma rápida, repentina e simultaneamente (BACON, 1999, p. 83)

O trecho acima assinala a articulação de algumas características já mencionadas acerca da filosofia experimentalista de Bacon, sobretudo, a utilidade da pesquisa científica, os segredos ocultos da natureza revelados à luz da aplicação do método experimental, a possibilidade de descobertas que extrapolam a mera imaginação; experimentos conduzidos que permitem ultrapassar a natureza latente das coisas triviais, e a temática mais recorrente, a promessa de conquista da natureza a partir de experimentos inovadores.

Três aspectos do movimento experimental ensejados pela tradição experimental do século XVII executados por homens como Gilbert, Boyle e Hooke são mencionados por Kuhn. São eles: a adoção de um compromisso metafísico advindo da filosofia corpuscular; em segundo lugar, experimentos que obrigavam a natureza a emitir respostas sólidas, aquilo que Bacon chama de “torcer a causa do leão” e, por fim, a principal inovação da tradição baconiana, a prescrição do uso de equipamentos no procedimento da pesquisa, tais como, telescópios, microscópios, termômetros, barômetros, bombas de ar, detectores de cargas elétricas, entre outros¹⁷ (KUHN, 2011, p. 67-68).

Esses aspectos geraram consequências metodológicas assinaladas a seguir. Em primeiro lugar, a tradição experimental se vincula à valorização da experimentação e observação, ao passo que as noções puramente teóricas são, pelo menos nos primórdios desta tradição, suprimidas e menosprezadas. Com efeito, em vez de criar experimentos mentais para acomodar suas teorias ou postular um ponto de partida apriorista que antecipe previsões inoperantes; o homem ativo da ciência moderna age diretamente na natureza. Em segundo lugar, a exigência de recolher dados relevantes derivados de experimentos, submetendo a natureza a interrogações incessantes do crivo experimental, enfatizando sua utilidade. Em terceiro lugar, a construção de equipamentos, forjados para a produção da pesquisa, consiste na principal novidade do movimento experimental. Instrumentos como telescópios, microscópios, termômetros, entre

¹⁷ Não há registros que apontem para o fato de Bacon ter usado algum equipamento desse tipo. Mas o ponto mais relevante aqui é perceber a importância de sua metodologia e, de que modo esta, participou na ciência moderna. Embora Bacon tenha formulado as diretrizes Galileu é quem, de fato, aponta o telescópio e inaugura o uso de instrumentos na pesquisa (KOYRÉ, 2006, p. 81-82).

outros dispositivos experimentais, retratam a influência da tradição experimental para a ciência moderna (KUHN, 2011, p. 67-81).

A mudança de visão sobre o comportamento adequado do homem moderno repercutirá, conseqüentemente, na estrutura do currículo acadêmico, pois, de acordo com a perspectiva assumida por Bacon, as instituições de ensino são organizadas de modo similar ao cárcere, visto que se constituem como um ambiente avesso à liberdade.

As ciências experimentais demoraram a integrar formalmente o currículo acadêmico europeu, exceto na Inglaterra, sobretudo depois da Royal Society emergir. Até a segunda metade do século XIX, seus praticantes estavam relegados à categoria de amadores e suas produções eram majoritariamente confinadas a farmácia e indústria (KUHN, 2011, p. 75-76).

Portanto o corpuscularismo de Bacon conseguiu fornecer uma “justificativa para a experimentação que nenhuma forma de aristotelismo ou platonismo poderia ter dado. Enquanto a tradição que regia a explicação científica demandava a especificação de causas formais ou essências, somente os dados fornecidos pelo curso natural dos eventos poderiam ter relevância” (KUHN, 2011, p. 78).

1.2.3 A Matematização da Natureza

Após a explanação do método experimental, componente frequentemente salientado pelos estudiosos da história da ciência moderna, vamos visualizar o segundo aspecto fundamental para o advento da revolução científica: a matematização da natureza, cuja pressuposição se atesta nas obras de Pitágoras e Platão, e foi assumida como um compromisso metafísico incorporado à ciência moderna, sobretudo pelas obras de Copérnico e Galileu.

Alexandre Koyré (2006, p. 2) acentua que a revolução científica do século XVII contém explicações redutíveis à duas manifestações fundamentais: a distinção do Cósmos e a geometrização do espaço, isto é, substituição do mundo como um todo finito e bem ordenado, no qual a estrutura espacial materializava uma hierarquia de perfeição e valorização das causas primeiras e divinas; por um mundo de espaço homogêneo, desprovido de centro cujas verdades são reveladas por intermédio das entidades matemáticas, itens reais e indispensáveis para a pesquisa científica¹⁸.

¹⁸ A adoção de uma base metafísica quantitativa representou outra rejeição da tradição ortodoxa. Segundo Aristóteles, os fenômenos naturais não carecem de explicações matemáticas (GALILEU, 2001, p. 94).

O hermetismo e o neoplatonismo¹⁹ foram vertentes vitais para o renascimento da metafísica quantitativa da ciência moderna, sendo decisiva para a aceitação do copernicanismo. Esse aspecto é sublinhado por célebres estudiosos do tema, como Burt, Alexandre Koyré, Arthur Lovejoy, Paolo Rossi e Kuhn. Em síntese, se refere a uma transição de uma cosmologia de caráter predominantemente qualitativo para uma cosmologia ensejada por uma tradição quantitativa (KUHN, 2011, p. 64-65). Esse processo culminou com a conjunção entre a matemática, as ciências físicas clássicas e o procedimento experimental, dando impulso necessário à gênese e consolidação do método científico do século XVII.

A estética e a harmonia cosmológica exibida no *Timeu* de Platão constituíram o pano de fundo das ciências físicas clássicas, tais como a astronomia, a estática, a ótica e a geometria. Nesta obra de Platão, a divindade é representada como um artífice que realiza sua criação a partir de axiomas e figuras geométricas (LOVEJOY, 2001).

É extremamente difícil narrar como ocorreu a transmissão da tradição pitagórica para a posteridade, e os próprios estudiosos do tema reconhecem essa dificuldade²⁰. De qualquer modo, embora a geometria e a matemática não contassem com plena aceitação por parte da concepção canônica aristotélica, elas não estavam de fora da prática científica do período clássico. Isso ocorreu principalmente em função da recepção da filosofia de Platão e dos seus sucessores neoplatônicos. O ponto central que envolve a tradição matemática consiste em reduzir os fenômenos observacionais ao tratamento do formalismo matemático. Essa prescrição metodológica inspirou em larga escala nomes de prestígio da ciência moderna, como Copérnico, Galileu e Descartes (KOYRÉ, 1982, p. 71).

Existe uma herança pitagórica e platônica evidente no pensamento cosmológico de Copérnico e Galileu (KOYRÉ, 2006, p. 28-29). Em vez de considerar a matemática como uma mera arte, esses autores sustentavam que o universo e as leis que o regem são compostos de caracteres matemáticos. Assim, é imperioso verificar que a adesão a uma metafísica de caráter eminentemente pitagórico e neoplatônico, implicava na redução da natureza à matemática.

Se por um lado a revolução científica deve ser compreendida à luz da rejeição às teorias proferidas por Aristóteles e seus asseclas; por outro lado, ela deve ser interpretada a partir de

¹⁹ É interessante ressaltar que existem diferenças entre os termos. Tais divergências dizem respeito aos âmbitos temporais, geográficos e ideológicos. Contudo, vamos usar os termos “hermetismo” e “neoplatonismo” como sinônimos ao longo deste trabalho.

²⁰ Apesar dessa dificuldade expressa, alguns estudiosos da ciência moderna como Burt apontam para o itinerário desse processo. Ele afirma: “No final da Idade Média, com o despontar de um vigoroso renascimento do estudo matemático, as mesmas premissas e os mesmos métodos foram aceitos acriticamente e expressavam expectativas entusiásticas a respeito da possibilidade de uma interpretação matemática mais completa da natureza” (BURTT, 2003, p. 42-43).

um comprometimento com aspectos preponderantes de uma ontologia fortemente influenciada por Platão. Burttt acentua que “Platão parecia ser o filósofo da natureza; Aristóteles que era conhecido apenas pela sua lógica, parecia um dialético árido” (BURTT, 2003, p. 53).

A cosmovisão aristotélica cultivava maior apreço e prioridade para a análise em termos qualitativos e o papel desempenhado pela matemática nas categorias metafísicas de Aristóteles se subordinava a dimensão qualitativa. Burttt esclarece este tópico da seguinte maneira:

A quantidade era apenas uma das dez categorias e nem sequer a mais importante. À matemática era atribuída uma dignidade intermediária, entre a metafísica e a física. A natureza era fundamentalmente qualitativa, ademais de quantitativa; a chave para o conhecimento superior tinha, portanto, de ser a lógica, mais que a matemática. Se à matemática correspondia esse lugar secundário na filosofia, não poderia deixar de parecer ridículo a um aristotélico se alguém sugerisse seriamente que toda essa visão da natureza devesse ser posta de lado no interesse de uma geometria mais simples e mais harmoniosa (BURTT, 2003, p. 55)

Este trecho expõe o contraste que envolve a metafísica de matriz aristotélica em relação à metafísica simétrica e quantitativa de base platônica-pitagórica, na qual Copérnico, Kepler, Galileu, Descartes e outros mais, aplicaram às suas teorias. Embora Aristóteles depreciasse a matemática, a revolução científica somente pode ser genuinamente elucidada se se assume que os números sejam entidades pelas quais se produz tudo o que constitui e organiza harmonicamente o universo.

Mas antes dos grandes nomes da ciência moderna que sofreram influência do corpuscularismo, como Bacon e Boyle; e do hermetismo, como Kepler; houve aqueles membros que participaram da transição entre a cosmologia medieval e o universo heliocêntrico como Nicolau de Cusa, cuja relação que abrange hermetismo e heliocentrismo ocorre de modo evidente (KOYRÉ, 2006, p. 21). Segundo o misticismo hermético, o sol no centro estava destinado a iluminar os corpos celestes.

Do ponto de vista estético, a esfera possui um valor imensurável na medida em que todos os pontos são equidistantes de seu centro. As cosmologias ocidentais, sendo o modelo de esferas homocêntricas (sublunar e supralunar) o mais aceito, foram forjadas com o propósito de conferir sentido à vida humana, determinando o lugar que este ocupava no mundo e sua posição em relação ao divino (KUHN, 1957, p. 38).

Além disso, Kuhn enfatiza que as leis do movimento eram estudadas na antiguidade a partir de uma abordagem puramente qualitativa. Mas após os séculos XVI e XVII o mesmo estudo foi subvertido por uma abordagem quantitativa. Esse foi um fator interno de suma importância para os empreendimentos levados a cabo durante esse período usualmente

designado de revolução científica. Sendo Galileu provavelmente o membro mais radical dessa tradição matemática (KUNH, 2011, p. 64). Ele declara que Deus é “um geômetra em seus afazeres criativos – o mundo é, para Ele, um sistema matemático” (BURTT, 2003, p. 82).

Os princípios e axiomas da matemática foram aplicados ao espaço geométrico. O renascimento vivificou a concepção esotérica e mística da filosofia antiga, sobretudo a tradição pitagórica, de caráter assumidamente matemático e geométrico, cuja simetria e proporção definiam a cosmologia como uma hierarquia organizada em conformidade com as relações numéricas. Isso decorre, em grande medida, devido à expansão do neoplatonismo e do hermetismo sustentado por Nicolau de Cusa e Giordano Bruno (KOYRÉ, 2006, p. 17-24).

Fortemente influenciados por estas pressuposições heurísticas, homens como Copérnico, Kepler, Galileu e Newton se aventuraram a explorar a natureza de um modo inovador, marcando assim o advento da ciência moderna. Em decorrência disso, o saber que até então estava reservado a um grupo restrito de intelectuais dos mosteiros e das universidades católicas, passou a pertencer ao domínio público. O livro da natureza estava à disposição de todo aquele que induz a investigá-lo no intuito de desvendar os seus enigmas mais profundos. Em vez de apelar para argumentos de autoridade provenientes das Sagradas Escrituras, os cientistas começaram a deduzir que a verdade depende exclusivamente do poder das evidências empíricas disponíveis, de tal maneira que os experimentos sejam cuidadosamente repetidos e o seu resultado seja demonstrado intersubjetivamente (ROSSI, 2001, p. 14).

Inspirado pelo renascimento do movimento neoplatônico nas tradições esotéricas da Europa durante o apogeu do renascimento, o cônego Copérnico foi responsável pela formulação das premissas básicas do novo sistema cosmológico e astronômico que perdura até os dias contemporâneos. As tradições neopitagóricas e neoplatônicas tinham o hábito de cultuar o Sol. Assim, a centralidade do Sol parecia ser a correta configuração do sistema planetário. Veremos um pouco a respeito de Copérnico na próxima seção.

1.3 A Revolução Copernicana

Por volta do século II d.C. o ilustre astrônomo Cláudio Ptolomeu, baseado na cosmologia aristotélica, desenvolveu um modelo astronômico geocêntrico. A sua obra mais conhecida, o *Almagesto*, constitui fonte inesgotável de estudos sobre o movimento dos céus. Ptolomeu é reconhecido por ter elaborado seu sistema de mundo de modo geométrico-numérico com tabelas acerca do movimento dos planetas. No decorrer de toda a Antiguidade e a Idade Média suas ideias foram cotejadas com enorme prestígio, sobretudo porque se alinhavam às percepções dos sentidos.

Apesar de certas anomalias entre a teoria e as observações – o seu modelo era incrivelmente útil e suas predições foram confirmadas em inúmeras ocasiões (KUHN, 1957, p. 54-55). Thomas Kuhn fez questão de reiterar que o sistema ptolomaico conseguia explicar satisfatoriamente irregularidades do movimento planetário, tais como o movimento retrógrado, que consiste na trajetória efetuada pelos planetas em direção oposta ao Sol, no modelo geocêntrico de Ptolomeu, o sistema de epiciclos era utilizado para explicar esse evento (KUHN, 1957, p. 64).

Pouco material existe disponível sobre a biografia pessoal e intelectual de Copérnico a ponto reconstruir os seus passos pelo caminho que o conduziu até os cálculos astronômicos. A proeza de Copérnico está codificada em sua principal obra, *De Revolutionibus*, obra concebida por ele na tentativa de resolver o problema do movimento dos planetas, o texto corresponde a um registro autêntico que dispõe de um tesouro inestimável para compreender o processo que culminou com a dissolução da cosmologia medieval²¹. Observa-se a partir da leitura, a riqueza e simetria dos cálculos e, paradoxalmente, a pequena quantidade de observações²². Conforme o registro assinalado por Koyré, durante o seu trabalho astronômico Copérnico coletou apenas 27 observações.

Diante dos seus adversários, a nova cosmologia criada por Copérnico representava um avanço em dois aspectos cruciais. Em primeiro lugar, exibia uma simplificação matemática, visto que Copérnico e seus sucessores asseveravam que a natureza é governada pelo princípio da simplificação matemática e da harmonia. Em segundo lugar, o modelo copernicano manifestava beleza estética. Ambos os aspectos estão intimamente articulados à tradição neopitagórica e neoplatônica na qual Copérnico se insere.

O primeiro ponto mostra que, a despeito de inúmeras objeções que possam eventualmente se levantar contra atribuir mobilidade à Terra, a cosmologia copernicana contava com a vantagem de encarar os fatos astronômicos numa ordem matemática mais simples e objetiva (BURTT, 2003, p. 51).

O segundo ponto é sublinhado por Kuhn. Ele insinua que muitos dos fatores que provocaram a adoção do heliocentrismo resultam de uma questão de juízo estético ou opção metafísica. Kuhn endossa que tal disposição ocorreu devido à preferência, de teor neopitagórico e neoplatônico, por uma cosmologia harmônica e simétrica (KUHN, 1957, p. 173-177).

²¹ É oportuno mencionar a rejeição de alguns historiadores da ciência, dentre os quais Alexandre Koyré, em rotular Copérnico como um mero precursor de Galileu e Kepler. Em nota de rodapé ao prefácio do *De Revolutionibus*, Koyré diz: “Nada teve uma influência mais nefasta sobre a história que a noção de 'precursor'. Considerar alguém como 'precursor' de alguém é, certamente, impedir-se de compreendê-lo” (KOYRÉ, 1934, p. 4).

²² Tudo se mudará com as observações de Galileu e Tycho Brahe, conforme veremos adiante.

Um traço nítido desses avanços é indicado em função de que o sistema astronômico que continha uma nova tabela de cálculos, a qual, de acordo com seus astrônomos adeptos, revelavam a harmonia e simetria do universo²³. O conjunto da cosmologia copernicana foi fruto do esforço em ajustar teoria e observação do modo mais simples possível, tanto que a reforma de Copérnico acarretava a renúncia dos grandes epiciclos e dos equantos ptolomaicos, visto que se tornaram ingredientes supérfluos para a explicação do movimento planetário. Por causa desta simplicidade, o sistema copernicano foi responsável por abrir terreno para a contestação do sistema aristotélico-ptolomaico²⁴.

No prefácio de Copérnico consta uma variedade de inconsistências matemáticas que o induziram a reformar a astronomia predecessora. São elas: (1) Os matemáticos não tinham certeza do movimento do Sol e da Lua, isso os impedia de explicar a duração do ano sazonal; (2) Faltava correspondência entre as previsões dos cálculos e as aparências manifestadas aos sentidos; (3) Uma vez que as hipóteses matemáticas apresentavam inconsistências, careciam de verificação.

Em uma passagem do Livro Um Copérnico relata certas anomalias entre o sistema geocêntrico e o movimento dos planetas:

Concorda-se então geralmente em que os movimentos do Sol, da Lua e dos Planetas parecem irregularidades, tanto devido às diversas direções dos seus eixos de revolução, como porque a Terra não é o centro dos círculos nos quais evoluem; portanto, para nós, na Terra, a deslocação destes corpos (ao longo de suas órbitas) parece maior quando estão próximos (da Terra) do que quando estão afastados. Assim, movimentos iguais de uma esfera, vistos de distâncias diferentes, parecerão cobrir distâncias diferentes em tempos iguais. É, portanto, necessário, acima de tudo, observar cuidadosamente a relação da Terra com o Céu, para que procurando as coisas no alto, não passemos por aquelas que nos estão mais próximas, erradamente atribuamos qualidades terrenas aos corpos celestes (apud KUHN, 1957, p. 148)

A leitura do *Revolutioninus* mostra nitidamente que Copérnico demonstrava descontentamento diante do hiato subjacente às previsões e dados observacionais, o que o conduziu a indagar acerca dos conceitos fundamentais da cosmologia aristotélica-ptolomaica.

²³ Embora a tabela com os registros dos cálculos e a harmonia matemática sejam fatores mencionados com frequência na explicação da aceitação do modelo copernicano, isso ainda é incorreto. Conforme Burt (2003), Koyré (2006) e Kuhn (1957) deixam claro, tanto o modelo de Ptolomeu quanto o de Copérnico se mostravam capazes de obter resultados igualmente satisfatórios. No entanto, não é nosso objetivo realizar um trabalho exegético acerca da revolução astronômica.

²⁴ Burt relata a pressuposição metafísica da simplicidade matemática da natureza, ele diz: “Esta noção de que a natureza se desincumbe de suas funções de maneira mais cômoda, sem trabalho excessivo teria tendido a diminuir em algo a repulsa que a maioria dos cérebros deve ter sentido com relação a Copérnico; os complexos epiciclos haviam decrescido em número, várias irregularidades do sistema ptolomaico foram eliminadas, e isso era algo que devia valorizar” (BURTT, 2003, p. 39).

Ele conclui que em virtude dessa inconsistência, a astronomia requeria uma reforma urgente²⁵.

Copérnico desvencilhou-se do sistema de Ptolomeu principalmente por dois componentes fundamentais²⁶. Em primeiro lugar, em vez de utilizar a Terra como ponto de referência, a estrutura do seu sistema astronômico emprega como ponto de referência as estrelas fixas e o Sol. Em segundo lugar, Copérnico atribui movimento à Terra, o que culminou com o heliocentrismo. Ao atribuir mobilidade à Terra, Copérnico foi obrigado a inseri-la em uma posição periférica, isto é, como um planeta como outro qualquer. Consequentemente, questionou a aparência e os dados dos sentidos, que pareciam contar a favor de uma Terra estacionária (BURTT, 2003, p. 32-37). O famoso matemático francês Henri Poincaré comenta sobre as mudanças epistêmicas provocadas pela nova astronomia:

Foi também ela que melhor nos ensinou a desconfiar das aparências. No dia em que Copérnico provou que o que se pensava ser mais estável estava em movimento, que o que se pensava ser móvel era fixo, mostrou-nos quão enganadores podiam ser os raciocínios infantis que provém diretamente dos dados imediatos dos nossos sentidos; é verdade que suas ideias não triunfaram sem dificuldade, mas, depois desse triunfo, não há mais preconceito inveterado que não sejamos capazes de abalar (POINCARÉ, 1995, p. 105)

Agindo assim, Copérnico estava notadamente estava se desviando do empirismo ingênuo de Aristóteles e dos escolásticos, que recorria ao testemunho dos sentidos como justificativa para inferir a imobilidade da Terra.

Apesar de contar com a adesão de matemáticos engenhosos e acurados astrônomos, tais como Galileu, Kepler e Brahe, faltava ao copernicanismo uma explicação mais consistente, habilitada a contornar os problemas oferecidos dentro do escopo da própria teoria. Kuhn enunciou esse dilema:

Copérnico, no século XVI, só forneceu uma nova explicação matemática do modo como se moviam os planetas; não conseguiu explicar por que razão os planetas se moviam como ele disse que o faziam. Inicialmente a sua astronomia matemática não fazia sentido aos termos físicos e, portanto, levantou novos tipos de problemas aos seus sucessores. Esses problemas só foram resolvidos por Newton, cuja dinâmica fornecia a chave que faltava ao sistema matemático de Copérnico (KUHN, 1957, p. 122)

Conforme exposto no relato, estamos com o diagnóstico de que restava uma força física

²⁵ Feyerabend comenta essas motivações de Copérnico: “Copérnico era um bom cristão fiel e um bom aristotélico; tentou restaurar o movimento circular centrado à proeminência que certa vez tinha tido, postulou uma Terra em movimento, rearranjou as órbitas planetárias e deu valores absolutos para seus diâmetros” (2011, p. 181).

²⁶ É um equívoco atribuir ao sistema copernicano a novidade da aplicação da matemática para pormenorizar o movimento dos astros celestes. Cerca de 10 séculos antes, o *Almagesto* de Ptolomeu já apresentava uma explicação completa e quantitativa dos movimentos celestes (KUHN, 1957, p. 73-74).

que fosse capaz de produzir o recurso necessário para explicar satisfatoriamente os movimentos planetários. As computações de Copérnico foram efetuadas com o propósito de corrigir e reformar as imperfeições da estrutura do sistema de Ptolomeu. Copérnico enfrentou a dificuldade de conciliar o que a teoria prediz com o resultado alcançado pelas observações. Tanto de um ponto de vista explicativo quanto de um ponto de vista de relatório de observação foi o filósofo e matemático italiano Galileu Galilei (1564-1642) foi quem alcançou esse desiderato.

1.4 Galileu

As ideias que circulavam na Europa adquiriram maior respeito em decorrência das minuciosas observações astronômicas, cujos dados serviram para colocar em xeque as concepções cosmológicas advindas de Aristóteles e Ptolomeu e, igualmente, contribuíram para a aceitação do sistema planetário de Copérnico.

Além de terem sido publicados postumamente, os resultados extraídos dos cálculos de Copérnico foram absorvidos sob o formato de hipótese. Conforme se lê no prefácio redigido por Andreas Osiander (2008, p. 253): “Não é necessário que essas hipóteses sejam verdadeiras e nem mesmo verossímeis, bastando apenas que forneçam cálculos que concordem com as observações”.

Essa passagem deixa claro que Osiander considerava que o heliocentrismo sustentado pela obra de Copérnico deveria ser assumido como uma ferramenta matemática de explicação e predição dos movimentos celestes e planetários, o que evidentemente significava que teria de ser usado para facilitar essas tarefas, mas sem qualquer vestígio de compromisso com a verdade e a realidade. Apesar de ter sido publicado sob o formato de artifício matemático e ser extremamente útil para a reforma do calendário gregoriano, o heliocentrismo defendido na obra de Copérnico acabou sofrendo condenação por parte da Santa Sé.

Por outro lado, o astrônomo italiano Galileu Galilei (1564-1642), um copernicano convicto, ousou afirmar que o novo sistema astronômico era muito mais do que uma simples hipótese. Segundo Galileu (1983, p. 46), a natureza está escrita em caracteres matemáticos. Portanto, quem for instruído em linguagem matemática será plenamente capaz de transcrever as verdades concernentes à natureza, divulgando assim os seus segredos. Daí é possível perceber uma importante diferença envolvendo, de um lado, a doutrina de Osiander e, do outro, a de Galileu. Na sequência veremos o caso de Galileu com maior atenção.

Embora o copernicanismo representasse uma imensa revolução epistêmica no que tange à concepção científica e astronômica daquela época, a partir do uso do telescópio Galileu

começou a crer que o modelo planetário heliocêntrico não é tão somente uma suposição matemática, mas um juízo factual a respeito do verdadeiro sistema do mundo.

Em 1610 veio à tona *O Mensageiro das Estrelas* redigido por Galileu constitui o registro de suas observações. Após construir um equipamento que o permitiu enxergar a sutileza de objetos a grande distância, ele o projetou em direção a Lua e o que descobriu foi recebido com bastante espanto. Diante disso, Galileu deixa de duvidar de Copérnico e passa a manifestar publicamente sua adesão à nova cosmologia. Galileu elenca cinco teses para salientar a literalidade do sistema copernicano: I). As fases de Vênus; II). A descoberta das luas de Júpiter, que serão tratadas adiante; III). O deslocamento mensal das manchas solares; IV). O movimento retrógrado dos planetas dissonantes com a predição dos cálculos ptolomaicos e V). As manchas e crateras no solo lunar.

Devido à curta extensão deste trabalho e da singularidade do item V), vamos analisá-lo com maior atenção.

Em janeiro de 1609 Galileu apontou várias vezes sua luneta – um tipo de protótipo de telescópio – em direção à Lua e obteve dados espantosos, conforme segue:

Daí, conseqüentemente, que qualquer pessoa compreenda, com a certeza dos sentidos, que a Lua não é de maneira nenhuma revestida de uma superfície lisa e perfeitamente polida, mas sim de uma superfície acidentada e desigual, e que, como a própria face da Terra, está coberta em todas as partes por enormes protuberâncias, depressões profundas, e sinuosidades (GALILEU, 2010, p. 152)

Em oposição à cosmologia aristotélica-tomista, Galileu descobre que a lua possui proeminências e cavidades o que conseqüentemente demonstra que a sua superfície é irregular, o que exprime uma anomalia acerca da predição teórica da cosmologia de Aristóteles e, portanto, viola diretamente com a divisão de mundo supralunar e sublunar. As manchas na Lua, por sua vez, se mostram devido às montanhas que, ao serem iluminadas pelos raios solares, refletem luz e provocam sombras nas planícies (GALILEU, 2001, p. 180). Em virtude disso, Galileu sugere o uso de instrumentos como o telescópio para benefício da pesquisa científica²⁷. Outro ponto crucial, é que Galileu equiparou os objetos sublunares e supralunares, conforme observaremos no decorrer desta seção, enfatizando que tanto a Terra quanto a Lua possuem relevo nas suas respectivas superfícies.

²⁷ Apesar disso, o telescópio galileano foi alvo de duras críticas dos seguidores mais fervorosos da cosmologia aristotélica-tomista, de acordo com os quais as imagens do telescópio produzem anomalias e distorções nas imagens reais (FEYERABEND, 2011). Para refutar os críticos, Galileu publicou em 1623 *O Ensaíador*, obra em que ele analisa com maior atenção as imagens obtidas através do uso do telescópio. Outro assunto abordado nesta obra se refere à geração e corrupção das estrelas e cometas no mundo supralunar, que adicionava outro indício contrário à cosmologia aristotélica.

Do mesmo modo como as manchas da lua simbolizam que a face encoberta não está sendo naquele momento iluminada pelos raios solares, cuja variação orbital provoca as fases da Lua, igualmente ocorre com a Terra, o que incide na configuração do fuso horário. Isso o levou a inferir a presença dos movimentos de rotação e translação e, por conseguinte, a conceber a Terra como um mero planeta tal como os demais planetas do sistema planetário. Essa crença explicitava uma tese oriunda do pitagorismo, segundo a qual a Lua era uma réplica da Terra. Essa visão, além disso, insinua que a parte clara equivale à porção rochosa da Lua, enquanto a escura tende a aduzir a presença de mares na lua, assim como ele equiparou a atmosfera da Terra à Lua. Assim, Galileu estava autorizado a acomodar a similaridade do relevo terrestre ao relevo lunar. Ele emitiu o relato de sua descoberta dos quatro satélites naturais de Júpiter, denominados de planetas mediceus, na citação abaixo:

De fato, agora temos não mais um planeta girando em torno de outro enquanto ambos percorrem uma órbita em torno do Sol, mas certamente quatro estrelas que, como a Lua ao redor da Terra, se oferecem aos nossos sentidos girando em torno de Júpiter, enquanto todos eles percorrem junto com Júpiter uma grande órbita em torno do Sol no lapso de 12 anos. Não há de se esquecer, tampouco, a razão pela qual os Astros Médiceos, que realizam revoluções muito pequenas em torno de Júpiter, apareçam em tamanho maior que o dobro (GALILEU, 2010, p. 77)

A partir longas noites de minuciosas observações, Galileu foi levado a acreditar que Júpiter e seus respectivos satélites naturais fossem uma réplica do sistema planetário heliocêntrico, no qual Júpiter estava para suas luas assim como a Terra estava para Lua ou o Sol estava para a Terra. Essa evidência, na perspectiva assumida por Galileu, corrobora com a posição defendida pelo heliocentrismo. Kuhn declara:

Depois de 1609, homens que só tinham vagas noções de astronomia, podiam olhar através do telescópio e ver por si mesmos que o universo não se conformava com os preceitos ingênuos do senso comum, e durante o século XVII eles olharam, de fato. O telescópio tornou-se um brinquedo popular. Homens que nunca antes haviam mostrado interesse por astronomia ou por qualquer ciência compravam ou pediam emprestado o novo instrumento e esquadriavam avidamente os céus em noites claras (KUHN, 1957, p. 225)

Galileu percebeu que havia mais semelhanças do que diferenças entre a Terra e a Lua. Em primeiro lugar, tanto a Terra quanto a Lua são corpos esféricos. Do contrário, não haveria simultaneamente partes iluminadas e não iluminadas em ambos os lugares. Em segundo, elas são opacas e recebem luz solar. Terceiro, são densas e sólidas, dotadas de uma superfície irregular, repleta de montanhas e depressões. Quarto, de acordo com o exercício pedagógico

galileano, um observador em solo lunar enxergaria a Terra passar pelas mesmas fases da Lua (GALILEU, 2001, p. 141-145).

Essas conclusões não foram aceitas pelos defensores mais obstinados do sistema de Aristóteles. Nos *Diálogos* de Galileu (2001), o personagem aristotélico Simplicio, nega que existam manchas e irregulares na Lua. Segundo ele, o telescópio não é uma fonte confiável de aquisição de conhecimento, ao contrário, ele provoca distorção nas imagens visuais por ele capturadas. Após as descobertas de Galileu tornou-se possível encarar o sistema copernicano como algo além de simplesmente um artifício matemático, dotado de uma grandeza puramente preditiva e útil para explicar fenômenos muito pontuais. Ele diz:

Por consequência necessária afirmar que os atributos de gerável ou não gerável, alterável ou inalterável, divisível ou indivisível etc., convêm igualmente a todos os corpos do mundo, ou seja, tanto aos celestes quanto aos elementares, ou que Aristóteles de forma imprópria ou errônea deduziu do movimento circular aqueles atributos que atribuiu aos corpos celestes (GALILEU, 2001, p. 117-118)

Ao constatar as cavidades do solo lunar, o aparecimento de cometas e outros fenômenos astronômicos abertamente contrários às predições de Aristóteles e Ptolomeu, Galileu passou a rejeitar a separação proveniente da cosmologia aristotélica entre mundo sublunar e mundo supralunar.

Galileu começou a considerar o universo como composto de partes homogêneas, que contém a mesma ordem e regularidade natural.

1.4.1 O advento de um novo repertório de leis do movimento.

Apesar de possuir cálculos e observações mediante a utilização do telescópio, os fundamentos da ciência moderna requeriam novas leis do movimento para serem erguidos. Os adeptos da cosmovisão tradicional não estavam dispostos a recuarem diante da posição copernicana. Para realizar com êxito esse empreendimento, os astrônomos geocêntricos enunciaram contra-argumentos à dinâmica terrestre galileana, alegando que se a Terra estivesse em movimento, então um objeto lançado do alto de uma torre deveria efetuar uma trajetória em linha diagonal. Mas o fenômeno observado revela o contrário, isto é, que a trajetória do corpo lançado do topo de uma torre permanece em linha reta até atingir o solo. Esse raciocínio, por conseguinte, serve para refutar a hipótese da mobilidade da Terra.

Com efeito, Galileu reitera que a utilização exclusiva dos dados dos sentidos para a justificação da imobilidade da Terra é uma falácia e, portanto, não possui validade epistêmica. De acordo com ele a razão deve intervir para corrigir os dados dos sentidos (FEYERABEND,

2011, p. 90). Na verdade, a sua perspectiva está se opondo ao empirismo ingênuo de Aristóteles que não distingue movimento real e movimento relativo (GALILEU, 2001, p. 113).

Aristóteles concebeu a Terra centralizada e em repouso. Os herdeiros de sua cosmologia elaboram diversos argumentos para comprovar o repouso da Terra. Segundo eles, todas as ocasiões nas quais uma pedra é lançada do alto de uma torre ou é lançada do mastro de um navio deverão perfazer uma queda vertical, o que sugere que a Terra prossegue imóvel.

Para responder a esse desafio, Galileu evoca um vívido experimento. Ele pede para considerarmos o seguinte cenário:

Deixando cair uma bola de chumbo do alto do mastro de um navio que esteja parado, marcando o lugar onde ela bate, que é próximo da base do mastro; mas, se do mesmo lugar deixa-se cair a mesma bola, quando o navio estiver em movimento, sua batida será afastada da outra por tanto espaço quanto o navio adiantou-se durante o tempo da queda do chumbo, e isto simplesmente porque o movimento natural da bola posta em liberdade é por linha reta em direção ao centro da Terra (GALILEU, 2001, p. 207)

Os defensores da imobilidade da Terra alegavam que se ela estivesse em movimento, este deveria suceder de forma violenta, vindo a provocar moção em todos os corpos restantes situados na Terra. Um segundo argumento se refere à disposição das estrelas fixas, pois ao atribuir movimento de rotação e translação à Terra a posição das estrelas deveria, por consequência, se alterar. Outro ponto se relaciona às leis da dinâmica de Aristóteles, uma vez que todo movimento se direciona ao centro na medida em que a parte acompanha o todo, segue-se que objeto que cai deve atingir o repouso no centro do universo, onde se situa a Terra. Segundo os aristotélicos, quando uma bola de chumbo é lançada do alto do mastro de um navio estacionado a sua trajetória tem de ser retilínea. Se caso o mesmo navio estivesse em movimento a direção da queda deste objeto não poderia ser em linha reta²⁸. Analogamente, qualquer queda de objeto na Terra processaria em linha reta e perpendicular, o que indica o repouso da Terra (GALILEU, 2001, p. 205-208).

Para refutar a objeção do experimento do mastro, Galileu lança mão da seguinte analogia. De acordo com ele não é razoável comparar a queda de um corpo do alto de uma torre a de um objeto que cai do mastro de um navio, visto que o primeiro é um exemplo de movimento natural porque o objeto tem de acompanhar o movimento natural²⁹ de rotação da Terra,

²⁸ As objeções levantadas contra o movimento da Terra são inúmeras, desde o voo de pássaros, o movimento das nuvens até a viagem realizada por uma bala disparada por um canhão de artilharia ao redor dos pontos cardeais.

²⁹ Um aristotélico poderia, é claro, replicar aqui e afirmar que o movimento de rotação não é natural à Terra. Contudo, como vamos seguir a argumentação de Galileu é preferível omitir essa discussão.

enquanto no segundo caso, o deslocamento do navio é produzido por um impulso violento, sendo assim um movimento acidental por parte do navio (GALILEU, 2001, p. 223).

Galileu através do personagem Salviati apresenta outro momento refutativo. A experiência do navio, até então concebida como uma ideia favorável ao geocentrismo revelava justamente o contrário, a saber, que mesmo em um navio se locomovendo, um chumbo lançado do alto do mastro se manteria em linha reta. Assim, ele deduz que ninguém realizou o experimento do navio, pois seria levado a conjecturar que é impossível alcançar uma resposta definitiva quanto ao movimento ou repouso da Terra, visto que a trajetória do objeto jogado do navio não se altera independentemente do estado do navio (GALILEU, 2001, p. 229). Esse raciocínio galileano é denominado de princípio da relatividade do movimento (GALILEU, 2001, p. 225-226).

Ora, na medida em que a física aristotélica depende de pressupor que o espaço é simétrico e uniforme, no qual cada substância ocupa o seu lugar natural no espaço e os corpos celestes efetuam movimento circular; a física de Galileu, por seu turno, rejeita que exista de fato movimento absoluto. De acordo com Galileu, o movimento é relativo, variando conforme a posição do observador do seu ponto inicial até término (GALILEU, 2001, p. 196). Dessa forma o movimento relativo é imperceptível para aqueles corpos que se deslocam juntamente com o primeiro que sofre a moção. Em uma carta para Francesco Ingoli, Galileu propôs um experimento mental que atinge uma conclusão similar. Ele pede para imaginarmos um cenário no qual um habitante da Lua ao verificar o movimento das estrelas e da Terra seria levado a crer erroneamente que a Lua está parada. Ou seja, ele próprio não seria capaz de perceber o movimento da Lua por estar preso à Lua (GALILEU, 2009).

Para haver consistência entre os fenômenos terrestres e a crença na Terra planetária o surgimento de uma nova teoria do movimento em seu nível elementar será indispensável. Era evidente, portanto, que para adquirir crédito, o copernicanismo deveria elaborar novas teorias do movimento que fossem realmente compatíveis com o novo sistema de mundo. É justamente nisso que o legado de Galileu Galilei é cultuado, ele foi provavelmente a figura de maior destaque para proporcionar essa nova teoria.

Ao contrário da teoria do ímpeto, Galileu sugere que diante da ausência de forças externas, um corpo em movimento prosseguirá em movimento enquanto um corpo em repouso permanecerá em repouso, perfazendo um movimento retilíneo em velocidade constante³⁰ (GALILEU, 2001, p. 224).

³⁰ A lei de inércia, posteriormente, será incorporada às leis da dinâmica de Newton, sendo a sua primeira lei. Newton foi responsável por formular conceitualmente essa noção, mas reconhece a importância de Galileu e seus

A aceitação da lei da inércia obrigou o abandono gradual da teoria do ímpeto. Galileu inseriu um novo tipo de linguagem observacional em contraposição à linguagem observacional aristotélica (FEYERABEND, 2011, p. 95-97).

Galileu sustenta que suas façanhas não contrariam diretamente a tradição religiosa, pois ambas podem ser utilizadas para alcançar diferentes propósitos. Conforme lemos na Carta dirigida à Cristina de Lorena:

Poderá, portanto, uma opinião ser herética e não concernir em nada à salvação das almas? Ou poder-se-á dizer que o Espírito Santo não quis ensinar-nos coisa concernente à salvação? Eu direi aqui o que ouvi de uma pessoa eclesiástica constituída em grau eminentíssimo, isto é, que a intenção do Espírito Santo é ensinar-nos como se vai para o céu e não como vai o céu” (GALILEU, 2009, p. 64)

Ao que tudo indica, a pessoa eclesiástica da epigrama mencionada por Galileu é o cardel Barônio. Com esse argumento se conseguiu separar claramente os textos das Sagradas Escrituras, destinados a professar ensinamentos morais e religiosos ao homem comum em contraposição à linguagem matemática e científica, na qual somente os versados nestes assuntos estão habilitados a sua compreensão. Nesse sentido, não há contradição entre a teologia, e a linguagem matemática e as ciências experimentais, na medida em que uma foi concebida para o entendimento do vulgo, enquanto a outra se dirige ao erudito. A partir dessa divisão, é lícito concluir que os textos bíblicos não devem ser interpretados de modo literal, isso significa que o copernicanismo não necessariamente provoca a negação da famosa passagem bíblica de Josué, onde o personagem supostamente havia interrompido o movimento do Sol ao redor da Terra imóvel. De acordo com Galileu essa passagem nos mostra manifestamente a “falsidade e a impossibilidade do sistema do mundo aristotélico e ptolomaico e, ao contrário, se acomoda muitíssimo bem com o copernicanismo” (GALILEU, 2009, p. 23).

Em função do princípio lógico assumido por Galileu, segundo o qual duas verdades não podem jamais se opor, Galileu insinua que tanto o relato bíblico quanto as descobertas realizadas com o telescópio se complementam reciprocamente. Além disso, esse princípio serviu como estratégia retórica para, preliminarmente, salvaguardar Galileu da condenação de heresia³¹.

predecessores para sua descoberta. A lei de inércia exhibe uma boa explicação técnica, os pormenores serão deixados de lado em virtude da proposta deste trabalho. Vamos nos ater a parte teórica da inércia.

³¹ Essa sentença é um tanto quanto controversa. Não é tarefa fácil saber se, de fato, Galileu usa artifícios retóricos para fugir da condenação de heresia. Um fato evidente é sua crença na investigação científica que não se opõem às Sagradas Escrituras. Na Carta a Monsenhor Piero Dini, ele interpreta um salmo que valida a sua crença na centralidade do Sol (GALILEU, 2009, p. 45).

1.4.2 A condenação de Galileu

Sumariamente apresentadas, duas alternativas diametralmente opostas emergem para responder à discussão que tange à interpretação correta do sistema planetário de Copérnico. São elas: (I) Concernem à verdade absoluta da Natureza; (II) Foram inventadas para esclarecer as aparências.

Graças à abordagem de Osiander ao alertar para uma leitura do sistema heliocêntrico de Copérnico como uma mera suposição matemática, nas suas formulações iniciais a nova cosmologia não enfrentou muitas manifestações de hostilidade. Ao contrário, de alguma maneira, teve até certa aceitação, no entanto, com a ressalva de ser tomada apenas como uma hipótese matemática. Por ter demonstrado sua capacidade pragmática, o modelo copernicano deu suporte para formulação em 1582 do calendário gregoriano, descoberta de novos continentes e até para a reforma protestante (KUHN, 1957, p. 123-133).

No entanto, em 1616 o sistema copernicano recebeu algumas restrições a partir de um decreto inquisitorial, o qual impediu que fosse equiparado à cosmologia aristotélica tradicional, o que acabou forçando os estudiosos da época a aderirem à interpretação que consta em II; ao colocar o *Revolutionibus* no índice de livros proibidos.

Galileu alega que a tradição científica de sua época recebeu treinamento a partir da herança intelectual de Aristóteles. Assim, seus praticantes eram treinados e induzidos a crerem piamente no modelo astronômico de aristotélica-ptolomaica conectando todos os fenômenos observáveis à luz desta cosmologia. Todavia, Galileu sustenta que todo aquele que se deparar com os textos de Copérnico no intuito de examiná-los atentamente notará, de imediato, que se trata de uma teoria factualmente verdadeira. Sobre Copérnico, ele comenta:

Ele tinha feito e completado a obra de acordo com a hipótese da filosofia comum e de conformidade com o próprio Ptolomeu [...] Mas depois, despindo-se da roupa de puro astrônomo e vestindo a de quem contempla a Natureza, se pôs a examinar se esta suposição já introduzida pelos astrônomos e que, no que se refere aos cálculos e aparências de movimentos, planeta por planeta, satisfazia de maneira suficiente, poderia subsistir “de verdade” no mundo e na Natureza [...] Pôs-se, como digo, a contemplar qual poderia ser realmente na Natureza o sistema do mundo, não mais apenas para a comodidade do puro astrônomo, a cujos cálculos já tinha satisfeito, mas para chegar ao conhecimento de tão nobre problema da Natureza, seguro, além disso, de que, se às simples aparências se tinha podido satisfazer com hipóteses não verdadeiras, obter-se-ia de modo muito melhor com a constituição verdadeira e natural do mundo (GALILEU, 2009, p. 108-109)

Galileu discorda da leitura realizada do texto copernicano à luz de uma interpretação hipotética ou instrumentalista. Em tom de ironia indaga:

Ora, que loucura não teria sido a sua se ele, julga tal opinião falsa na Natureza, a tivesse publicado como se fosse considerada verdadeira por ele, com certeza de haver de ser considerado por isso um tolo por todo o mundo? Por que não teria ele então declarado que a utilizava apenas como astrônomo e que a negava como filósofo, evitando com esta declaração, para louvor de sua grande sensatez, a pecha geral de tolice? (GALILEU, 2009, p. 109-110)

Para contornar esse problema, ele invoca o princípio de contradição para evitar uma adesão indiscriminada aos dois sistemas astronômicos. Esse princípio acentua que é logicamente impossível crer simultaneamente que a Terra seja e não seja estável. Disso decorre que a confirmação de um dos sistemas implica, forçosamente, na falsidade da crença no sistema astronômico antagônico. Esse raciocínio somente tem sentido frente a um ponto de vista factual, o que significa que o modelo de Copérnico, em virtude de sua configuração contraditória com o sistema ptolomaico, não pode ser encarado como uma despreziosa hipótese matemática que explique as aparências, mas sim como uma descrição alternativa da realidade efetiva da natureza.

Em função de explicar o movimento dos planetas com maior grau explicativo, Galileu acredita que o modelo astronômico heliocêntrico deve ser preferível quando comparado ao geocêntrico. Ele concluiu que anomalias suscitadas pelo sistema de Ptolomeu não dão conta de proporcionar uma explicação harmônica sobre o movimento dos planetas. Para tanto recorre às observações para argumentar em prol de uma abordagem referente a (I) quanto ao sistema copernicano³².

Copérnico à primeira vista se esquivou da acusação de heresia porque publicou as suas ideias em caráter de hipótese matemática, sem compromisso algum com qualquer descrição verdadeira dos fatos objetivos. A Igreja temia que suas doutrinas causassem crise devido a uma repercussão negativa de determinados tópicos. O copernicanismo, assumido de maneira realista, implicava especialmente no banimento da posição de prestígio que até então, o ser humano ocupava na hierarquia dos seres e violava a autoridade das passagens da Bíblia. A própria concepção antropológica de *Imago Dei* se enquadrava muito bem com os teólogos da Santa Sé que acatavam o geocentrismo. O universo mecânico, destituído de espaço para a providência, com o ser humano situado às margens e Terra na periferia poderia suscitar uma

³² O famoso prefácio de Osiander, na obra de Copérnico, que parece indicar a adesão à alternativa (II), é longamente comentado por Galileu: “Que este prefácio não somente não seja do autor, mas que tenha sido inserido sem seu conhecimento, bem como sem seu consentimento, manifestam-no os erros aí literalmente contidos, os quais o autor jamais teria admitido” (GALILEU, 2009, p. 117). Galileu prossegue: “Quem quer que deseje certificar-se da opinião do próprio Copérnico, leia não uma vã escritura do editor, mas toda obra do próprio autor. Sem dúvida, apalpará com as próprias mãos que Copérnico sustentou como a mais verdadeira possível a estabilidade do Sol e a mobilidade da Terra” (GALILEU, 2009, p. 119).

crise inimaginável para a fé cristã, o que causou uma profunda antipatia de clérigos aos resultados de Galileu a partir do telescópio³³.

Ora, nessa época era consensual que a Bíblia exprimia infalivelmente todas as verdades, seja do âmbito moral ou do âmbito natural. Conforme a passagem bíblica deixa claro, Josué deteve o Sol e a Lua, não a Terra. Já vimos que a cosmologia estabelecia a conexão harmônica entre a teologia, a filosofia natural e a moralidade. Renunciar a literalidade dessa passagem significava rechaçar não somente a visão condizente à astronomia, mas na verdade, a toda uma cosmovisão fundamental para os intelectuais daquele período.

Um dos membros mais atuantes no processo de Galileu, o cardeal Roberto Bellarmino, em uma carta escrita a Cristina de Lorena discute as múltiplas interpretações do copernicanismo:

Digo que me parece que Vossa Paternidade e o Senhor Galileu ajam prudentemente, contentando-se em falar “por suposição” e não de modo absoluto, como eu sempre cri que tenha falado Copérnico. Porque dizer que, suposto que a Terra se move e o Sol está parado, salvam-se todas as aparências melhor do que com a afirmação dos excêntricos e dos epiciclos, está mencionado muitíssimo bem e não há perigo algum. Isto basta para o matemático. Mas querer afirmar que o Sol está no centro do mundo e gira apenas sobre si mesmo sem correr do Oriente ao Ocidente e que a Terra está no 3o céu e gira com suma velocidade em volta do Sol é coisa muito perigosa não só de irritar todos os filósofos e teólogos escolásticos, mas também de prejudicar a Santa Fé ao tornar falsas as Sagradas Escrituras (GALILEU, 2009, p. 131)

Com receio de que a nova cosmologia pudesse desencadear uma reação de impiedade religiosa, Bellarmino insinua que enquanto Galileu mantivesse o sistema copernicano como apenas uma simplificação matemática não haveria razões legítimas para censurá-lo.

À primeira vista, Galileu se vê diante de um imenso desafio. Afinal de contas, o uso do telescópio e a reforma das leis do movimento o tornaram inteiramente convencido de que o movimento terrestre é um fato evidente. Em contraste, também foi um católico sincero e, portanto, não acreditava que as verdades da fé e as verdades da ciência se contrapõem mutuamente.

³³ A condenação de Galileu é um acontecimento decisivo na interseção entre fé e ciência. Ciente das dificuldades inerentes e da implacável condenação do copernicanismo, Galileu procura tornar suas descobertas científicas de modo compatível com as premissas da fé. Em termos bíblicos qualquer adesão ao movimento da Terra está de antemão fadada ao infortúnio, isso pode ser constatado na passagem de Josué 10:12-14, que diz: “No dia em que o Senhor entregou os amorreus aos israelitas, Josué exclamou ao Senhor, na presença de Israel: Sol, pare sobre Gibeom! E você, ó Lua, sobre o vale de Aijalom! O sol parou, e a lua se deteve, até a nação vingar-se dos seus inimigos, como está escrito no Livro de Jasar. O sol parou no meio do céu e por quase um dia inteiro não se pôs. Nunca antes nem depois houve um dia como aquele, quando o Senhor atendeu a um homem. Sem dúvida o Senhor lutava por Israel!”.

Na carta a Cristina de Lorena ele declara:

Porque, sobre estas e outras proposições semelhantes, que não diretamente de Fé, não há ninguém que duvide que o Sumo Pontífice guarda sempre poder absoluto para admiti-las ou considerá-las; mas já não está no poder de criatura nenhuma fazê-las ser verdadeiras ou falsas, diversamente daquilo que elas, pela sua natureza e de fato, se acham ser. Por isso, parece que melhor conselho é assegurar-se primeiro da verdade necessária e imutável do fato, sobre a qual ninguém tem o poder, do que, sem tal segurança, ao condenar uma parte, privar-se da autoridade e liberdade de poder sempre escolher, transformando em necessidade aquelas determinações que de presente são indiferentes, livres e reservadas ao poder da autoridade suprema. Em suma, se não é possível que uma conclusão seja declarada herética enquanto se duvida que ela possa ser verdadeira, vã deverá ser a fadiga daqueles que pretendem condenar a liberdade da Terra e a estabilidade do Sol se primeiro não demonstram que ela é impossível e falsa (GALILEU, 2009, p. 95)

Este trecho revela algumas características preponderantes das orientações metodológicas de Galileu, tais como a autonomia da pesquisa científica e a inexorabilidade da natureza, o que envolve a independência do mundo objetivo em relação à mente e as crenças humanas. Estritamente falando, esse trecho também persuade a ninguém supor que dispõe a palavra final acerca da natureza, nem mesmo as autoridades eclesiásticas são infalíveis quando o assunto concerne à estrutura real da natureza, como na querela que se estende desde astrônomos ortodoxos ptolomaicos até os revolucionários copernicanos (BURTT, 2003, p. 83).

Galileu separa o campo da fé do campo da natureza. Acatando essa divisão, os textos bíblicos não devem ser interpretados literalmente, isto é, de modo que as narrativas descrevam com exatidão a sucessão dos eventos naturais, é preciso de uma discriminação hermenêutica para salvar e esclarecer o sentido implícito da passagem em questão. De acordo com Galileu, as Escrituras foram redigidas com a finalidade de inserir ensinamentos de ordem moral e religiosa, enquanto a linguagem da ciência se caracteriza por descrever com exatidão os fenômenos naturais. Em uma carta endereçada a Cristina Lorena, Galileu manifesta a sua distinção entre fé e ciência aplicando a mesma sutileza retórica. Esse procedimento leva a crer que o copernicanismo não provoca necessariamente a negação da passagem de Josué.

Segundo Galileu, a Bíblia é uma mensagem elaborada diretamente pelas mãos de Deus, que foi produzida para a compreensão do homem vulgo. Enquanto a ciência se ocupa dos caracteres elementares da natureza, a saber, vértices, equações, figuras geométricas, entre outros. Ciência e fé não são rivais, são formas distintas de compreender a providência divina ou o princípio supremo que gerou o universo e as leis naturais. Os filósofos naturais, na visão de Galileu, estão descobrindo a verdadeira linguagem pela qual Deus criou o mundo e as leis

que o governam. Como essa linguagem exige profundo domínio técnico da matemática, ela está restrita àqueles poucos que são capazes de decodificá-la (GALILEU, 1983, p. 46).

Assim, em vez de consultar os textos bíblicos para tratar de assuntos inteiramente científicos, a atitude recomendada por Galileu é ler Copérnico e avaliar as suas razões. Caso contrário, não será viável conseguir uma interpretação adequada da nova cosmologia.

Embora tanto Copérnico quanto Galileu tivessem postulado um universo constituído a partir de unidades quantificáveis, no qual a terra ocupava uma posição periférica do Sistema Solar, o que levou Galileu a ser condenado por heresia se deve ao fato de que o astrônomo italiano encarava o sistema copernicano como a verdadeira descrição do mundo natural, verificável do ponto de vista físico, e matematicamente demonstrável. Enquanto a publicação de Copérnico, por intermédio da falsificação de Osiander, se abdicou parcialmente do compromisso com a realidade ao apresentar sua teoria em *Revolutionibus* sob o formato de hipótese matemática (Rossi, 1992, p. 187-194).

Após a aceitação da nova cosmologia emerge um novo quadro da realidade muito em função das leis da dinâmica de Newton que abordaremos sumariamente a seguir.

1.5 Newton: Do universo teleológico ao universo mecânico

A nova cosmologia conseguiu se consolidar a partir das formulações de Newton. A amplitude da reputação de Isaac Newton é inestimável e, provavelmente até aquele momento, sem precedentes. Grande parte da genialidade de Newton é louvada por dois fortes motivos. Em primeiro lugar, a sua obra é fruto da combinação de um experimentalista talentoso com a exatidão matemática e, em segundo, devido à sua prescrição metodológica de não admitir, de forma alguma, quaisquer hipóteses sem evidência experimental.

Em virtude de identificar as forças e leis que atuam na regência do universo, Newton passou a contar com fama incomparável diante de seus contemporâneos, conforme atestam os registros da época, como os de Henry Pemberton e John Locke, ou ainda, os famosos versos de Alexander Pope (BURTT, 1954, p. 31-32).

Certa vez Newton reconheceu explicitamente a importância da tradição que o precedeu e atribuiu seu êxito a ela, devido a estar sobre “ombros de gigantes”. Os gigantes se referem a nomes como Bacon, Descartes, Galileu, Kepler e Boyle, entre outros. E, ao contrário de muitos deles, principalmente de Galileu, Newton não enfrentou perseguição, apesar de ter se envolvido com longas polêmicas metafísicas com Leibniz e Berkeley, e polêmicas acerca da natureza da luz com Huygens.

Esse britânico realizou proezas extraordinárias. Para citar alguns exemplos: identificou a gravitação terrestre com os movimentos centrípetos dos corpos celestes; efetuou uma união consistente entre os métodos matemáticos e experimentais; promoveu a ruptura da pesquisa científica positiva com as especulações sobre a causa primeira e causal final, ou seja, praticamente banuiu argumentos teleológicos das ciências experimentais; extinguiu a divisão de dinâmica celeste e dinâmica terrestre, ao efetuar a síntese das leis da dinâmica celeste de Kepler e da dinâmica terrestre de Galileu, isso culminou com o fim do universo hierárquico que repousava na divisão aristotélica de mundo supralunar e mundo sublunar, o que permitiu unificar a dinâmica e passou a ser válida para todos os domínios³⁴; tornou os fenômenos naturais redutíveis à computação matemática; alterou drasticamente o sentido de termos vagos como “força” e “massa” inserindo uma linguagem predominantemente quantitativa para lidar com conceitos dessa espécie e, finalmente, colocou espaço e tempo como categorias imprescindíveis do pensamento humano. Por fim, das 4 causas de Aristóteles, somente a causa motriz prosseguiu fazendo parte do discurso científico.

No ano de 1687, o *Princípios Matemáticos de Filosofia Natural* de Newton foi publicado. Esta obra desenvolveu um cuidadoso exame dos fenômenos observáveis da natureza a partir de 3 leis fundamentais da dinâmica universal – inércia, aceleração e gravitação universal – segundo as quais Newton acreditava fornecer uma explicação causal para o movimento tanto terrestre quanto celeste, representando assim o corolário da ciência moderna.

As questões que intrigavam a ciência moderna sofreram uma substituição decisiva na medida em que a causalidade final foi gradualmente abandonada como princípio explicativo. A explicação em termos teleológicos cedeu lugar para a explicação mecânica. Portanto, ao invés de indagar sobre *por que* ocorre movimento, a ciência moderna passou a interrogar sobre *como* ocorre o movimento (BURTT, 2003, p. 92).

Koyré comenta:

A dissolução da ontologia tradicional sob o impacto da nova filosofia, pôs em questão a validade da inferência do atributo à substância. Em consequência, o espaço perdeu progressivamente seu caráter atributivo ou substancial de matéria primeira de que era feito o mundo (o espaço substancial de Descartes), ou o atributo de Deus, quadro de sua presença e de sua ação (o espaço de Newton), ele passou a ser cada vez mais o vazio dos atomistas, nem substâncias nem acidente, o nada infinito, incriado, o quadro da ausência de

³⁴ Essa síntese é um tanto quanto controversa por alguns autores, Popper (1972, p. 198-200; 1996, p. 147-148) alega que as leis da dinâmica de Newton não correspondem a uma dedução da física terrestre de Galileu com a física celeste de Kepler.

todo ser; conseqüentemente, também da ausência de Deus” (KOYRÉ, 2006, p. 243)

Com o auxílio das leis de Newton o sistema copernicano enfim triunfara. A consequência inevitável foi o rompimento com toda a estrutura metafísica, conceitual, epistemológica e teológica adotada até aquele momento. O universo finito, hierárquico, teleológico, heterogêneo, qualitativo foi rechaçado em prol de um novo protótipo do universo, dotado dos atributos de infinidade, descentralizado, sem finalidade *a priori*, espaço homogêneo e isotrópico, cujas leis que o regulam são descobertas mediante o uso da análise quantitativa (KOYRÉ, 2006). Ao afirmar que o universo é infinito abriu-se margem para a crença em mundos plurais, habitados por outros homens, animais e plantas. Deste modo, o homem perdeu a sua posição de prestígio que ocupava até então na cosmologia clássica e em especial, na cosmologia medieval de orientação aristotélica-tomista.

Ao defender o realismo da teoria de Copérnico, Galileu passou a enfrentar a ortodoxia dos setores mais conservadores da Igreja. Contudo, o realismo galileano continuou sendo visto com desgosto por alguns. Mas afinal de contas, o que são teorias científicas? Sobre essa resposta, vejamos o que respondem os adeptos do realismo essencialista e os instrumentalistas.

2 O DEBATE FILOSÓFICO ACERCA DOS PONTOS DE VISTA DO CONHECIMENTO CIENTÍFICO

Este capítulo segue o encaixe das disputas metafísicas suscitadas pela ciência moderna, ou seja, disputas filosóficas a respeito da interpretação adequada das teorias que emergiram naquele período. Conforme vimos, Osiander e o Cardeal Bellarmino adotaram posições diferentes da que foi aduzida por Galileu. Embora quase ninguém negue atualmente a eficácia e o sucesso da ciência, o debate se estende até os dias de hoje, de modo que muitos filósofos e cientistas preferem optar por uma posição análoga à de Osiander e Bellarmino considerando que as teorias científicas são meros instrumentos³⁵.

Qual é a real lição que podemos extrair a partir das querelas de Galileu com Bellarmino? Basicamente, que existem duas extremidades mais comuns de encarar as teorias científicas³⁶. No cerne de nosso trabalho, iremos visualizar a discussão de Popper, situada em *Conjectures and Refutations* (1963), acerca das destas duas posições filosóficas mais extremas sobre o conhecimento científico. São elas: o realismo, também chamado por Popper (1963; 1972; 1996) de essencialismo, e o instrumentalismo.

Para auxiliar na tarefa de apresentar tais posições, as ideias manifestadas pelo filósofo da ciência Karl Popper (1902-1994) foram selecionadas por três razões. A primeira concerne ao enorme prestígio de Popper, impressão partilhada pelo ganhador do Prêmio Nobel de Medicina de 1960, Peter Medawar, que certa vez afirmou que Popper “é incomparavelmente o maior filósofo da ciência que já existiu” (apud MAGEE, 1982, p. 3-4). A segunda, por causa da reação de Popper ao antirrealismo na filosofia da ciência, algo que parece proveitoso para nossos propósitos na medida em que exhibe críticas instigantes a certos aspectos constituintes do antirrealismo, especialmente no tocante ao instrumentalismo. A terceira e mais importante

35 Feyerabend esclarece esse ponto: “Galileu foi aconselhado a ensinar Copérnico como *uma hipótese*; foi proibido de ensiná-la como *uma verdade* [...] Tal distinção sobreviveu até os dias de hoje. Mas, ao passo que a Igreja estava preparada para admitir que algumas teorias poderiam ser verdadeiras e mesmo que a doutrina de Copérnico poderia ser verdadeira, dada evidência suficiente, há agora muitos cientistas, especialmente na física de alta energia, que encaram todas as teorias como instrumentos de predição e rejeitam o falar sobre verdade como metafísico e especulativo. Sua razão é que os aparelhos que utilizam são tão obviamente projetados para propósitos de cálculo, e que abordagens teóricas dependem tão claramente de considerações de elegância e fácil aplicabilidade, que essa generalização parece fazer sentido” (FEYERABEND, 2011, p. 177-178).

36 Existem diversas posições em filosofia da ciência sobre o realismo e o antirrealismo, a lista é extensa, e devido ao caráter deste trabalho vamos focar nas duas extremidades. O instrumentalismo é uma versão específica do antirrealismo, que selecionamos devido ao grande número de adeptos e a menção de Popper, que será bastante relevante para explicitar as fragilidades desta posição; o fenomenalismo é também outra versão de antirrealismo que possui características similares ao instrumentalismo e conta com um bom número de partidários. O realismo abrange várias posições, porém, preferimos nos concentrar no realismo representacionista ligado a Popper, e no realismo de entidades, ligado a Hacking. O artigo de Cristián Carman (2005) lista 1111 versões distintas de realismo.

razão está ligada ao seu realismo de teor representacionista, alvo de críticas do realismo de entidades endossado por Ian Hacking e que nos levará a parte final deste trabalho.

Popper analisa separadamente cada uma dessas posições e suas respectivas justificativas; realçando seus aspectos fortes e frágeis. E, por fim, exprime a sua própria solução ao considerar a sua posição, denominada de essencialismo modificado³⁷ como a mais apropriada, de tal maneira que consiga manter os princípios positivos do essencialismo e as críticas processadas pelo instrumentalismo, vindo banir assim aquilo que Popper considera como sendo a razão da precariedade destes respectivos pontos de vista do conhecimento humano. Vejamos o que equivale cada uma dessas posições e, em seguida, as críticas que Popper endereça a cada uma delas.

2.1 O Essencialismo ingênuo³⁸

De acordo com a concepção essencialista, as melhores teorias científicas são capazes de explicar definitivamente a essência ou realidade oculta por detrás das aparências fenomênicas e sensíveis. Os partidários desta posição epistemológica sustentam, em sua versão mais ortodoxa, que os cientistas quando têm à disposição teorias que descrevem verdadeiramente a realidade conseguem descrever exatamente o que o mundo *é*. Ao passo que em uma versão moderada, as mais bem-sucedidas teorias científicas são assumidas como, ao menos, boas aproximações da verdade. Portanto, na perspectiva do essencialismo ingênuo as teorias científicas correspondem identicamente ou aproximadamente à realidade.

Para ilustrar a concepção essencialista, Popper remete à figura do matemático inglês Roger Cotes (1682-1716), responsável pela redação do prefácio da segunda edição do *Principia* de Newton. Nele Cotes sustenta que tanto a teoria da gravitação universal quanto o princípio de inércia são explicações finais do comportamento e das propriedades inerentes à matéria (POPPER, 1963, p. 106). Diante disso, a mecânica newtoniana não carece de explicações

³⁷ Popper designa o realismo de essencialismo para salientar a sua crítica e demonstrar a variedade de posições possíveis. Por fim, dá o nome para o seu realismo de “essencialismo modificado” (POPPER, 1972). É oportuno mencionar que a posição assumida por Popper somente será designada de essencialismo modificado, posteriormente, em *Objective Knowledge* (1972). Ainda em *Conjectures and Refutations* (1963), onde exhibe a sua perspectiva pela primeira vez, ele ainda não dispõe de uma nomenclatura definida. Em algumas passagens, Popper refere ao seu ponto de vista como “conjectural” ou “crítico”.

³⁸ Para evitar confusões interpretativas e salientar a oposição ao essencialismo modificado, vamos chamar essa versão de essencialismo ingênuo, apesar de Popper a nomear apenas como “essencialismo”.

adicionais, pois todos os fenômenos observáveis são, em termos de explicação e causalidade, deriváveis dos princípios da própria mecânica newtoniana.

Vejamos a seguir o entrelaçamento de algumas asserções principais desta doutrina:

(A) O cientista procura uma teoria verdadeira que descreva o mundo (especialmente suas regularidades ou “leis” que o permita explicar os fatos observáveis).

(B) O cientista é capaz de demonstrar a verdade dessas teorias além de qualquer dúvida razoável.

(C) As melhores teorias, as verdadeiramente científicas, descrevem as “essências” das coisas – sua natureza essencial – realidades que existem por detrás das aparências. Essas essências, reveladas pelas teorias científicas, correspondem às explicações últimas e definitivas.

As afirmativas (B) e (C) constituem a parte do essencialismo que Popper põe em xeque. No entanto, Popper (1963, p. 105) admite (A).

A asserção (A) compõe parte da visão defendida por Popper. Ele afirma que é plenamente possível para a ciência investigar certas leis e teorias que contêm entidades ocultas, como por exemplo, no caso da teoria da gravidade, em que são observados os movimentos de atração e repulsão atuando nos corpos físicos. Apesar dos eventuais malogros e fracassos que acompanham a ciência, a tarefa do cientista consiste em procurar por leis verdadeiras e teorias bem corroboradas, de modo a explicar e descrever os fatos observáveis da natureza. Popper não censura aqueles que se dispõem a procurar os enigmas e problemas que permeiam a investigação científica. Porém, não acredita que tal procura seja capaz de alcançar uma teoria final, além de qualquer dúvida que possa surgir.

Quanto ao ponto (B) Popper o rejeita devido ao caráter conjectural dos enunciados científicos, conseqüentemente, é impossível considerar que as teorias estejam desprovidas de qualquer dúvida. Por conseguinte, o máximo de sucesso que os cientistas podem almejar para as suas teorias é a sobrevivência nos testes em que foram submetidas, mas nada garante que em testes posteriores a mesma teoria não venha a ser refutada, pois o número de testes pelos quais uma teoria pode ser exposta nunca se esgota. Se assim ocorrer e os testes a refutarem, a teoria em questão deverá ser eliminada e, com alguma dose de sorte heurística, justificação lógica e empírica, preferencialmente substituída por outra que se mostrou resistente aos mesmos testes e, portanto, há uma boa razão para supor que ampliamos a profundidade de nosso conhecimento. Popper se pronuncia:

Se, nas ciências empíricas; uma nova teoria com um grau de universalidade mais elevada explicar com sucesso uma teoria mais antiga corrigindo-a, então

isso é um sinal seguro de que a nossa teoria penetrou mais fundo do que a antiga (POPPER, 1996, p. 144)

Conforme enfatizada por O'Hear (1992, p. VII), a ignorância socrática compõe parte da epistemologia de Popper, ao excluir qualquer tipo de alegação de certeza e de autoridade do conhecimento, negando que o conhecimento científico e sua justificação sejam infalíveis.

Além disso, observa Popper, o compromisso com o essencialismo ingênuo promove o obscurantismo e também inibe a refutação das teorias científicas em vigor, de modo a impedir o crescimento progressivo das investigações científicas na medida em que cria obstáculos para o surgimento de problemas fecundos que abrem margem para discussão crítica e novas informações a respeito da natureza. Se os essencialistas estiverem corretos, então não faz sentido indagar além do que a relatividade de Einstein nos antevê, pois, de acordo com eles as melhores teorias científicas são explicações essenciais da matéria e, portanto, não geram motivos para ceticismo quanto a elas, visto que tais leis exibem uma completude entre si (POPPER, 1963, p. 106-107). Assim se desenrola o argumento:

Fica claro, portanto, que minha crítica do essencialismo não visa estabelecer a inexistência de essências; procura simplesmente mostrar o papel obscurantista desempenhado pela ideia de essências na filosofia da ciência de Galileu (até Maxwell, que se inclinava a aceitá-las, mas cujas investigações destruíram sua crença). Em outras palavras, minha crítica tenta demonstrar que, existam ou não as essências, a crença nelas não nos ajuda de nenhum modo; na verdade, pode prejudicar-nos; por isso não há qualquer razão para que o cientista presuma sua existência. (POPPER, 1963, p. 105)

Popper se sente impelido a rejeitar esta face da doutrina essencialista, porque os essencialistas ingênuos aspiram alcançar uma explicação definitiva da essência do mundo natural, de modo a abranger todos os fenômenos subjacentes a ele. Esse tipo de abordagem poderá incitar o dogmatismo científico, o que de nenhuma maneira contribui para a expansão do conhecimento científico. Nesta posição as descobertas científicas ensejadas pelas teorias são, a rigor, encaradas como fixas e imutáveis, sem apresentar qualquer possibilidade de assunção de novas teorias cada vez mais corroboradas e verossímeis, transformando a ciência em um ramo dogmático, sem qualquer espaço para revisão ou correção. Aceitar acriticamente uma teoria como verdadeira é um erro grosseiro, responsável por violar a discussão racional que a atividade científica exige.

Popper não admite a existência de um Conhecimento, em sentido forte e com "C" maiúsculo, isto é, como se o conhecimento fosse infalível e imune aos erros, conforme o essencialismo ingênuo insinua costumeiramente. Ele se pronuncia:

A ciência não é um sistema de enunciados certos ou bem estabelecidos, nem é um sistema que avance continuamente em direção a um estado de finalidade. Nossa ciência não é conhecimento (*episteme*): ela jamais pode proclamar haver atingido a verdade ou um substituto da verdade, como a probabilidade (POPPER, 2005, p. 278)

Isso significa que supor que o conhecimento científico seja definitivo é uma grande tolice porque a ciência procede pela substituição de teorias, em que as que demonstram serem falsas pelos testes empíricos devem ser descartadas. A pretensão do essencialista ingênuo ao alegar que existam explicações finais perde, assim, o seu sentido. Popper afirma que todo tipo de conhecimento, inclusive o conhecimento científico é inevitavelmente conjectural, com efeito, não é coincidência que ele se oponha radicalmente à indução e aos graus de probabilidade (POPPER, 1996, p. 12-14).

Segundo Popper, o essencialismo recai em uma subdivisão que abrange a célebre interrogação socrática, corriqueiramente presente nos diálogos de Platão: “O que é...?” o que pode ser interpretada como um prelúdio do essencialismo. Quando ele, por intermédio de Sócrates, se põe a perguntar aos seus concidadãos sobre a natureza essencial dos particulares, está emitindo uma interrogação acerca da verdadeira definição constitutiva dos objetos que permeiam a realidade por detrás das aparências sensíveis.

Outro aspecto importante da doutrina essencialista encontra-se em uma obra de Galileu³⁹ denominada *O Ensaaiador*, responsável por traçar uma distinção envolvendo qualidades primárias e qualidades secundárias. Essa distinção evidencia a tese mais forte do essencialismo ingênuo, que se faz presente no ponto (C), o que envolve uma explicação robusta o suficiente para lidar com toda a realidade por detrás das aparências.

O ponto (C) se opõe diretamente ao critério de falseabilidade de Popper, no qual os enunciados científicos são de modo obrigatório, empiricamente refutáveis. Neste ideal de ciência, hipóteses que não se mostraram capazes de sobreviver aos testes empíricos são extintas. A ciência natural, diz Popper, se caracteriza por seu método crítico de conjecturas e refutações.

O ponto central que culmina com essa discordância reside no aspecto da doutrina essencialista segundo a qual considera o conhecimento científico como capaz de trazer à luz explicações e teorias definitivas sobre a realidade. Essa posição exhibe uma ameaça nociva ao espírito crítico, atitude indispensável a ser tomada pelo cientista segundo Popper. Uma das ideias cruciais sustentadas pelo essencialismo se refere à distinção entre qualidades primárias e qualidades secundárias. Galileu concebeu a cisão metafísica entre aquilo que é absoluto,

³⁹ Em seu *Le Monde* Descartes sustenta uma concepção semelhante à de Galileu no que tange às qualidades primárias e secundárias, reforçando o aspecto matemático e quantificável.

objetivo e imutável; e aquilo que é relativo, subjetivo, contingente e sensorial. Essa separação tem estreita relação com os conceitos de matriz platônica, como *episteme* e *doxa*. Outra pressuposição implícita nela está ligada ao atomismo antigo, considerando que existem princípios imutáveis para além da aparência observável.

As primeiras, denominadas de qualidades primárias, são expressas pela linguagem ou código através do qual Deus arquitetou a estrutura do *Cosmo*, sendo composta por número, figura, grandeza, posição e movimento. Devido à sua natureza, nenhum objeto pode existir sem essas características. Ao passo que as qualidades secundárias dizem respeito às sensações, não sendo dotadas da mesma confiança epistêmica que as primeiras, pois são obtidas por intermédio dos sentidos, de tal maneira que suas respectivas conclusões constituem elementos fundamentalmente subjetivos, tais como o gosto, os odores, os estímulos táteis e visuais, que não existem dissociados dos objetos, sendo apenas simples nomes. Na ausência de um agente que as percebem, essas qualidades deixariam de existir (BURTT, 2003, p 83-85). Ao conceber um corpo, concebemos necessariamente um limite, que se localiza em algum lugar, que realiza um determinado tipo de movimento. Porém, os demais atributos que o acompanham, como sua cor e textura, existem somente nas sensações do sujeito.

Existe uma interessante analogia com as cócegas concedida por Galileu para elucidar a diferença que envolve as qualidades primárias e as qualidades secundárias. Ao entrar em contato com uma mão que produz um movimento causando aquilo que normalmente chamamos de cócega, a própria sensação pertence unicamente o sujeito que está recebendo aqueles estímulos táteis, e não na mão que os produzem. Portanto, a cócega, assim como todas as demais qualidades secundárias, depende da presença de um sujeito e de órgãos dos sentidos para que exista. Acerca disso Galileu diz:

Nos corpos externos, para excitar em nós os sabores, os odores e os sons, seja preciso de algo além de grandezas, figuras, multiplicidade e movimentos, lentos ou velozes, não o creio, e estimo que, retiradas as orelhas, as línguas e os narizes, restam as figuras, os números e os movimentos, e não mais os odores, os sabores ou os sons, os quais fora do animal vivente nada são além de nomes, assim como nada são além de nomes as cócegas e as titilações, removidas as axilas e a pele ao redor do nariz. (GALILEU, 1983, p. 222)

A posição de Galileu é mais bem compreendida quando se observa que a explicação final pode ser reduzida a termos matemáticos e geométricos, como algo definitivo sem carecer de novas informações. Alguém poderia, por exemplo, indagar quanto ao sabor ou odor de uma fruta, mas não poderia questionar a sua quantidade justamente por conta do caráter objetivo dos números. Pode-se discorrer longamente sobre sensações provocadas pelos movimentos táteis,

porém, não sobre noções de geometria ou grandeza matemática, que não se encontram à mercê das opiniões humanas.

Portanto, o essencialismo ingênuo pode acabar se convertendo em uma visão dogmática. Popper diz:

Estou pronto a conceder aos essencialistas que há muito oculto da nossa percepção, e que poderemos descobrir muito que nos está oculto. (Discordo profundamente do espírito do *dictum* de Wittgenstein: “O enigma não existe”). Não pretendo criticar os que procuram compreender a “essência do mundo”. A doutrina essencialista que contesto é apenas a *doutrina de que a ciência busca uma explicação definitiva* – isto é, uma explicação que, essencialmente, pela sua própria natureza, não possa ser ampliada, que não exija explicações adicionais (POPPER, 1963, P. 105)

Popper nega que existam explicações finais ou mesmo que a ciência consegue alcançá-las, uma vez que o desenvolvimento científico requer novos problemas, novas soluções e teorias cada vez mais aprimoradas abertamente suscetíveis à crítica racional e aos testes empíricos. A distinção que envolve o mundo da experiência ordinária e o mundo das partículas subatômicas perde o sentido. Tanto uma mesa quanto o conjunto de átomos que a compõe podem ser descritos pelas melhores teorias à disposição sem que um contradiga o outro. Popper, por conseguinte, discorda com a divisão entre qualidades primárias e qualidades secundárias. A extensão de uma figura geométrica ocupa o mesmo nível de realidade que a sua cor.

Em oposição ao essencialismo existe tradicionalmente a abordagem pragmática salientada pelos instrumentalistas, cuja posição oferece um novo tipo de ontologia e epistemologia. Trataremos sobre o que consistem estes argumentos de oposição na próxima seção e a crítica de Popper dirigida contra os instrumentalistas.

2.2 O Instrumentalismo

Enquanto a visão essencialista considera que a ciência é plenamente capaz de atingir as melhores explicações descrevendo acuradamente a realidade; do lado instrumentalista, a pressuposição é muito diferente. Já passamos, mesmo que superficialmente, pela sua versão inicial no prefácio de Osiander, considerado por Popper um dos pioneiros da corrente instrumentalista juntamente com o cardeal Bellarmino⁴⁰. Os partidários desta tradição alegam

⁴⁰ Embora Popper mencione originalmente personagens falecidos como Osiander, Berkeley, Duhem e Mach, a sua crítica se dirige implicitamente aos adversários contemporâneos, como Carnap, Kuhn e Bohr (citado algumas vezes como um exemplo de um cientista excepcional que argumenta em favor do instrumentalismo acerca da interpretação da mecânica quântica), que ao adotarem versões mais sofisticadas do idealismo, tais como o fenomenalismo e o pragmatismo, dissiparam do empreendimento científico a sua principal finalidade: a busca pela verdade. Na primeira metade do século XX, sobretudo depois do advento da mecânica quântica e do movimento neopositivista, o instrumentalismo ganhou mais força. Popper, por exemplo, alega que a visão instrumentalista se

que as teorias científicas são meros artefatos heurísticos que nos permitem explicar e prever o funcionamento das regularidades que contemplamos na natureza da maneira mais simples possível. O instrumentalismo é definido por Popper da seguinte maneira:

Por instrumentalismo, entendo a doutrina de que uma teoria científica como a de Newton, Einstein ou Schrödinger deve ser interpretada como um instrumento, e nada além de um instrumento, para a dedução de previsões de eventos futuros (especialmente medições) e para outras aplicações práticas; e mais especialmente, que uma teoria científica não deve ser interpretada como uma conjectura genuína sobre a estrutura do mundo, ou como uma tentativa genuína de descrever certos aspectos do nosso mundo. A doutrina instrumentalista implica que as teorias científicas podem ser mais ou menos úteis, e mais ou menos eficientes; mas nega que eles possam, como declarações descritivas, ser verdadeiro ou falso (POPPER, 1996, p. 111-112)

À primeira vista o instrumentalismo parece uma posição bastante sedutora visto que conta com modéstia e parcimônia. Ele considera que as teorias científicas não descrevem ou correspondem à realidade e tampouco que existam, de fato, as entidades postuladas pelas teorias. Os sistemas teóricos responsáveis por elucidar as aparências, e igualmente as entidades admitidas, consistem em artifícios inventados para explicar o mundo observável, suas regularidades e os eventos subjacentes nele.

O físico Pierre Duhem (1861-1916), um ilustre partidário do instrumentalismo, esclarece as teses do instrumentalismo aludindo às proezas e alcance da astronomia a partir da sua célebre expressão, na qual a explicação científica tem a função de “salvar os fenômenos”, em seu trabalho que leva a mesma expressão em seu título a partir do trecho abaixo:

A Astronomia não capta a essência das coisas celestes, dá somente uma imagem delas; esta imagem em si não é exata, apenas aproximada: a Astronomia se contenta com a aproximação. Os artifícios geométricos que nos servem de hipóteses para salvar os movimentos aparentes dos astros não são verdadeiros, nem verossímeis. São puras concepções que não poderiam ser tomadas como reais sem se formular absurdos. Combinadas com o propósito único de fornecer conclusões de acordo com as observações (DUHEM, 2015, p. 21)

Conforme exposto por Duhem, a concepção sustentada pelos instrumentalistas fundamenta-se na ideia de que as teorias dizem respeito somente à explicação de fenômenos

converteu em dogma aceito nos círculos de cientistas e filósofos (POPPER, 1963, p. 100). Popper cita Mach, um precursor do positivismo lógico, para acentuar a sua recusa ao instrumentalismo da época, conforme lemos na seguinte passagem: “Atualmente, o essencialismo perdeu o domínio, sendo substituído por um positivismo ou instrumentalismo à moda de Berkeley ou de Mach (...) acho que o essencialismo é insustentável. Mas, embora seja necessário rejeitá-lo, isso não significa que precisemos aceitar o positivismo. Podemos perfeitamente ficar com a ‘terceira visão’”. (POPPER, 1963, p. 173)

observáveis e o seu valor incide justamente sobre a utilidade explicativa que possuem. No entanto, as descrições e explicações dos fenômenos proferidas pelos cientistas não passam de meras ficções concebidas no intuito de garantir no máximo uma descrição aproximada da realidade, porém, sem serem assumidas como fidedignas à realidade.

Na contramão dessa posição, Popper considera que as teorias científicas também podem ser interpretadas como instrumentos de dedução de previsões e outras explicações. O erro cometido pelos instrumentalistas, reiterado por Popper (1996, p. 112), ocorre ao restringir as teorias científicas como meras ferramentas de aplicação.

Merecem atenção dois argumentos que reforçam o instrumentalismo, e são expostos por Popper (1963): o princípio da parcimônia, evidenciado pela prescrição metodológica da “Navalha de Ockham”, segundo o qual quando estamos diante de duas alternativas para a mesma questão, se deve sempre optar por aquela que dispõe de maior simplicidade; e o idealismo de teor fenomenalista e nominalista, proclamado por George Berkeley, no qual a percepção constitui condição necessária e suficiente para assegurar a existência de toda substância.

No terceiro capítulo de *Conjectures and Refutations*, Popper salienta que o idealismo de Berkeley é uma variedade de instrumentalismo. Berkeley propõe extirpar a imagem substancial do universo decorrente da ciência newtoniana ao alegar que o conhecimento resulta de ideias e todas as ideias não são nada além de sensações. Assim, não há nada senão conteúdo mental. Essa é uma das premissas fundamentais do nominalismo de Berkeley, ao rejeitar a existência de ideias abstratas e qualidades primárias, assumindo que existem apenas nomes sobre as coisas abstratas e universais. Nesse sentido, quando queremos nos remeter a todos os membros de um determinado conjunto, por exemplo, o conceito abstrato de ser “humano”, não existe separadamente do ser humano singular, esse conceito consiste então como um recurso para facilitar as operações do entendimento e da linguagem.

No que concerne à ciência newtoniana, sobretudo ao seu vocabulário, Popper emite o seguinte juízo para elucidar a visão de Berkeley:

A teoria de Newton não significa nada porque palavras como força, gravidade e atração não significam nada, são conceitos ocultos. A teoria de Newton não é uma teoria explicativa, mas apenas uma ficção de matemático, uma habilidade de matemático. Como não descreve nada, não pode ser verdadeira nem falsa – só pode ser útil ou inútil, conforme servir ou não servir a sua finalidade de previsão (POPPER, 1996, p. 107)

Berkeley sustenta que termos como força, gravitação e atração são úteis para realizar predições e inferências sobre fenômenos observáveis, além de descrever matematicamente os

movimentos regulares de maneira a abreviar a explicação e a experiência sensorial. No entanto, esses termos não têm sentido porque não se conectam com percepção alguma, são termos vazios, pois não são produtos de sensação direta ou da memória.

À luz da abordagem de Berkeley, os princípios da teoria da dinâmica de Newton são assimilados como uma hipótese matemática desenvolvida para alcançar resultados consistentes, contudo sem pressupor qualquer realidade inobservável por detrás das aparências. O instrumentalismo, na versão aqui cotejada, se limita a conceder prestígio para a ciência somente em função de seu grau de utilidade.

Entretanto, ao sustentar que conceitos como força, gravidade e atração são, na verdade, conceitos ocultos, em virtude de não denotarem percepções, Berkeley está renunciando a partes fundamentais das teorias científicas de Copérnico, Galileu e Newton. Popper demonstrou que a prova da ausência de significado dos termos das teorias científicas consiste em uma refutação da teoria observacionista ou fenomenalista do significado, isto é, todas as palavras e conceitos empregados para descrever os princípios e as propriedades estruturais não são perceptíveis no sentido atribuído por Berkeley⁴¹ (POPPER, 1996, p.108).

Popper apresenta um argumento contra o nominalismo neste trecho:

Toda descrição usa nomes (ou símbolos, ou ideias) *universais*; toda sentença tem o caráter de uma teoria, uma hipótese. A sentença “aqui está um copo com água” não admite verificação por qualquer experiência observacional. A razão está no fato de os *universais* que nela ocorrem não podem ser correlacionados com qualquer experiência sensorial, em particular. (Uma “experiência imediata” é “imediatamente dada” *apenas uma vez*, ela é única.) Usando a palavra “copo”, indicamos corpos físicos, que exigem certo comportamento que se manifesta de forma semelhante a leis, é o mesmo cabe dizer a respeito da palavra “água” (POPPER, 2005, p. 76)

De acordo com Popper, a distinção entre termos teóricos e termos observacionais é equivocada e sem sentido, pois todos os termos expressam algum nível de teoria e de universalidade. Ele não nega, obviamente, que alguns termos carregam maior parcela de universalidade e teoria do que outros. O ponto central do seu argumento se fundamenta na impossibilidade de um termo ser completamente observacional e desprovido de qualquer teoria.

De acordo com os instrumentalistas, as teorias científicas se limitam a hipóteses inventadas pela engenhosidade da imaginação humana. Nesta perspectiva, uma boa teoria é sempre dotada de maior valor pragmático, de modo a desfrutar com a isenção do

⁴¹ Ainda no que tange ao aspecto linguístico do instrumentalismo de Berkeley, Popper (2005, p. 12-16) argumenta que o nominalismo de Schlick, Poincaré e Duhem são similares ao de Berkeley, se refere às palavras e conceitos das teorias científicas; No entanto, um fato que à primeira vista passa despercebido é que o critério de demarcação de Popper está ligado a enunciados, e não às palavras.

comprometimento com a verdade e realidade. Vamos observar brevemente algumas premissas salientadas pela doutrina instrumentalista no que se segue:

(A) Instrumentalistas negam que teorias científicas sejam portadoras de valor de verdade.

(B) A importância de uma teoria científica é medida em função de sua coerência e utilidade.

Os instrumentalistas ressaltam que não existe um sistema teórico melhor ou pior do que outro. Aqui, qualquer hipótese ou teoria a respeito da verdade é igualmente válida a partir de um ponto de vista epistemológico, pois toda teoria consiste em uma explicação inventada para decifrar os fenômenos observáveis. Mais do que isso é mera especulação extraordinariamente vaga e descabida.

Pesa em favor do instrumentalismo a tese da simplicidade da Navalha de Ockham. Essa tese condiz igualmente com o nominalismo de Berkeley no terreno da filosofia da linguagem. Assim, não conseguimos visualizar “forças de atração”, mas observamos somente movimentos a partir dos quais atribuímos causalmente à força de atração, concebida como um construto artificial para acomodar a experiência sensível. É por esse motivo que Berkeley (1951) interpreta a teoria da gravitação universal de Newton como uma hipótese matemática, ou seja, “um instrumento conveniente para calcular e prever fenômenos ou aparências, não podia ser considerada uma descrição verdadeira da realidade.” (POPPER, 1963, p. 99).

Em alusão a Ockham, Popper formula a expressão “Navalha de Berkeley” para designar a atitude de Berkeley face às leis da dinâmica newtoniana. Ao utilizar um crivo ainda mais restritivo que o de Ockham rejeitando todas as teorias, processos, entidades, propriedades e descrições acerca da realidade, a “Navalha de Berkeley” elimina da ciência física todas as explicações essencialistas (POPPER, 1963, p.171).

Em sentido estrito, a verdade como correspondência e a tarefa da epistemologia de reconstrução lógica não ocupam o interesse central do instrumentalista. Para ele, os requisitos importantes são a coerência com os resultados obtidos em relação aos dados observacionais e a utilidade de tais teorias para a orientação das previsões de futuras observações.

As críticas de Popper dirigidas contra a visão instrumentalista emergem com base nas premissas que serão analisadas separadamente:

(A) O instrumentalismo não é uma posição seguramente capaz de explicar a diferença entre teoria e prática.

No que concerne ao item (A) é pertinente distinguir as espécies de métodos a serem levados em consideração na abordagem de Popper. Em sua opinião, existe uma precípua

diferença que marca as ciências puras (teóricas) e as ciências aplicadas (como é, por exemplo, o caso da tecnologia da computação). As primeiras devem, em princípio, buscar contraexemplos que estabeleçam a sua refutação conclusiva. Enquanto as ciências aplicadas não possuem necessariamente um comprometimento com as regras metodológicas e não se encontram abertas à falsificação. Desde que o produto funcione e esteja bem ajustado para atender aos propósitos para os quais foi concebido, não há motivos razoáveis para que seja substituído por outro. É justamente isso o que acontece com os nossos utensílios tecnológicos (POPPER, 1972, p. 264). Por essa razão, Popper reforça a dicotomia que envolve ciência e tecnologia (O’HEAR, 1992, p. 3). Ele diz:

Ora, se o instrumentalismo fosse verdadeiro, todas as teorias científicas não seriam mais do que regras de computação. Por conseguinte, não poderia haver diferenças fundamentais entre as teorias das chamadas ciências puras, como a dinâmica de Newton, e as regras de computação tecnológicas que encontramos por toda a parte nas ciências aplicadas e na engenharia (POPPER, 1996, p. 113)

Popper faz questão de ressaltar as profundas diferenças que envolvem as ciências puras e teóricas em relação às ciências aplicadas e tecnológicas. A fim de justificar a necessidade dessa distinção, ele enumera uma lista de dez razões para manter essa diferença. Dentre as quais, três são dignas de atenção. Primeiramente, embora uma teoria venha a ser refutada pelos testes, ela poderá, contudo, prosseguir sendo útil para satisfazer a determinados propósitos específicos. A teoria das ondas sem fio de Newton e Maxwell foi falsificada por experiências cruciais. No entanto, ela continuou sendo utilizada na navegação. O segundo aspecto acentuado por Popper reside no fato de que testamos os limites da aplicabilidade dos instrumentos sem nenhuma relação com noções como verdade e falsidade⁴².

A terceira razão afirma que o conteúdo informativo de uma teoria científica é relevante para que novas informações, até então desconhecidas, sejam incorporadas ao conjunto do nosso conhecimento. Esse ponto é reiterado por Popper com a menção de célebres personagens instrumentalistas que viveram durante a revolução copernicana. Ele indaga:

Quem negaria, hoje, que a teoria de Copérnico descreve a estrutura (aproximada) do nosso sistema solar? Mas, com base na sugestão de Osiander, o editor de Copérnico, que propôs uma interpretação instrumentalista do

⁴² Quando lidamos com instrumentos e ferramentas não faz sentido perguntar se estes são verdadeiros ou falsos, mas sim se são úteis ou inúteis, adequados ou ultrapassados. Assim, é impossível refutar um instrumento, entrando em conflito com o critério de cientificidade estabelecido por Popper. Ele esclarece esse fato da seguinte maneira: “No que diz respeito aos instrumentos e regras de computação não encontramos nada que seja suficientemente semelhante. É bem verdade que um instrumento pode apresentar defeito, ou tornar-se obsoleto, mas não faz sentido dizer que submetemos um instrumento aos testes mais rigorosos que podemos conceber para rejeitá-lo caso não passe nesses testes” (POPPER, 1963, p. 112-113).

sistema de Copérnico, isso foi negado pelo cardeal Bellarmino, por Francis Bacon e pelo bispo Berkeley. O que estes homens negaram foi, precisamente, que o sistema copernicano tivesse algum conteúdo descritivo ou informativo (POPPER, 1996, p. 116)

Popper está explicitamente argumentando que as teorias científicas permitem obter novas informações a respeito da natureza e suas descrições vão se aprofundando cada vez mais. O instrumentalista estará pronto a admitir que a investigação científica se processa com base no valor prático desempenhado pelas previsões, no entanto, o valor da ciência não resume apenas na aplicabilidade impostas pelas previsões, conforme presume o instrumentalismo. A previsão ocupa um papel vital para a ciência em função de sua incidência sobre as teorias, visto que os cientistas buscam alcançar teorias aproximadamente verdadeiras e informativas. Além disso, contribuem para a descoberta de um evento até então inesperado, o que permite inferir a noção de progresso científico⁴³. Isso implica que a visão instrumentalista é infértil para compreender novas descobertas que não sejam, de antemão, esperadas.

(B) Teorias científicas na medida em que são instrumentos não podem ser refutadas.

Ao assumir que as teorias científicas não são nada mais que instrumentos empregados para a simplificação de explicações a respeito de fenômenos naturais observáveis, o instrumentalista se afasta da busca da ciência pela verdade, que de acordo com Popper (2005, p. 278) constitui o alvo genuíno da ciência.

Popper discorda radicalmente dessa premissa, pois, em sua visão o traço que identifica as ciências empíricas, em contraposição a outras áreas do saber, se refere justamente à falseabilidade dos enunciados das ciências empíricas. Em *A Lógica da Pesquisa Científica*, obra que versa sobre o método empregado na investigação científica, Popper impõe a refutabilidade como condição necessária do jogo científico:

Contudo, só reconhecerei um sistema como empírico ou científico se ele for passível de comprovação pela experiência. Essas considerações sugerem que deve ser tomado como critério de demarcação, não a verificabilidade, mas a falseabilidade de um sistema. Em outras palavras, não exigirei que um sistema científico seja suscetível de ser dado como válido, de uma vez por todas, em sentido positivo; exigirei, porém, que sua forma lógica seja tal que se torne possível validá-lo através de recurso a provas empíricas, em sentido negativo: deve ser possível refutar, pela experiência, um sistema científico empírico

⁴³ Popper desenvolveu dois conceitos centrais no intuito de argumentar em favor da noção de progresso científico. São eles: a corroboração, que se refere à capacidade de sobrevivência de uma teoria; e a verossimilhança, a sua capacidade de ser uma boa aproximação da verdade. Sobre a relação estabelecida por ambos, ele diz: “Pois há um método de corroboração – a tentativa séria de refutar uma teoria quando uma refutação parece provável. Se essa tentativa falhar pode-se conjecturar, em terreno racional, que a teoria é uma boa aproximação da verdade” (POPPER, 1972, p. 98). Anthony O’Hear explica com maiores detalhes o caráter darwinista da noção de corroboração (O’HEAR, 1992, p. 36-37). Veremos adiante a verossimilhança com maior ênfase.

(POPPER, 2005, p.18)

Conforme é exposto acima, todos os enunciados científicos devem ser empiricamente refutáveis. O que levanta pelo menos duas consequências óbvias: em primeiro lugar, em virtude de sua natureza conjectural, as teorias científicas não podem ser plenamente confirmadas, mas suportam ser corroboradas quando confrontadas com os testes mais rigorosos. Por meio da refutação, o nosso conhecimento acerca do mundo natural é ampliado à medida que substituímos as teorias antecessoras em prol de novas – cujo conteúdo de corroboração foi aferido a partir da resistência aos testes empíricos. Em segundo lugar, a nova teoria não apenas contradiz aos enunciados aduzidos pela sua predecessora, mas permite igualmente corrigir as falhas das quais a teoria anterior não foi suficientemente boa para contornar⁴⁴. A corroboração de teorias é um traço vital para o progresso científico. Ela significa que tivemos êxito em criticar a antiga teoria e permitiu o advento de uma nova teoria mais sólida, mais apta e mais resistente aos testes. Em outras palavras, a corroboração viabiliza a escolha racional entre teorias competidoras (POPPER, 1963, p. 215-217).

Ao propor a falseabilidade das teorias científicas Popper tinha em mente apresentar uma objeção contra o programa levado adiante pelo Círculo de Viena, em especial por Schlick e Carnap, e suas ideias de confirmação e verificação, ambas alicerçadas em raciocínios de indução⁴⁵. Em virtude de negar que as teorias científicas possam vir a ser refutadas por testes experimentais, o defensor do instrumentalismo equipara a ciência à especulação metafísica.

(C) Teorias científicas à luz do ponto de vista instrumentalista não podem explicar o progresso científico.

O ponto (C) equivale a um contrassenso amplamente disseminado pelos instrumentalistas mais antigos ao renunciar a racionalidade do progresso científico. No prefácio à edição inglesa de *A Lógica da Pesquisa científica*, Popper (2005, p. xix) declara que “o problema central da Epistemologia sempre foi e continua a ser o aumento do conhecimento. O aumento do conhecimento pode ser mais bem analisado se analisarmos o aumento do conhecimento científico”.

Porém, é difícil admitir que o sistema astronômico formulado por Copérnico não representa um avanço significativo em relação ao modelo de Aristóteles e Ptolomeu, embora o geocentrismo de Aristóteles e Ptolomeu tenha manifestamente comprovado o seu valor

⁴⁴ No primeiro capítulo de *Conjecturas e Refutações* (1963) Popper relata com entusiasmo a demonstração das predições derivadas das teorias da relatividade espacial de Einstein em 1919.

⁴⁵ O problema da indução é de suma importância para Popper, contudo, não será discutido para os fins desta dissertação.

pragmático (KUHN, 1957, p. 187). Assim, o instrumentalismo é inútil para explicar o progresso trilhado pela ciência. Popper enuncia esse aspecto no trecho abaixo:

A tendência do instrumentalismo é antirracionalista. Implica que a razão humana não possa descobrir nenhum segredo do Mundo. Assim, não sabemos hoje mais acerca do Mundo do que sabíamos há quatrocentos anos. O nosso conhecimento dos fatos não aumentou: só a nossa habilidade em manobrá-los, e o nosso conhecimento de como construir dispositivos. Não há, segundo o instrumentalismo, revolução científica; só há revolução industrial. Não há verdade na ciência; só utilidade (POPPER, 1996, p.122-123)

No entanto, uma pesquisa mínima sobre a história da ciência revelaria o contrário, pois não somente o nosso domínio sobre a natureza foi ampliado, como também o nosso conhecimento a respeito do comportamento da natureza. O conhecimento científico tem como característica evidente o progresso, que se articula à busca pela verdade e à expansão do conhecimento, e dessa forma, “o progresso contínuo é uma parte essencial do caráter racional e empírico da ciência; se ela deixa de progredir, perde o seu caráter racional” (POPPER, 1963, p. 215) ⁴⁶.

Por fim, Popper censura a postura instrumentalista em virtude desses três fatores abordados acima. Ele resume o seu ataque a partir das seguintes palavras:

De qualquer forma, a verdade é que, ao negligenciar a refutação, e acentuar a aplicação, o instrumentalismo é uma filosofia tão obscurantista quanto o essencialismo. De fato, só pelas tentativas de refutação pode a ciência ter esperança no progresso. Só pelo exame de como suas várias teorias respondem à experimentação podemos distinguir entre as teorias melhores e piores e encontrar um critério de progresso científico. (POPPER, 1963, p. 113)

Segundo Popper o procedimento de testar empiricamente as hipóteses mais auspiciosas a partir de conjecturas e refutações permite que se avance em um caminho que aproxima a ciência em direção a teorias com alto grau de precisão (POPPER, 1963, p. 216). Diante disso, em vez de procurar por situações factuais que confirmem as suas predições, os cientistas devem buscar contraexemplos eficientemente capazes de refutarem as suas hipóteses, descobrindo deste modo que o mundo não corresponde às suas ideias. Após esse infortúnio, projetar luz para

⁴⁶ Embora o ideal de progresso científico seja um tópico constantemente enfatizado por Popper, ele certamente não aceita a crença na lei histórica do progresso. Ele diz: “Na verdade, já tive várias oportunidades para atacar essa crença, e sustento que mesmo a ciência não está sujeita a qualquer coisa parecida. A história da ciência, como a história de todas as ideias humanas, é feita de sonhos irresponsáveis, de erros e de obstinação. Mas a ciência é uma das poucas atividades humanas – talvez a única – em que os erros são sistematicamente criticados (e com frequência corrigidos). Por isso podemos dizer que, no campo da ciência, aprendemos muitas vezes com os nossos erros; por isso podemos falar com clareza e sensatez sobre o *progresso científico*. Na maior parte dos outros campos de atividade do homem ocorrem mudanças, mas raramente há progresso – a não ser dentro de uma perspectiva muito estreita dos nossos objetivos de mundo” (POPPER, 1972, p. 242).

formular novas teorias progressivamente resistentes. Caso a teoria consiga demonstrar sua capacidade de resistência frente aos testes empíricos pelos quais foi submetida, é preciso admitir que foi corroborada, até o instante em que surjam novas teses que a refutem. Esta postura de conjecturas e refutações é condição indispensável para o aperfeiçoamento e manutenção das teorias científicas mais aptas à sobrevivência. Fica evidente que Popper renuncia ao dogmatismo associado ao essencialismo ingênuo; e ao instrumentalismo, que isenta a ciência do seu compromisso com a verdade (O'HEAR, 1992, p. 3).

Uma vez conferido o panorama desses dois pontos de vista epistemológicos acerca do conhecimento científico, vamos passar para a exposição da perspectiva endossada por Popper, concebida como opção viável para afastar os impasses que já tivemos a oportunidade de averiguar.

2.3 O Essencialismo Modificado: A resposta de Popper perante as doutrinas essencialista e instrumentalista

Dentre as diversas obras de Popper, interessa-nos particularmente o texto intitulado *Conjecturas e Refutações*, publicado em 1963. Trata-se de uma série de ensaios e conferências, cujo núcleo argumentativo gira em torno da tese de que podemos e devemos aprender com os nossos erros, o que permite explicar o porquê de o método científico apresentar progresso. Nele estão exprimidos a elaboração da teoria do conhecimento proferida por Popper, segundo a qual considera que embora o conhecimento científico que dispomos seja inevitavelmente conjectural e provisório, as nossas hipóteses devem ser submetidas ao crivo dos testes que visem a sua refutação conclusiva. Este método de tentativa e erro, ele o batizou de “conjecturas e refutações”. Ainda há dois textos de suma importância para a proposta da argumentação. São eles: *Conhecimento Objetivo*, obra de maturidade de Popper, em que ele apresenta a sua doutrina epistemológica e a ontologia de 3 mundos independentes; e *O Realismo e o Objetivo da Ciência*, constituindo o primeiro volume do pós-escrito à *Lógica da Pesquisa Científica*, obra que concedeu enorme prestígio a Popper no começo de sua carreira.

Em contrariedade com o essencialismo e o instrumentalismo, Popper propõe um terceiro ponto de vista sobre o conhecimento científico, desenvolvido no intuito de manter os pontos fortes e rechaçar os pontos fracos advindos de cada uma dessas posições. Ele ataca o idealismo

subjetivista do instrumentalismo e o dogmatismo obscurantista do essencialismo ingênuo⁴⁷, ao exibir uma abordagem realista e objetiva do conhecimento científico.

A concepção de Popper acerca do conhecimento científico ainda preserva uma tese essencialista, pois acolhe certos pontos que integram formalmente o essencialismo. Contudo, o seu ponto de vista apresenta mudanças relevantes em relação ao essencialismo ingênuo de Cotes. Ele pretende retomar a tradição iniciada por Galileu⁴⁸, asseverando um realismo⁴⁹ de senso comum acerca do mundo externo; e a racionalidade crítica do método científico, a partir de teorias cada vez mais dotadas de maior grau de profundidade para penetrar nos âmbitos mais recônditos da natureza.

De acordo com o que sublinhamos acima, Popper presume que o cientista busca propiciar uma descrição, ao menos aproximadamente, verdadeira do mundo e de seus fatos observáveis. Todavia, esta descrição nunca deverá estar imune à refutabilidade, no sentido de que em qualquer momento o cientista deve descartar a antiga teoria em favor de outra mais aprazível, supostamente dotada de maior conteúdo de verdade e menor conteúdo de falsidade. Com efeito, todo o corpo de nosso conhecimento científico está baseado em conjecturas altamente improváveis, mas que demonstram a sua vitalidade ao serem corroboradas pelos testes empíricos. Popper nos esclarece acerca de seu ponto de vista nas seguintes palavras:

Mas, se uma teoria é testável, isso implica que eventos de um certo tipo podem ocorrer; assim, essa teoria afirmará algo sobre a realidade. Por isso exigimos que quanto mais conjectural for uma teoria, maior seja sua testabilidade. As conjecturas testáveis se referem, portanto, à realidade. Seu caráter incerto ou conjectural faz com que o nosso conhecimento sobre a realidade que procuram descrever seja também incerto ou conjectural. (POPPER, 1963, p. 117)

O que faz com que uma teoria seja testável implica nas condições de sua falseabilidade⁵⁰. O ponto de vista de Popper é atravessado por um claro caráter revisionista, o que significa que as teorias científicas são irremediavelmente provisórias, podendo ser corrigidas ou descartadas na medida em que as submetemos a novos e rigorosos testes empíricos. Ele parece adotar,

⁴⁷ Daqui em diante, vamos nos referir ao essencialismo de Cotes, como “essencialismo ingênuo” para distingui-lo do “essencialismo modificado” de Popper. Isso já foi ressaltado numa nota de rodapé acima.

⁴⁸ Mais especificamente a tradição da ciência inaugurou ao questionar o instrumentalismo.

⁴⁹ Popper escreve: “A missão da ciência, que é, segundo sugeri, a de encontrar explicações satisfatórias, dificilmente se poderá compreender se não formos realistas, pois uma explicação satisfatória é uma explicação que não é ad hoc, e esta ideia – a ideia de provas independentes – dificilmente se poderá compreender sem a ideia de descoberta, de avanço para níveis de explicação mais profundos; sem a ideia, portanto, de que há algo para nós descobrirmos; e algo para se discutir criticamente” (POPPER, 1996, p. 145).

⁵⁰ A falseabilidade é o critério de demarcação estabelecido por Popper visando separar os juízos da ciência e da metafísica. A falseabilidade foi explicitada em *A Lógica da Pesquisa Científica* na tentativa de solucionar os problemas de justificação lógica provocados pelo indutivismo do Círculo de Viena, especialmente o verificacionismo de Schlick e o probabilismo de Carnap, que estavam amparadas pelos ditames da lógica indutiva, que Popper quis avidamente combater em seus escritos.

juntamente com Quine (1960, p. 124), a recomendação metodológica derivada da metáfora do navio de Neurath. Segundo Neurath, um navio que apresenta defeitos durante a viagem, é preciso, pois, reformá-lo enquanto permanecemos a bordo. De forma análoga, o conhecimento humano não está fundado sob um edifício completo e imutável, o que implica no abandono do desiderato de alcançar a uma base verdadeiramente sólida para o conhecimento científico. Ao contrário, é preciso reconhecer as imperfeições de nossas mais sofisticadas teorias na medida em que se deve prezar por cautela.

A tese de Popper pressupõe que as teorias cotejadas pela ciência são inevitavelmente falíveis. Entretanto, em virtude da aplicação dos cálculos de verossimilhança e do método de conjecturas e refutações, Popper acreditava se afastar da adesão ao relativismo epistemológico, visto que nos oferece a possibilidade de selecionar dentre as teorias competidoras, a portadora de maior conteúdo verdadeiro e menor conteúdo falso, cujo resultado é obtido através de testes severos (O'HEAR, 1992, p. 45). Assim, Popper reconhece que as teorias científicas – em sentido absoluto – não são verdadeiras, não obstante, podem ser aperfeiçoadas por meio da eliminação e correção dos erros.

Em seu pós-escrito à *Lógica da Pesquisa Científica*, chamado de *Realism and the Aim of Science*, Popper nos esclarece acerca de seu essencialismo modificado. Mediante as críticas oferecidas contra o essencialismo ingênuo e o instrumentalismo, ele rejeita o aspecto das explicações últimas, peculiar ao essencialismo, alegando que toda teoria científica pode sofrer acréscimo ou ser eventualmente substituída por outra carregada de maior poder explicativo, grau de universalidade e capacidade frutífera de resistência aos testes, o que significa que nossas teorias científicas vão se aperfeiçoando a partir dos obstáculos impostos pelos testes empíricos. Em segundo lugar, a crença de que existam propriedades essenciais em cada coisa individual não auxilia diretamente no desenvolvimento científico, podendo até se tornar um empecilho por ser fonte de dogmatismo. Popper atribui a Aristóteles a crença na existência de essências particulares, opinião proferida em contraposição ao platonismo. Segundo essa versão do essencialismo de Aristóteles que contém traços de animismo, cada substância possui uma essência singular⁵¹. Contra esse ponto Popper replica:

Pois esta concepção deixa completamente de lançar qualquer luz sobre a questão: por que coisas individuais diferentes se comportariam de maneira

⁵¹ É importante ressaltar que Popper considera que Aristóteles não considerou corretamente o problema e preferiu assumir que cada coisa tem uma essência particular. Embora Popper não seja completamente avesso à doutrina das essências, ele nega que ela possa ter alguma utilidade para o progresso da ciência. Mas esse tipo de essencialismo, que pressupõe propriedades inerentes e particulares, é apenas uma dentre as várias razões que Popper rejeita. O essencialismo de Cotes, o mais incisivo que vimos, recai sob a mesma crítica.

semelhante? Se se disser “porque suas essências são semelhantes”, surge nova questão: *por que não haveria tantas essências diferentes quantas são as coisas diferentes?* (POPPER, 1972, p. 195)

Popper prossegue condenando o essencialismo ingênuo, pelo fato desta corrente buscar uma explicação definitiva e irrefutável, o que poderia ameaçar a refutação das teorias e o confronto das ideias. Lemos essa crítica neste trecho:

Esta terceira visão modifica o essencialismo de uma maneira radical. Primeiramente, eu rejeito a ideia de explicação final. Eu sustento que toda explicação pode ser explicada por uma teoria de universalidade superior. Não pode haver uma explicação que não precise de mais explicações, pois nenhuma delas pode ser uma descrição definitiva de uma essência (como uma definição essencialista do corpo, como sugerido por Descartes). Em segundo lugar, eu rejeito tudo *o que é?*⁵² Questões que indagam sobre o que é uma coisa, qual é a sua essência ou sua verdadeira natureza. (POPPER, 1996, p. 136)

Popper acrescenta no decorrer do texto que o seu essencialismo modificado está correlacionado com a sua epistemologia falseabilista. Vejamos o que ele diz:

Toda vez que procedemos para explicar alguma lei ou teoria conjectural por uma nova teoria conjectural, de um maior grau de universalidade, nós estamos descobrindo mais sobre o mundo: nós estamos penetrando mais profundamente em seus segredos. E toda vez que conseguimos falsificar uma teoria dessa forma, estamos fazendo uma importante descoberta. Estas falsificações são as mais importantes. Elas nos ensinam o inesperado. E elas nos asseguram que, embora as nossas teorias sejam feitas por nós mesmos, embora sejam as nossas próprias invenções, elas são, no entanto, genuínas afirmações sobre o mundo, pois elas podem chocar com algo que nunca fizemos. (POPPER, 1996, p. 137)

Em primeiro lugar, Popper constata que o essencialismo, em sua versão ingênua, pode conviver à mercê do dogmatismo, uma posição visivelmente incompatível com a sua inspiração crítica e racionalista. Versões da pergunta sobre “o que é?” podem ser encontrada face aos relatos distribuídos sobre Sócrates, ou ainda, em Platão, responsável por distinguir a realidade inteligível (formal) da mera aparência sensível (material). Temos, portanto, nos diálogos de Platão uma formulação da doutrina característica do essencialismo.

O essencialismo modificado, por seu turno, sugere que embora as nossas ideias não sejam plenamente capazes de alcançar às explicações últimas, elas podem, no entanto, coincidir com algum aspecto ou fragmento da estrutura do mundo e, dessa forma, permitem um certo contato com a realidade desvendando alguns dos segredos do mundo.

⁵² Itálicos do autor.

O essencialismo modificado endossa que a ciência requer a busca pela verdade, mas não qualquer tipo de verdade que seja trivial ou tautológica. A expansão do conhecimento ocorre pela inclusão de descobertas interessantes através de teorias altamente improváveis, selecionadas à luz da discussão crítica e de rigorosos testes empíricos (POPPER, 1972, p. 245). Ele comenta esses pontos brevemente:

Um aspecto importante da ‘terceira visão’ é o fato de que a ciência busca teorias verdadeiras, embora nunca possamos estar seguros de que uma teoria em particular é verdadeira; por outro lado, a ciência pode progredir (sabendo que progride) formulando teorias que, comparadas com as anteriormente aceitas são descritas como uma melhor aproximação da verdade (POPPER, 1963, p.174)

Um traço ressaltado por este trecho se refere ao fato de que nunca é possível estar de posse da certeza de uma teoria. Em função de sua natureza conjectural, as teorias científicas se encontram abertas à revisão e substituição, contanto que a nova teoria demonstre ser capaz de explicar os mesmos fenômenos da predecessora e possua algum conteúdo adicional sobrevivente aos testes experimentais. Apesar de sermos falíveis e o conhecimento científico estar baseado em conjecturas e refutações, não há como negar que existe uma imensa quantidade acumulada de conhecimento científico. Com efeito, o avanço da ciência está associado ao seu caráter refutativo das teorias antigas em detrimento de novas teorias dotadas de maior teor explicativo e resistência aos testes. Portanto, “o que nós acreditamos não é que a teoria de Newton ou a teoria de Einstein sejam verdadeiras, mas sim que são boas aproximações da verdade, ainda que podendo ser superadas por outras melhores” (POPPER, 1996, p. 57).

Popper (1963, p. 173-174) apresenta uma síntese propositiva dos itens que a sua visão do conhecimento científico se alinha:

- I) É possível trabalhar com algo como um mundo “por trás” das aparências sem assumir um compromisso com o essencialismo (especialmente se admitirmos que não seja possível saber se há algum outro mundo “real” oculto por trás do primeiro). Para falar de modo mais concreto, pode-se trabalhar com a ideia de níveis hierárquicos de hipóteses explicativas;
- II) Essas teorias não são hipóteses matemáticas – isto é, apenas instrumentos para a previsão de aparência. Sua função é muito mais ampla;
- III) Não existe observação ou experiência que seja pura: o que Berkeley tinha em mente ao falar de observação, é sempre o resultado de uma interpretação;
- IV) Assim, há uma mistura de elemento teórico ou hipotético;

- V) Novas teorias podem levar a uma reinterpretação de velhas aparências; alterando assim o mundo aparente;
- VI) A multiplicidade das teorias explicativas que Berkeley observou é empregada, sempre que possível, para construir uma situação em que duas teorias conflitantes podem dar resultados observáveis diferentes, permitindo a aplicação de um teste crucial para escolher entre elas.

A rigor, as teorias científicas se constituem como audaciosas tentativas de descobrir a verdade por detrás das aparências, contudo, é impossível atingir a uma teoria final, que seja plenamente provada e definitiva. O máximo de sucesso que podemos almejar é testar uma teoria e as suas respectivas consequências mediante o confronto com a realidade, contentando-nos em averiguar a sua falsidade. A partir da noção de leis da natureza é possível explicar satisfatoriamente as regularidades dos fenômenos observáveis. Mas, em vez de considerá-las como algo análogo às ideias platônicas, as leis da natureza devem ser encaradas como nada mais que “descrições (conjecturais) das propriedades estruturais da natureza – de nosso próprio mundo” (POPPER, 1972, p. 196).

No entanto, uma questão vital para a epistemologia permanece: Se não possuímos teorias totalmente verdadeiras, como a ciência continua buscando a verdade? Para responder a este impasse, Popper formulará o conceito de verossimilhança, tema da próxima seção.

2.3.1 Verossimilhança

Para entendermos em linhas gerais no que consiste o conceito de verossimilhança é preciso, em primeiro lugar, apresentar brevemente os aspectos intuitivos da sua inspiração, a teoria da verdade formulada pelo lógico polonês Alfred Tarski (1901-1983). Antes de Tarski, a fim de se desviar do pragmatismo instrumentalista, Popper evitava mencionar o conceito e lidar com o problema da verdade.

Somente após a leitura dos artigos de Alfred Tarski, Popper encontrou uma solução aceitável para o problema da verdade como correspondência com os fatos. A estratégia utilizada por Popper consiste em aplicar os resultados metalinguísticos das linguagens formalizadas de Tarski às linguagens naturais. A concepção semântica da verdade de Tarski é uma teoria que faz uso de uma metalinguagem e nos permite compreender o mundo semântico em conformidade com a estrutura da realidade. Em que pese o quanto essa solução soe trivial, ela representa uma eminente teoria da verdade de caráter objetivista, mediante a qual Popper se apropriará para efetuar o cálculo de verossimilhança, princípio de vital importância para a comparação de teorias divergentes.

Popper considera a concepção de verdade de Tarski como sinônimo de “correspondência com os fatos”. Isso significa que um enunciado formulado em uma metalinguagem consta as condições necessárias para que seja aferido a sua correspondência com os fatos. Seguindo essa linha, o próprio Tarski (1944, p. 343) afirmava que: “A verdade de uma sentença consiste em sua concordância (ou correspondência) com a realidade”.

Tarski construiu a sua concepção semântica da verdade a fim de propiciar uma noção de verdade que fosse materialmente adequada e formalmente correta. Isso implica em oferecer uma definição da verdade livre de ambiguidades, mas sem recair nos impasses da teoria correspondentista de Aristóteles. Tarski amplia essa teoria e introduz símbolos, utilizando o princípio de equivalência, no qual do lado esquerdo ocorre o nome da sentença, enquanto à direita está situado o estado de coisas que ela descreve expresso pela sentença. Dessa forma:

(a) A sentença ‘a neve é branca’ é verdadeira se, e somente se, a neve é branca;

Ou ainda,

(b) X é verdadeiro se e somente se P.

Essa formulação é denominada por Tarski de esquema T. Se obtém a sua equivalência ao substituir ‘P’ por uma sentença declarativa, e ‘X’ por um nome dessa sentença (TARSKI, 1944, p. 344).

Tarski estipula 3 exemplos de conceitos semânticos: a designação, a satisfação e a definição. A designação se refere a uma espécie de rótulo de um termo, como “este país é o Brasil”. A satisfação se liga aos requisitos mínimos para que um objeto preencha adequadamente uma descrição que o acompanhe. A definição possibilita marcar algo como igualmente verdadeiro. Segundo ele, a verdade é um típico exemplo de satisfação. O predicado “verdadeiro” deve ser atribuído às sentenças e aos objetos referidos pelas sentenças, ou seja, ao estado de coisas descrito pela sentença em questão.

Segundo Tarski, a noção semântica da satisfação é capaz de superar a inconsistência de alguns paradoxos, como o do mentiroso, por exemplo. Além disso, ela assegura que determinados objetos satisfaçam a uma função; substituindo a função por variáveis livres, assinalando em quais condições os objetos satisfazem a uma dada função. Tarski define a noção de satisfação para tratar da verdade nos seguintes termos: “uma sentença é verdadeira se ela é satisfeita por todos os objetos, e falsa no caso contrário” (TARSKI, 1944, p. 353).

Tarski estava inclinado a sugerir que sua teoria da verdade contava com a vantagem de ser uma teoria do senso comum. Qualquer pessoa, mesmo sem vasta instrução ou jargão filosófico admitiria prontamente que a sentença “está nevando” é verdadeira se, e somente se, está nevando (TARSKI, 1944, p. 360).

Com o emprego de uma metalinguagem para lidar convenientemente com a linguagem-objeto é possível obter a correlação entre as sentenças e, ainda assim, permanecer de forma neutra sem apelar para questões eminentemente técnicas, como a essência filosófica da verdade, ou noções epistemológicas, como a de justificação. Essa correlação se dá desta maneira:

- (1) A neve é branca
- (a) A sentença “a neve é branca” é verdadeira;
- (b) A sentença “a neve é branca” é falsa.

Conforme visualizamos, Tarski se manteve fiel aos princípios da lógica clássica, como a identidade, lei de contradição e do terceiro excluído; promoveu uma solução a alguns paradoxos, apresentando uma alternativa ao correspondentismo aristotélico, ao demonstrar que uma sentença pode ser verdadeira independentemente das crenças subjetivas a seu respeito, e mostrou como é possível falar sobre “sentenças verdadeiras” sem contradição e a partir de uma perspectiva de senso comum.

No começo da década de 60 Popper redigiu um artigo denominado de “Verdade, racionalidade e expansão do conhecimento”, publicado como 10º capítulo de *Conjectures e Refutations* e posteriormente adicionado em *Objective Knowledge*, especialmente nos capítulos 2 e 9.

Desde o início de sua carreira, Popper já assinalava que dois aspectos são intimamente complementares em sua epistemologia. São eles: a falseabilidade enquanto critério de testabilidade de enunciados científicos; e a falibilidade do conhecimento humano. Ele considera que por intermédio do método de conjecturas e refutações é que podemos expandir o domínio do conhecimento humano. Esse é um fato preponderante que torna a ciência uma atividade racional, visto que os cientistas testam sistematicamente as suas teorias estando prontos a aceitar as suas falhas e corrigi-las. Uma vez que os erros são desafortunadamente inevitáveis, é necessário voltar as nossas energias para promover a eliminação de teorias que contêm maior grau de consequências manifestamente falsas.

Popper confessa que, apesar de ter sido sempre adepto das teorias da verdade como correspondência, sempre esteve à parte nesse debate e se absteve, pois, até então considerava que as suas limitações impediam uma resposta proveitosa. Porém, passou a encarar a concepção de Tarski como uma teoria da verdade suficientemente promissora e aplica as suas ideias intuitivas à sua própria concepção⁵³. Popper a adiciona como uma teoria correspondentista, mas

⁵³ Popper (1963, p. 224) levanta os problemas da compreensão da teoria da verdade de Tarski: a) “a combinação de uma ideia intuitiva extremamente simples com uma certa complexidade na execução do programa técnico”; b) “o dogma bastante difundido, porém errôneo, de que uma teoria da verdade satisfatória deveria levar a um critério

diferente de suas antecessoras, que recaiam no problema do verificacionismo⁵⁴. Ele acredita que a teoria de Tarski consegue articular o correspondentismo e a objetividade da verdade.

Ao contrário das teorias epistêmicas⁵⁵ que priorizam a subjetividade ao considerar o conhecimento como um estado mental ao solicitarem boas evidências produzidas para a justificação de crenças, a teoria da verdade objetiva assumida por Popper se manifesta de forma diferente. Ela mostra que uma teoria pode ser verdadeira embora não haja ninguém disposto a acreditar nela, e por outro lado, uma teoria pode ser falsa apesar de haver inúmeras evidências a seu favor (POPPER, 1963, p. 225).

O conhecimento científico está ancorado em teorias falíveis e para as quais pode haver uma ampla gama de dúvidas a seu respeito. A rigor, é impossível para a ciência obter teorias inteiramente verdadeiras. Nas ciências teóricas, descobrir que há algo de errado com alguma teoria é o máximo de êxito que o cientista pode esperar alcançar. Popper comenta:

Acreditamos que o ideal pode ser realizado pelo simples reconhecimento de que a racionalidade da ciência não reside no hábito de recorrer à evidência empírica para sustentar dogmas – como o fazem também os astrólogos – mas unicamente na *visão crítica*: atitude que implica, obviamente, o uso crítico da evidência empírica (sobretudo nas refutações), outros argumentos. A nosso ver, portanto, não há relação alguma entre a ciência e a busca da certeza, da probabilidade, ou da confiabilidade. Não estamos interessados em definir a segurança, certeza ou probabilidade das teorias científicas. Conscientes da nossa falibilidade, estamos apenas interessados em criticá-las e testá-las, na esperança de descobrir nossos erros, aprender com eles e, com um pouco de sorte, desenvolver teorias melhores (POPPER, 1963, p. 228-229)

Popper considera que o conhecimento científico não é fixo, infalível ou imune a erros. Mas procede por meio de correções pontuais em setores que apresentam problemas específicos. Apesar disso, não se deve abandonar o discurso crítico característico da ciência, mas antes,

para a crença verdadeira”. Devido à sua formação, Popper se insere no âmago do debate filosófico acerca da verdade, aquilo que Tarski procurava evitar ao pensar que fosse inútil para a sua noção. Por isso, Popper aponta, segundo a sua perspectiva, os problemas das teorias rivais da correspondência. São elas e suas respectivas falhas: 1) Coerência: Confunde a consistência com veracidade; 2) Evidência: Confunde o que se sabe ser verdade com o que é verdade; 3) Pragmática/Instrumentalista: Equipara verdade a utilidade. Todas elas são, no fim das contas, teorias da verdade de caráter subjetivista (ou “epistêmicas”), isto é, no sentido de que só se pode conceber o conhecimento como uma modalidade de estado ou disposição mental. A epistemologia subjetivista é simplesmente redundante, como se disséssemos: 1) “A neve é branca”; 2) “Acredito que a neve é branca”.

⁵⁴ Esse tipo de crítica ao verificacionismo se dirige a concepção de Wittgenstein no *Tractatus*, segundo o qual a verdade de uma proposição é apoiada por sua figuração com o fato que está sendo descrito; e a correspondência de Schlick, no qual deve ocorrer uma relação entre o designador e o objeto designado. Ambas têm problemas, pois, há uma série de palavras e enunciados do discurso científico que resistem à verificação proposta pela perspectiva de Wittgenstein do *Tractatus* e de Schlick (POPPER, 1963, p. 223-224).

⁵⁵ Popper considerava que as teorias da coerência, consistência e pragmática eram exemplos típicos de teorias subjetivistas da verdade. Popper é um dos mais obstinados críticos das epistemologias subjetivas e idealistas, conforme fica claro com a leitura de seus textos. No entanto, em razão do propósito deste trabalho, vamos omitir uma descrição mais aprofundada deste assunto.

ajustar os eventuais erros de nossas teorias. Esse processo se mostra útil para eliminar as teorias mais vulneráveis. Não é coincidência que Tichý (1974, p. 155) denomina a ideia de Popper como um ceticismo otimista, “é um ceticismo, uma vez que afirma que nenhuma teoria não-trivial pode ser justificada e que é mais provável que todas as teorias que defendemos e usamos sejam falsas”. Porém é otimista, porque ele considera que ocorre progresso no conhecimento científico, visto que uma teoria pode estar mais perto da verdade do que a sua predecessora.

A novidade inserida por Popper quando comparada com a posição de Tarski se localiza no emprego do predicado *verossímil* ao invés de usar verdadeiro, com o objetivo de assinalar que as nossas teorias científicas por mais sofisticadas que possam ser, não correspondem, em sentido estrito, com à realidade, mas que exibem maior quantidade de conteúdos verdadeiros em comparação com a teoria falseada. Além disso, a verossimilhança foi elaborada para projetar luz na noção de verdade, porém, de maneira afastada de qualquer vestígio de indução ou de graus de probabilidade, articulando em torno de si mesma as ideias de verdade e conteúdo⁵⁶. Assim, embora seja impossível identificar com exatidão a distância que uma teoria se encontra da verdade, é possível, no entanto, que caso algumas condições sejam absolutamente satisfeitas, saber se uma teoria está mais próxima da verdade do que a antecessora. Popper tece as seguintes considerações acerca da utilidade metodológica que existe na computação de cálculos de verossimilhança e no que concerne com a sua diferença perante o conceito de verdade:

Nunca podemos tornar absolutamente certo que nossa teoria não está perdida. Tudo quanto podemos fazer é procurar o conteúdo de verdade de nossa melhor teoria. Fazemos tentando refutar nossa teoria, isto é, tentando testá-la severamente à luz do nosso conhecimento objetivo e de nosso engenho. Sempre é possível, sem dúvida, que a teoria possa ser falsa, mesmo que passe por todos os testes; isto é, uma concessão devida a nossa busca de verossimilitude. Mas, se ela passar por todos esses testes, então têm boa razão para conjecturar que nossa teoria, que sabemos ter conteúdo de verdade maior que a sua predecessora, pode não ter maior conteúdo de falsidade. E se falharmos em refutar a nova teoria, especialmente em campos que a sua predecessora haja sido refutada, então podemos alegar isto como uma das razões objetivas para a conjectura de que a nova teoria é uma aproximação melhor da verdade do que a velha teoria. (POPPER, 1972, p. 81)

⁵⁶ Popper diz: “Isso sugere que estamos combinando aqui as ideias de verdade e de conteúdo numa única noção, de grau de correspondência com a verdade, de maior ou menor similaridade com respeito à verdade; ou para empregar um termo que já mencionamos, a ideia (ou graus) de *verossimilhança*, diferente da *probabilidade*” (POPPER, 1963, p. 232-233).

O critério de verossimilhança preza pelos testes do conteúdo empírico asseverado por um enunciado (a), de modo a possibilitar determinar o grau de verossimilhança, obtido a partir da diferença entre o conteúdo verdadeiro (C_{tv}) e o falso (C_{tf}). Sua formalização se dá assim:

$$V(s)a = C_{tv}(a) - C_{tf}(a)$$

O critério de verossimilhança esquematizado acima demonstra que podemos calcular e apresentar o crescimento do conhecimento. Tal metodologia dependerá exclusivamente da eliminação de erros por meio da crítica racional e da testabilidade de teorias. Conforme O'Hear (1992, p. 47) aponta, a verossimilhança permite comparar teorias que, embora sejam reconhecidamente falsas, uma se mostra sendo preferível à outra, o que constitui o caráter crítico da seleção de teorias.

Popper menciona alguns requisitos para que possamos aferir a verossimilhança de duas teorias concorrentes. Conforme é exposto na passagem abaixo:

Intuitivamente falando, uma teoria T1 tem menos verossimilhança do que uma teoria T2 se, e somente se, (a) seus conteúdos de verdade e de falsidade (ou suas medidas) forem comparáveis, ou se (b) o conteúdo de verdade, mas não o conteúdo de falsidade, de T1 for menor que o de T2, ou ainda se (c) o conteúdo de verdade de T1 não for maior que o de T2, mas seu conteúdo de falsidade for maior. Em suma, dizemos que T2 está mais perto da verdade, ou é mais semelhante à verdade, do que T1, se, e somente se, mais asserções verdadeiras decorrem dela, porém não mais asserções falsas, ou pelo menos igualmente tantas asserções verdadeiras, porém menos asserções falsas (POPPER, 1972, p. 52)

Esse princípio de comparabilidade prega que caso a teoria de Einstein possui uma medida de verossimilhança superior à de Newton, isso implica que para cada enunciado concedido pela teoria de Newton, a teoria de Einstein apresenta ao menos uma resposta igualmente precisa. Além disso, a teoria de Einstein contém um alcance maior, o que implica que ela é suficientemente capaz de explicar certos fenômenos que a teoria de Newton não consegue. Na teoria da relatividade geral, fenômenos como o eclipse, o periélio de Mercúrio e a velocidade da luz adquiriram tratamento matemático que não estava presente na mecânica newtoniana. David Miller resume a relação da verossimilhança com as teorias científicas da seguinte maneira:

Essas conjecturas são mantidas enquanto sobreviverem a testes severos, mas eliminadas assim que forem descobertas como falsas. Nenhuma conjectura falsificada pode ser considerada candidata à verdade. Nessa visão, qualquer descoberta de que uma hipótese explicativa é falsa, é considerada como uma conquista científica e contribui para o crescimento da ciência; pois, ao

falsificar a hipótese, sem dúvida aprendemos algo sobre o mundo (MILLER, 1994, p. 199)

Assim, mesmo antes dos testes, uma teoria pode ser considerada como potencialmente melhor que a sua concorrente em relação à amplitude de seu poder explicativo. Em termos intuitivos e até mesmo empíricos, ninguém se atreveria a negar que a teoria de Kepler, de que os planetas se movem em elipses, é uma aproximação da verdade quando comparada a de que os planetas se movem em círculos concêntricos (POPPER, 1996, p. xxxvi).

A posição de Popper (1972, p. 264), ou seja, o método de conjecturas e refutações acompanha a ideia reguladora da verdade (em sentido kantiano), como condição indispensável para a atividade científica sem, no entanto, aderir a qualquer espécie de essencialismo ingênuo ou dogmático. Ele insinua que o princípio da ciência repousa sobre a busca de explicações satisfatórias para a descrição da realidade cada vez mais próxima da verdade (POPPER, 1996, p. 132). Ele reitera esse ponto:

A procura da verossimilhança é um alvo mais nítido e mais realista do que a procura da verdade. Mas pretendo mostrar um pouco mais. Pretendo mostrar que, embora possamos nunca ter argumentos suficientemente bons, nas ciências empíricas, para alegar que alcançamos de fato a verdade, podemos ter argumentos fortes e razoavelmente bons para alegar que é possível termos feito progresso no rumo da verdade; isto é, que a teoria T_2 é preferível à sua predecessora T_1 , pelo menos à luz de todos os argumentos racionais conhecidos (POPPER, 1972, p. 57-58)

O alvo genuíno da ciência consiste em enunciar teorias importantes que não estejam ligadas às trivialidades lógicas e tautológicas, tais como “todos os metais são metais” ou “todos os corpos têm extensão”. Popper declara que a ciência se processa por intermédio de teorias audaciosas e improváveis. Uma boa teoria, embora provavelmente seja falsa, contém informações relevantes e consequências verdadeiras. A verossimilhança é mais bem compreendida como adequação potencial relativa.

De acordo com Popper, embora qualquer asserção possa ser eventualmente falsa, é possível que uma esteja mais próxima da verdade do que outra, quando analisada as suas consequências testáveis. A princípio, ele admite que se duas asserções sejam falsas, então não há como efetuar uma comparação entre os seus conteúdos. No entanto, para escapar desse problema, propõe introduzir o que ele denomina de “asserções de intervalo”.

Suponhamos que seja efetivamente 09h48min. Caso duas pessoas (A e B) fossem interrogadas sobre o horário e suas respectivas respostas apresentassem o seguinte cenário:

(A): “São agora 09h40min”.

(B) “São agora 09h45min”.

Ambas as asserções são falsas, porém, em termos de escalas de valores, a asserção B está menos distante da verdade do que A. Portanto, é preferível em relação à A. Embora, à primeira vista, esse método de seleção racional de teorias pareça promissor, ele rendeu várias críticas. Dentre as quais, as de Tichý e Miller merecem atenção, conforme veremos na próxima seção.

2.3.2 O declínio da Verossimilhança

A noção de verossimilhança, no entanto, foi duramente criticada logo após a sua gestação, especialmente por Tichý (1974) e David Miller (1974). Com a publicação desses artigos, Popper (1996) prontamente reconheceu a fraqueza em sua ideia e descartou sua aplicação puramente formal. Entretanto, persistiu com a tese de que cada estágio da ciência representa um avanço em relação ao estágio anterior, que se desenvolve em direção a teorias dotadas de maior poder explicativo e preditivo, e de maior conteúdo e testabilidade.

Tanto Tichý quanto Miller manifestam críticas acerca da definição formal de verossimilhança, ao assumir, via de regra, que diante de duas teorias falsas, uma delas contém um grau menor de falsidade. Assim, uma é preferível por ser mais “próxima da verdade” ou ainda, “mais semelhante com a verdade”. Tichý (1974) oferece duas definições rigorosas de verossimilhança. A primeira definição se refere ao âmbito lógico, enquanto a segunda está ligada à probabilidade. Ao longo do artigo, Tichý pretende mostrar que ambas são inapropriadas.

De acordo com Tichý, a verossimilhança de Popper em sua definição lógica, falha porque se a teoria A, que possui um conjunto de sentenças fechadas, dispõe de um grau de verossimilhança menor que a teoria B, então B é mais verossímil que é A. Mas, uma vez que a teoria B também seja falsa, não há coerência lógica, pois deixamos de falar rigorosamente sobre a verdade. Em termos lógicos é impossível efetuar uma comparação entre duas teorias falsas.

David Miller, um dos mais ilustres alunos e defensores do racionalismo crítico de Popper, publicou em 1974 um artigo, denominado “Popper's Qualitative theory of verisimilitude”, no qual o impasse com a definição lógica da verossimilhança foi abordado. É interessante notar que a crítica de Miller e Tichý se dirige, sobretudo, ao aspecto lógico da verossimilhança. Conforme o próprio Miller está ciente: “Isso não quer dizer que um aumento no conteúdo não seja, metodologicamente falando, sempre uma melhoria (pelo menos potencialmente). Estamos falando de lógica, e não de método” (MILLER, 1974, p. 167). Por

ser uma nota de rodapé, esse trecho talvez passe despercebido. No entanto, ele concede uma pista para que se tente salvar a verossimilhança, ao menos em termos metodológicos.

O ataque de Miller-Tichý ao critério de verossimilhança tem como pano de fundo a inspiração da teoria da verdade de Tarski que Popper aderiu. Tarski efetuou cálculos em sistemas dedutivos, sendo um sistema dedutivo definido como qualquer conjunto de sentenças que são decorrentes de consequências lógicas. Miller diz:

O conteúdo verdadeiro de um sistema A é a interseção de A com T, é, portanto A.T. Isso consiste em todas as consequências verdadeiras de A. O conteúdo falsificado de A – a classe de todas as consequências falsas – é claro que não é um sistema dedutivo: não contém tautologias (MILLER, 1974, p. 170)

Miller prossegue:

Se B tivesse menos conteúdo de falsidade do que A, uma condição suficiente para estar mais próxima da verdade, segue-se que toda teoria verdadeira está mais próxima da verdade do que toda teoria falsa; de modo que uma tautologia seria mais verdadeira do que a teoria de Newton (MILLER, 1974, p. 175)

A conclusão alcançada de maneira independente tanto por Miller quanto por Tichý diz respeito à impossibilidade de averiguar qualquer indício de aproximação da verdade a partir de duas teorias falsas. Ora, sendo A e B um conjunto de consequências dedutíveis e compatíveis entre si, mas sendo ambas falsas, seria absurdo estabelecer qualquer comparação, pois só sucede de ocorrer equivalência entre asserções verdadeiras. Com efeito, não há aproximação de verdade, pois todo o conteúdo de falsidade de A estará igualmente incluído no conteúdo de falsidade de B⁵⁷.

Uma dificuldade latente ao cálculo do grau de verossimilhança se refere à impossibilidade lógica de adicionar consequências verdadeiras em uma teoria falsa sem, concomitantemente, adicionar consequências falsas. Em função disso, conclui-se que é inconcebível que qualquer teoria falsa esteja à frente em relação à verdade, quando comparada com outra.

O aspecto probabilístico da verossimilhança se refere à média de aproximação de verdade expressa por cada teoria em particular. Tomemos duas teorias distintas, A e B. Mediante as regras de inferência, sabemos que toda sentença consistente de A é equivalente a uma disjunção das constituintes de B. Tichý fornece quatro premissas que expressam tais consequências:

⁵⁷ Miller (1974) enumera quatro teoremas que refutam a crença intuitiva na verossimilhança como aproximação da verdade.

1. A é compatível com B somente no caso de as formas normais de A e B compartilharem de constituintes em comum;
2. A é verdade somente se for compatível com v⁵⁸ (verdadeiro);
3. Se A é compatível com B, então $P(A \vee B) = P(A) + P(B)$;
4. A probabilidade relativa $P(A|B)$ é dada por B se $P(A.B)/P(B)$.

Mas ocorrendo de A ser falsa e compatível com B, então B deverá ser igualmente falsa. Devido à sua compatibilidade, Tichý elabora um cálculo para provar que a probabilidade de B estar mais próxima da verdade é idêntica à de A. Tichý comenta:

Desde que queremos que seja possível para uma teoria falsa estar mais próxima do que outra teoria falsa, apesar de terem a mesma probabilidade lógica. Se as propostas de Popper estivessem corretas, então, para decidir qual das duas teorias falsas está mais próxima da verdade, nenhum conhecimento factual seria necessário além do conhecimento de que as duas teorias são, de fato, falsas (TICHÝ, 1974, p. 158)

Para elucidar o equívoco do cálculo de verossimilhança, Tichý propõe o exemplo da “linguagem climática” (L). Nela três situações possíveis são expressas nas seguintes proposições: (p) está quente; (q) está chovendo e (r) está ventando, formuladas a partir de operações lógicas como a conjunção e a disjunção, cujo inverso resulta assim: está frio ($\sim p$); está seco ($\sim q$) e está calmo ($\sim r$). As variações da linguagem L são enunciadas na tabela de verdade abaixo:

- Mundo (p) (q) (r)
- m1 V V V
- m2 V V F
- m3 V F V
- m4 V F F
- m5 F V V
- m6 F V F
- m7 F F V
- m8 F F F

Cada situação possui um valor de 1/8 de probabilidade lógica de suceder. Duas conclusões podem ser diretamente extraídas dos artigos de Miller e Tichý (1974). Em primeiro lugar, os conteúdos de verdade e falsidade de duas teorias concorrentes não são genuinamente comparáveis. As teorias supostamente comparáveis deverão ser inversamente proporcionais.

⁵⁸ No original t (true).

Portanto, dada duas teorias rivais, A e B, implica que ambas possuam conteúdos equivalentes tanto de verdade quanto de falsidade. Assim, se A e B são dotadas dos mesmos conteúdos comparáveis, não faz sentido insinuar que uma delas representa acréscimo de conhecimento quando comparada com a sua rival. Isso significa que não há aproximação da verdade, qualquer teoria falsa é equidistante da verdade (MILLER, 1974, p. 175).

Em segundo lugar, é logicamente impossível mensurar teorias falsas, pois qualquer uma delas exibirá a mesma probabilidade lógica de sua oposta, conforme indica o exemplo disjuntivo da “linguagem climática” (L) de Tichý (1974, p.158-160). Em suma, eles conseguiram mostrar que a verossimilhança não pode servir, mesmo que intuitivamente, para calcular ou aferir o nível de aproximação de verdade de qualquer teoria que não seja tautológica.

Miller considera que a verossimilhança pode ser aplicada para a invenção de hipóteses testáveis, mas não como um parâmetro usado para quantificar o grau de proximidade de uma teoria em relação à verdade. Seu prognóstico é o seguinte:

A isso eu diria que a metodologia falsificacionista mais rigorosa, que é precisamente o método apropriado para a busca da verdade, deve certamente ser suplementada, senão modificada, se nosso objetivo é inventar hipóteses de verossimilhança cada vez maior. Pois a extensão, seja em quantidade ou qualidade, em que uma hipótese erra, é algo, como já enfatizamos, injunções do falsificacionismo ao propor hipóteses testáveis e testá-las severamente (MILLER, 1994, p. 202)

Diante disso, a verossimilhança nos moldes forjados por Popper, em termos qualitativos de aproximação de verdade, sofreu um grande revés. Popper admitiu o seu erro em *Realism and the aim of science*, declarando que “aceitei as críticas à minha definição poucos minutos após sua apresentação, perguntando-me por que não tinha visto o erro antes” (POPPER, 1996, p. xxxvi). Em virtude desse diagnóstico, o projeto da verossimilhança acabou sendo frustrado⁵⁹.

⁵⁹ Algumas tentativas foram realizadas para tentar reformular a verossimilhança a partir de uma nova abordagem (MILLER, 1994; ODDIE, 1986). Miller (1994, p. 202), por exemplo, expõe que a verossimilhança pode ser considerada um modelo lógico simples do progresso da ciência e da invenção de teorias. Devido ao teor de nosso trabalho, iremos omiti-las aqui.

3 O REALISMO DE ENTIDADES DE IAN HACKING: UMA ABORDAGEM ALTERNATIVA AO REALISMO TRADICIONAL

Este capítulo procura oferecer uma alternativa aceitável para o problema do realismo científico. O caminho que vamos percorrer foi proposto, inicialmente, pelo filósofo canadense Ian Hacking em seu instigante livro denominado *Representing and intervening*, publicado em 1983, vindo a se tornar um célebre manual de tópicos da filosofia da ciência, sobretudo por conta de colocar o problema do realismo dentro de uma perspectiva distinta dos filósofos da ciência que o antecederam⁶⁰. Desde então, o debate adquiriu novos rumos e o livro rendeu inúmeras discussões.

A estrutura deste capítulo está separada em três partes principais. Na primeira, será examinado o realismo de modo geral, depois será apresentada uma cisão fundamental na discussão sobre o realismo a partir da exposição formulada por Hacking, chamada de realismo de entidades, ou ainda, de realismo experimental, buscando compreender onde está situada a sua posição e quais são as suas respectivas consequências. Por fim, será brevemente apurada algumas críticas a posição de Hacking a fim de verificar se houve alguma melhora em relação ao realismo de Popper.

O último capítulo foi encerrado com a sensação de que o realismo científico é uma posição difícil de ser sustentada e tão incorreto quanto o instrumentalismo. Hacking capturou bem esse problema quando escreveu logo na introdução de seu livro:

Disputas a respeito da razão e da realidade há muito polarizaram os filósofos da ciência. Os argumentos relativos a essa discussão são sempre muito atuais [...]. Será que ambos os tipos de questão são importantes? Duvido. Nós desejamos saber o que é real e o que é verdadeiramente racional. Ainda assim, o leitor me verá rejeitando a maior parte das questões sobre a racionalidade, e perceberá que eu sou um realista apenas sob o ponto de vista de uma fundamentação bem pragmática (HACKING, 1983, p. 2)

A tentativa de Popper em justificar o crescimento do conhecimento científico em direção a teorias cada vez mais próximas da verdade através da noção de verossimilhança, conforme os artigos de Tichý e Miller testificam, sofreu um duro revés. O próprio Popper admitiu que havia falhas irreparáveis na verossimilhança.

Hacking insinua que o principal motivo para o fracasso do programa realista

⁶⁰ No mesmo ano, a filósofa Nancy Cartwright publicou a sua obra seminal, *How the Laws of Physics Lie*, um trabalho em favor do realismo de entidades. Juntamente com o livro de Hacking, os textos que inauguraram essa modalidade de realismo. O foco deste trabalho estará concentrado em Hacking, mas é preciso deixar claro a importância de Cartwright.

desenvolvido por Popper foi ter concentrado a discussão acerca do realismo no nível teórico e representacional. De acordo com ele, Popper⁶¹ não considerou devidamente o papel desempenhado pelos experimentos na investigação científica porque manteve a primazia de sua análise na racionalidade das teorias científicas. Segundo a opinião de Hacking, a ausência de distinção no problema do realismo científico entre a aproximação de verdade de uma determinada teoria, e a existência ou a realidade de uma entidade postulada pela teoria, comprometeu severamente a eficiência da concepção realista de Popper. Ele extrai uma passagem de Popper a fim de exemplificar o seu veredicto:

O teórico coloca ao experimentador certas questões bem definidas, e este, por meio dos seus experimentos tenta obter uma resposta decisiva àquelas questões em específico, e não a qualquer outra [...] O teórico precisa já ter feito o seu trabalho há muito tempo, senão todo, pelo menos grande parte dele. É necessária que suas questões já tenham sido formuladas, de forma mais precisa possível. Assim, é ele que mostra o caminho para o experimentador. Mas nem mesmo o experimentador pode ser tomado como estando principalmente engajado na obtenção de observações precisas; seu trabalho é, em sua maior parte, bastante teórico. (POPPER, 2005, p. 89-90)

Na opinião de Hacking, Popper pecou ao não ter percebido que a ciência não consiste apenas em uma linguagem cujos enunciados são empiricamente testáveis, mas sim um empreendimento de caráter prático e experimental⁶². Sua defesa do realismo parece ter sido desencorajada, entretanto, isso não deve ser visto uma justificativa razoável para aderir ao instrumentalismo ou qualquer espécie de antirrealismo, visto que os argumentos de Popper aparentemente são sólidos o suficiente para desqualificá-los. A defesa do realismo provavelmente poderia ser mais bem explorada e admitida, contanto que seja concedida atenção necessária ao realismo de entidades proposto por Hacking (1983). Nesse trabalho não será pretensão avaliar completamente as ideias de Hacking, o seu objetivo é muito mais modesto. O seu desafio versa em tentar compreender se, de fato, a passagem do realismo teórico para o realismo experimental é viável e representa um avanço para sustentar o realismo científico.

Mas antes de adentrar no realismo de entidades propriamente dito, vamos analisar, em retrospectiva, o que o realismo significa em termos de filosofia da ciência.

3.1 O Realismo

⁶¹ Embora a menção deste trabalho seja feita a Popper, Hacking a estende a toda a tradição da filosofia da ciência até o início da década de 80.

⁶² O atestado de óbito ao modelo empreendido pelas epistemologias representacionistas havia sido expedido alguns anos antes de Hacking no interessante livro *Philosophy and the mirror of nature* de Richard Rorty (1979). Nele, Rorty ataca a imagem distorcida da epistemologia, segundo a qual existe um vínculo simétrico entre as representações do pensamento e o mundo externo, delimitada por meio metáfora do espelho.

A palavra realismo é altamente polissêmica, desempenhando funções relevantes para designar movimentos da literatura, da arte, entre outros domínios. No âmbito da filosofia, o realismo é uma doutrina que remonta à inúmeros filósofos desde Platão. Newton-Smith (1983) destaca três ingredientes que caracterizam o realismo: o ingrediente ontológico, o ingrediente semântico e o ingrediente epistemológico.

Em termos gerais, o realismo metafísico afirma tipicamente que existe uma realidade externa independente das vaidades formuladas pela mente humana e dos seus esquemas conceituais. Essa atitude corresponde àquilo que a maioria da tradição filosófica chamou de realismo de senso comum. O realismo metafísico pode se estender a inúmeros segmentos, como por exemplo, a existência objetiva de números naturais, a existência de outras mentes, a existência de valores morais absolutos, entre outros. A sua negação, o idealismo, sofreu uma série de ataques incisivos, como o de Bertrand Russell (1959)⁶³.

O realismo semântico, por sua vez, enfatiza o papel desempenhado pela linguagem. Seus proponentes declaram que as melhores teorias disponíveis são excepcionalmente capazes de descrever os fenômenos observáveis da realidade. Além disso, as entidades inobserváveis que integram as teorias, tais como elétrons e prótons, correspondem referencialmente a objetos físicos cuja existência é tão real quanto uma mesa ou uma pedra. Assim, de acordo com o realismo semântico, deve haver um objeto que preencha satisfatoriamente as suas respectivas descrições definidas. A teoria da verdade de Tarski é um notório exemplo de realismo semântico. Newton-Smith o define da seguinte forma:

‘Realismo’ tem sido usado para cobrir uma infinidade de posições em filosofia da ciência, todas as quais, no entanto, envolvem a suposição de que as proposições científicas são verdadeiras ou falsas, onde a verdade é entendida em termos de uma versão adequada da teoria da verdade como correspondência. Por esta última qualificação, quero dizer que estamos assumindo que ser verdadeiro ou falso é ser verdadeiro ou falso em virtude de como o mundo é (NEWTON-SMITH, 1981, p. 28-29)

Em particular, no âmbito da filosofia da ciência, o realismo em seu ingrediente semântico, constitui uma doutrina segundo a qual as teorias maduras descrevem os fenômenos naturais. O fato de uma teoria científica poder corresponder, mesmo que parcialmente, à realidade, indica que as suas propriedades enunciadas são, pelo menos, aproximadamente verdadeiras. Quando visualizamos as características que definem uma propriedade, dispomos de um critério plausível para determinar o valor de verdade que compõe uma teoria científica.

⁶³ Não é nossa intenção refutar o idealismo. Para quem quiser aprofundar na crítica de Russell (1959) ao idealismo, em especial a sua versão na filosofia de Berkeley, é conveniente consultar o quarto capítulo de seu livro, *Os Problemas da Filosofia*.

Assim, o realismo semântico se interessa pelo significado dos termos empregados pelas teorias científicas, alegando que eles são dotados de um objeto referente.

O realismo semântico gerou uma série de problemas. Quando lidamos com termos ostensivos do cotidiano, como uma mesa ou uma cadeira, ele parece ser extremamente sedutor. Porém, ao tratarmos de teorias científicas que abordam efeitos e propriedades inobserváveis, como a colisão de micropartículas, acaba sendo alvo de críticas por parte de instrumentalistas, nominalistas e empiristas construtivos⁶⁴.

Thomas Kuhn apresentou uma teoria rival do realismo semântico, denominada teoria construtivista⁶⁵. Ele afirma que os esquemas conceituais empregados pelos cientistas são diretamente responsáveis por formularem teorias inovadoras coordenadas pelo paradigma científico vigente, conforme fica claro no trecho abaixo:

O historiador da ciência que examinar as pesquisas do passado a partir da perspectiva da historiografia contemporânea. Pode sentir-se tentado a proclamar que, quando mudam os paradigmas, muda com eles o próprio mundo [...] É como se a comunidade profissional tivesse sido transportada para um novo planeta, onde objetos familiares são vistos sob uma luz diferente [...] Na medida em que seu único acesso a esse mundo dá-se através do que veem e fazem, poderemos ser tentados a dizer que, após uma revolução, os cientistas reagem a mundos diferentes (KUHN, 2013, p. 201-202)

Embora a menção a habitar e a reagir a mundos diferentes se configure como somente uma metáfora usada como estratégia retórica, a conclusão que se segue disso é que parte crucial da pesquisa científica está estreitamente relacionada ao vocabulário usado e ao treinamento oferecido aos iniciantes. Em outras palavras, Kuhn pretende mostrar que os termos teóricos da ciência não carregam uma denotação própria e que os objetos nos quais as teorias são compostas podem ser eventualmente substituídos. Em sua opinião, um conceito como a gravidade pode conter várias definições, dentre as quais alguns até mesmo incompatíveis entre si. Uma análise minuciosa revelará que o conceito “gravidade” significa coisas diferentes quando evocadas por Aristóteles, Newton e Einstein. É por esse motivo que Kuhn diz que as teorias científicas são intrinsecamente incomensuráveis.

O ingrediente epistemológico do realismo científico afirma que é possível oferecer justificativas em prol de crenças em uma determinada teoria. Portanto, “em princípio, é possível ter boas razões para pensar que de duas teorias rivais, é provável que uma delas seja mais

⁶⁴ Não vamos tratar de cada uma dessas vertentes, afinal de contas, o nosso trabalho não visa defender realismo semântico, mas justamente ficar longe de discussões semânticas do debate do realismo científico.

⁶⁵ É oportuno ressaltar que Kuhn era um realista metafísico e o que o seu construtivismo está ligado a um nominalismo semântico.

aproximadamente verdadeira” (NEWTON-SMITH, 1981, p. 43).

Isso significa que temos boas razões para acreditar com alto grau de confiança que as teorias científicas são (aproximadamente) verdadeiras, conforme continua Newton-Smith:

A explicação do fato de que a ciência tem capturado mais verdades sobre o mundo é que desenvolvemos procedimentos evidenciais ou epistêmicos de algum sucesso e que o desenvolvimento da ciência foi, em geral, determinado por cientistas agindo com base no resultado da aplicação desses procedimentos (NEWTON-SMITH, 1981, p. 208)

De acordo com a postura assumida pelo realismo epistemológico, munidos com evidências e boas razões, os cientistas dispõem de teorias que penetram cada vez mais profundamente na realidade. As teorias possuem diversas virtudes epistêmicas, tais como simplicidade, simetria e evidências empíricas. Essas evidências constituem o aspecto que permite recusar ou aceitar a uma determinada teoria. Para ilustrar esse cenário, vamos narrar brevemente um caso paradigmático na história da ciência, com base no relato exposto por Carl Hempel⁶⁶.

Na primeira metade do século XIX, o jovem médico húngaro Iguaz Semmelweis foi encaminhado para trabalhar no Hospital Geral de Viena, que na época estava assolado por uma elevada incidência de febre puerperal, contaminando as pacientes internadas na primeira ala da maternidade, levando-as ao óbito dentro de pouco tempo. A despeito disso, os registros indicavam um baixo índice de mortes na segunda ala do mesmo hospital.

Ao se deparar com essa situação assombrosa, Semmelweis ficou intrigado e procurou compreender o que estava por detrás desse problema. Uma das explicações mais aceitas, embora fosse simplória e rapidamente rejeitada por Semmelweis, alegava que havia “influências epidêmicas” que se disseminavam pelos arredores da cidade infectando as pessoas. Porém, essa explicação era extremamente frágil, pois não fazia sentido que essa doença fosse tão seletiva a ponto de afetar somente as mães da primeira ala do hospital.

Uma opinião diferente atribuía o alto índice de mortalidade na primeira ala ao excesso de pessoas internadas. Entretanto isso era falso, já que a terrível reputação do primeiro serviço forçava que os pacientes manifestassem uma preferência ao Segundo Serviço, o que deixava o contingente do Segundo Serviço maior. Além do mais, Semmelweis observou que a dieta e o tratamento recebido pelos pacientes eram idênticos em ambas as alas.⁶⁷

Muitos relatórios foram emitidos e estudos conduzidos para apurar a causa dessa

⁶⁶ O relato e suas minúcias concentram-se no início do segundo capítulo.

⁶⁷ E as explicações se estenderam ao âmbito psicológico, de modo que, até mesmo as posições nas quais as mulheres ficavam deitadas passaram a ser atribuídas como causa da morte.

situação calamitosa, nenhum deles foi bem-sucedido e acabaram sendo refutados, até que um incidente mudou radicalmente a situação. Em 1847 um colega de trabalho de Semmelweis, Kolletschka, se feriu com um bisturi que estava sendo usado em uma autópsia, vindo ao óbito pouco depois exibindo os mesmos sintomas que as vítimas fatais da febre puerperal. Apesar de haver na época pouco conhecimento a respeito da correlação entre os microrganismos e infecções, Semmelweis constatou que os agentes invisíveis que invadiram a corrente sanguínea de seu colega eram os mesmos presentes nas contaminações das puérperas.

Semmelweis observou que os estudantes de medicina se encaminhavam à enfermaria das mulheres em trabalho de parto após realizarem a dissecação de cadáveres. Assim, Semmelweis concluiu que os funcionários do hospital estavam sendo vetores do agente infeccioso. Ele propôs uma medida preventiva ao determinar que todos os estudantes deveriam esterilizar os objetos e desinfetarem as mãos antes de terem contato com as pacientes. Sua ideia teve respaldo porque no Segundo Serviço quem realizava o procedimento eram as parteiras, que não eram obrigadas a lidar com a dissecação de cadáveres. A partir do momento em que a ideia de Semmelweis foi implementada, o índice de mortalidade foi imediatamente reduzido. Os dados foram bastante esclarecedores, Hempel comenta:

Semmelweis submeteu sua ideia a um teste. Raciocinou que, se estivesse certo, então a febre puerperal poderia ser prevenida pela destruição química do material infeccioso aderido às mãos. Ordenou então que todos os estudantes lavassem suas mãos numa solução de cal clorada antes de procederem a qualquer exame. A mortalidade pela febre logo começou a decrescer, caindo em 1848 a 1,27 por cento no Primeiro Serviço, enquanto que no Segundo era de 1,33 (HEMPEL, 1974, p. 15-16)

Hempel narra essa história com o objetivo de elucidar as etapas da inferência científica e da verificação de hipóteses indutivas. Mas, em nossa perspectiva, essa pitoresca história é um notório exemplo em favor do realismo científico. Ela mostra claramente que mesmo seres vivos inobserváveis, como os vírus e as bactérias, existem independentemente das categorias humanas e das teorias elaboradas a seu respeito. Quando os estudantes de Semmelweis obedeceram a suas ordens estavam descobrindo e penetrando na realidade.

Em suma, o realismo científico é conceituado por Hacking dessa maneira:

O realismo científico diz que entidades, estados e processos descritos por teorias corretas realmente existem. Prótons, fótons, campos de força e buracos negros são tão reais quanto unhas, turbinas, redemoinhos nas águas de um rio ou vulcões, e as interações fracas da física de partículas são tão reais quanto se apaixonar. Teorias a respeito da estrutura das moléculas que carregam códigos genéticos ou são verdadeiras ou falsas e, no caso de serem genuinamente corretas, podem ser ditas verdadeiras (HACKING, 1983, p. 21)

Uma das maiores objeções levantadas contra o realismo diz respeito aos termos teóricos. Ian Hacking acredita que pode oferecer bons motivos para manter uma postura realista no que concerne à ciência. Na próxima seção, vamos nos deter no seu argumento em prol do realismo.

3.2 Ian Hacking e a assunção do realismo de entidades

No começo da década 80, no auge da crise da racionalidade suscitada por filósofos da ciência como Kuhn e Feyerabend, veio à tona o aclamado livro do filósofo Ian Hacking (1936), *Representar e Intervir*. Esse livro foi redigido no intuito de apresentar um argumento experimental em favor do realismo científico, entretanto, sem apelar para teses já bastante disseminadas, como as que estão ligadas à verdade e à racionalidade das teorias científicas. Na introdução à edição brasileira, Hacking diz que o mote central do seu texto repousa na sentença-chave, segundo a qual o “experimento tem vida própria independentemente da teoria” (HACKING, 2012, p. 40).⁶⁸

O livro, como o próprio título já sugere, encontra-se dividido em duas partes: a representação e a intervenção. A primeira parte contém uma introdução ao estado da filosofia da ciência até a década de 80, abordando as principais teorias, debates e problemas que norteavam esse campo de estudos até aquele período. A segunda parte, por sua vez, possui o argumento desenvolvido por Hacking em prol do realismo de entidades, uma teoria inovadora que procura contornar os principais impasses sofridos pelo realismo até então. Hacking acentua que é preciso levar em consideração essa pausa do livro que separa a representação e a intervenção, pois é justamente nessa pausa que se localiza todo o percurso da argumentação proposta por Hacking. Além disso, um dos argumentos decisivos fornecidos pelo livro, se refere à crítica de Hacking dirigida à preocupação excessiva dos filósofos por questões linguísticas. Ele acentua que o ser humano é, sobretudo, um agente engajado com a realidade.

Desde então o debate tornou-se mais acirrado e foram levantadas diversas objeções e argumentos convergentes ao de Hacking. A ideia de Hacking, provavelmente como toda ideia filosófica, não é decisiva e incontestável, porém, trouxe um novo aparato para o realismo científico, digno da atenção de todos os filósofos entusiasmados por essas questões.

Os filósofos estadunidenses, Thomas Kuhn (1922-1996) e Richard Rorty (1931-2007), foram influências extremamente importantes para a posição endossada por Hacking acerca da ciência. De Kuhn, ele herdou uma visão dialética, ao considerar as lições provenientes da

⁶⁸ Note aqui a explícita contraposição à visão tradicional da filosofia da ciência que se preocupava com a racionalidade das teorias e centravam suas inquições nos seus conteúdos. Hacking menciona como partícipes dessa tradição dois dos maiores pioneiros da filosofia da ciência: Carnap e Popper.

história da ciência em patamar equiparável às questões da metodologia da pesquisa científica, ressaltando que a ciência se inicia com problemas historicamente situados. De Rorty, Hacking incorporou dois aspectos indispensáveis para o seu realismo de entidades: uma crítica às epistemologias modernas, que são voltadas para questões eminentemente teóricas e de teor representacionista; e a sua fundamentação pragmática⁶⁹ para adesão ao realismo científico, uma vez que Hacking reitera que a singularidade da ciência reside em sua capacidade de ação e intervenção (HACKING, 1983, p. 2).

Hacking sustenta que dois problemas fundamentais ocupam o âmago da filosofia da ciência. São eles: a racionalidade das teorias científicas e a realidade. O primeiro grupo está norteado pelas seguintes interrogações: O que sabemos? No que devemos acreditar? O que são boas razões? Tais questões pertencem ao escopo da racionalidade, e em virtude de suas características, incidem majoritariamente nos domínios da lógica e da epistemologia.

O outro problema diz respeito à realidade, cujas perguntas fundamentais são: O que é o mundo e quais objetos ele possui? As entidades postuladas pela física teórica são reais ou somente artefatos usados para sistematizar a experiência e os fenômenos observacionais? Essas questões abordam a natureza constitutiva da realidade⁷⁰ (HACKING, 1983, p. 1-2).

Com efeito, Hacking formulou uma divisão do realismo científico em dois grupos: o realismo de teorias, de caráter representacionista; e o realismo de entidades, de cunho experimental. O que está em jogo no realismo de teorias diz respeito à relação entre teorias e o mundo, a metodologia e a estrutura da inferência e da explicação científica, conteúdo de verdade e falsidade de uma teoria ou, ao menos, se as teorias são aspirantes à verdade. É justamente por essa razão que a verossimilhança e o realismo de Popper se enquadram no âmbito do realismo teórico. O realismo de entidades, por seu turno, está interessado em constatar se as entidades postuladas pelas teorias existem ou não (HACKING, 1983, p. 27).

Ele esclarece esse ponto da seguinte maneira:

⁶⁹ Contudo, Hacking não se considera um membro da tradição pragmatista dos EUA, e chegou a escrever um artigo sobre isso (HACKING, 2012, p. 40). Como este trabalho não se propõe a classificar inteiramente a localização do pensamento de Hacking, vamos deixar essa discussão de lado.

⁷⁰ Resnik (1994, p. 396) comenta sobre o que a expressão “realidade” designa para Hacking: “uma vez que o ‘realismo’ é uma das palavras mais abusadas no léxico filosófico, é importante saber como o Hacking a usa. A palavra ‘real’, de acordo com o Hacking, é uma ‘palavra de calça’ na medida em que seu significado deriva do que é contrastado: patos reais não são isca, diamantes reais não são feitos de zircônio cúbico, e assim por diante. Real, em seu uso científico, está ligado à causalidade, entidades reais podem interagir causalmente com o mundo; as entidades irreais não podem”. Portanto, Hacking acredita que interação causal deve servir como critério para assumir que entidades teóricas, e seus respectivos processos, propriedades constituintes e eventos, são reais. É oportuno salientar que “palavra de calça” (*trouser-word*) é uma expressão que Hacking retomou do filósofo da linguagem ordinária de Oxford, John Austin, que a usa para enfatizar que “realidade” é uma palavra que exerce função decisiva em todos os domínios.

O realismo de entidades afirma que muitas entidades teóricas realmente existem. O antirrealismo de entidades nega isso, dizendo tratar-se de ficções, de construções lógicas, ou de partes do instrumento intelectual que utilizamos para raciocinar sobre o mundo. De forma menos dogmática, esse antirrealismo alega, pelo menos, que não temos e não podemos ter razões suficientes para supor que as entidades em questão não são fictícias. Elas até podem existir, mas não é necessário que assumamos isso de modo a podermos compreender o mundo. O realismo de teorias diz que as teorias científicas, se verdadeiras ou falsas, não dependem do que sabemos: o objetivo da ciência é a verdade, e a verdade é como o mundo é. O antirrealismo de teorias diz que as teorias podem ser, na melhor das hipóteses, justificadas, adequadas, úteis, aceitáveis, mas não críveis (HACKING, 1983, p. 27-28)

Hacking justifica a coerência de sua distinção salientando que há casos nos quais se adere a uma teoria sem possuir crença nas entidades inobserváveis postuladas por ela, exemplificando Russell, que mostrou que é possível acreditar na verdade da teoria sobre os *quarks*, sem admitir a sua existência. (HACKING, 1983, p. 27).

Uma ampla gama de problemas da filosofia da ciência foi provavelmente ocasionada em função da falta de percepção dessas subdivisões do realismo. Richard Rorty em seu livro – *Philosophy and the Mirror of Nature* – oportunamente ataca as epistemologias modernas, tanto em sua versão racionalista quanto em sua vertente empirista, por serem enfocadas para a subjetividade e, sobretudo, por levarem adiante a possibilidade de uma filosofia primeira, isto é, de uma filosofia que seja capaz de fundamentar as condições de possibilidade de todo o conhecimento. Nele Rorty, ataca a imagem difundida das epistemologias modernas, segundo a qual existe um vínculo harmonioso entre as representações do pensamento e o mundo externo, delimitada mediante a metáfora do espelho. Ele alega que a teoria do conhecimento dessa época cometeu um equívoco de pressuposição ao considerar que, contanto que estivesse de posse de ideias verdadeiras e bem fundamentadas, a mente humana seria capaz de projetar a imagem correta da realidade.

Rorty afirma que os filósofos modernos, como Descartes e Locke, conceberam a mente como um espelho do mundo externo⁷¹. Ele argumenta que estes filósofos foram impulsionados pelas proezas da ciência do século XVII e, portanto, tenderam a pensar na epistemologia como uma disciplina capaz de oferecer um sólido fundamento para o conhecimento com base em representações privilegiadas e a partir de ideias imunes a qualquer margem de dúvidas⁷². Na

⁷¹ O idealismo transcendental de Kant chega a negar a possibilidade de saída do nível da representação.

⁷² As epistemologias fundacionalistas sofreram várias críticas, em especial da tradição do pragmatismo estadunidense. Popper (1963) e Quine (1960) também manifestaram opinião contrária. Em *Conjecturas e Refutações*, Popper manifestou lampejos de intuições semelhantes às de Rorty e Hacking. É oportuno consultar o primeiro capítulo, onde Popper critica abertamente uma das ambições centrais da epistemologia moderna, o conhecimento sendo construído a partir de ideias imutáveis ou experiências sensoriais confiáveis.

opinião de Rorty, esse intento inicialmente conduzido por Descartes foi prejudicial para encarar o conhecimento científico de maneira adequada. Nesse sentido, a tarefa central da filosofia diz respeito à fundamentação e legitimação do conhecimento, isso implica que o ato do conhecer equivale a “representar acuradamente o que está fora da mente; assim, compreender a possibilidade e natureza do conhecimento é compreender o modo pelo qual a mente é capaz de construir tais representações” (RORTY, 1979, p. 3).

Analogamente, as discussões que foram conduzidas acerca do problema do realismo científico, pelo menos até em meados da década de 60, concentravam-se quase exclusivamente em questões relacionadas à racionalidade das teorias científicas (HACKING, 2012, p. 40-41). Os experimentos geralmente eram menosprezados ou relegados a um plano inferior, as questões predominantes envolviam a semântica científica, a metodologia da pesquisa científica e o critério de demarcação. No entanto, após a propagação da noção de incomensurabilidade das teorias científicas, a filosofia da ciência passou por acalorados debates acerca da racionalidade científica, que passou a ser colocada sob suspeita. Alguns filósofos de orientação conservadora, como Popper, buscaram conciliar as ideias de incomensurabilidade de Kuhn de modo que se preservasse a racionalidade da ciência. Filósofos de inclinação pragmática, como Rorty, considera que Kuhn concedeu o golpe fatal que desmantelou a epistemologia da ciência. Esse acontecimento ainda recente na história da filosofia da ciência é costumeiramente denominado de “crise da racionalidade”⁷³.

Conforme mencionamos no começo dessa seção, Kuhn e Rorty foram influências decisivas para o amadurecimento do pensamento de Hacking. No entanto, é do pragmatismo de John Dewey que advém a maior inspiração para culminar com a sua crítica ao realismo teórico. Ele salienta a importância desempenhada pelas ideias de Dewey:

Ele desprezava todos os dualismos – mente/corpo, teoria/prática, pensamento/ação, fato/valor. Fazia chacota do que chamamos de teoria do espectador, defendendo que ela resultava do fato de que existe uma classe ociosa, que pensa e escreve filosofia, e uma classe empreendedores e trabalhadores, que não tem tempo de ficar só olhando. Minha concepção de que o realismo diz respeito mais a uma questão de intervenção no mundo do que uma questão de representação por palavras e pensamentos, com certeza, deve muito a Dewey (HACKING, 1983, p. 62)

Hacking confere a Dewey um respeitável mérito para a assunção da sua própria concepção do realismo, no qual as teorias não são encaradas como meras representações verossímeis da realidade, mas sim, que a prática experimental garante que as teorias sejam úteis

⁷³ Hacking (1983, p. 2-17) dedicou as páginas da introdução para relatar os pormenores da crise da racionalidade da filosofia da ciência.

e eficientes não somente para compreender, mas sobretudo para modificar o mundo ao nosso redor. A “teoria do espectador”, que caracteriza o debate tradicional do realismo científico, se opõe diretamente à prática científica, porque a ciência constitui um ramo essencialmente experimental e contém muito mais do que um mero conjunto de teorias (SANKEY, 2012, p. 32-33).

Assim, parece ser prudente que a dicotomia que envolve a representação e a intervenção seja igualmente abandonada⁷⁴. De acordo com Hacking, enquanto a discussão se manter no nível de teorias, é conveniente esperar que a indecisão permaneça insolúvel, pois sempre haverá certa relutância perante as diversas teorias que elaboramos para explicar os fenômenos observáveis.

Diante da separação que envolve o realismo teórico e o realismo de entidades, Hacking resume:

Todavia, tratando-se de apontar a verdade, não há qualquer teoria presente em que nos sintamos obrigados a acreditar. Assim, se o realismo de teoria é uma doutrina acerca dos objetivos da ciência, deve ser uma doutrina carregada de valores. Em contraste, o realismo de entidades, que trata tão somente de apontar para alguns elétrons na semana seguinte, ou apontar para outros elétrons na semana consecutiva, é uma doutrina muito mais neutra no que diz respeito a seus valores. A forma como os experimentadores são realistas científicos de entidades é completamente diferente das formas como eles podem se tornar realistas de teoria (HACKING, 1983, p. 263)

O ato de representar é um traço antropológico do ser humano. As representações são, antes de mais nada, um acessório tipicamente humano. Desde os primórdios, nossos ancestrais formulavam representações da realidade e do mundo externo com a finalidade de alertar quanto aos perigos iminentes e a perpetuação das práticas sociais. Na história da Filosofia, das ideias de Platão até a teoria pictórica das sentenças factuais de Wittgenstein, temos exemplos de simulacros utilizados para descrever, explicar e representar a realidade. Em suma, a representação corresponde a um fenômeno público e antropológico, que serve de maneira independente para os propósitos da experiência cotidiana e para a sistematização de teorias filosóficas abstratas⁷⁵.

⁷⁴ Hacking (1983, p. 130) esclarece esse aspecto no seguinte trecho: “Eu concordo com Dewey. Também acho que devemos rejeitar essa falsa dicotomia entre agir e pensar, a qual acaba engendrando um idealismo. Talvez todas as filosofias da ciência descritas até aqui sejam, na verdade, partes de uma enorme teoria do conhecimento do espectador. Apesar disso, não acredito que a ideia de conhecimento como representação do mundo seja em si mesma a origem daquele mal. Acho que ele vem de uma espécie de obsessão com a representação, o pensamento e a teorização, em virtude da qual acabamos nos esquecendo um pouco da intervenção, da ação e da experimentação”.

⁷⁵ Resnik (1994, p. 400) define representação nos seguintes termos: “Representação é um tipo de processo causal em que os agentes cognitivos usam a linguagem para representar o mundo [...] Representação não é uma ação no

Na perspectiva ensejada pela concepção antropológica de Hacking, em vez de *Homo Sapiens* dotado de linguagem e pensamento, ou mesmo *Homo Faber* um criador de utensílios, o ser humano é concebido como um *Homo Depictor*, um animal que elabora imagens e representa a realidade (HACKING, 1983, p. 134). Segundo ele, a linguagem não surge para resolver problemas de ordem prática, mas sim para promover a representação conceitual da realidade. Ele chega a narrar uma breve fábula a respeito do desenvolvimento da linguagem e da racionalidade, geradas a partir da inevitável capacidade humana de representar o mundo ao redor. Hacking ressalta que a representação pode se tornar um problema em virtude de haver múltiplos sistemas alternativos de representação. Diante disso, fica propensa a proliferação de um confronto entre as representações. Foi justamente isso que desencadeou as controvérsias sobre o realismo e o instrumentalismo acerca do sistema copernicano tratadas nos capítulos anteriores⁷⁶.

Naquela divisão do realismo de Newton-Smith, que o separa em 3 modalidades, Hacking, à primeira vista, tolera somente o ingrediente ontológico, ao demonstrar ser favorável quanto à existência das entidades postuladas pelas ciências da natureza, cujos poderes causais são diagnosticáveis. No entanto, opta por suspender em juízo em relação às descrições ensejadas pelas teorias científicas. Mas esse seu desvio do realismo tradicional ainda não é o bastante. Outros autores também o fizeram. Além disso, sua proposta poderia ser confundida com o instrumentalismo, visto que Hacking acredita que as teorias científicas podem ser concebidas como instrumentos heurísticos para a predição de fenômenos. Na verdade, o que torna o argumento de Hacking mais sólido, é o fato de que ele pode ser indiretamente usado como um argumento em favor do realismo epistemológico (RESNIK, 1994, p. 396; SUÁREZ, 2008). Porém, ao invés de acreditar na literalidade das teorias, o realismo de entidades de

mundo, é conversa e pensamento sobre o mundo. Os cientistas representam o mundo por meio de teorias e conceitos”.

⁷⁶ Hacking reitera que o seu conceito de representação nada tem a ver com o conceito kantiano de representação. No caso de Kant, representação (*Vortellung*) indica colocar algo diante da mente e se refere a imagens e pensamentos abstratos, e foi usado para substituir as “ideias” dos empiristas ingleses. Hacking (1983, p. 132-133) esclarece a diferença entre o sentido de sua própria noção de representação e a representação kantiana, ele diz: “Tudo o que chamo de representação é público. Não é possível tocar uma ideia lockiana, mas só a guarda do museu pode impedir que você toque na primeira representação feita pelos nossos ancestrais. Não quero dizer que toda representação possa ser tocada, mas sim que toda representação é pública. De acordo com Kant (1999), um juízo é a representação de uma representação, o colocar diante da mente de um colocar diante da mente, sendo, portanto, duplamente privado. Aquilo que é duplo não é aquilo que eu chamo de representação. Mas, para mim, eventos verbais públicos podem ser considerados representações. Não me refiro a sentenças declarativas simples, as quais são representações, mas a especulações complexas que possam ser encaradas como tentativas de representar nosso mundo”. Mais à frente Hacking (1983, p. 133) acrescenta: “Todas as representações são externas e públicas, desde um rabisco no muro, até uma teoria sofisticada a respeito das forças eletromagnéticas, fracas, fortes ou gravitacionais”.

Hacking considera que existe uma ótima evidência em favor das entidades inobserváveis que são regularmente empregadas como instrumentos de manipulação.

O que está em jogo no realismo de entidades é o grau de confiança em uma entidade e a maneira pela qual é possível justificá-la à luz das evidências empíricas disponíveis, o que confere apoio substancial para se creia que uma determinada entidade fez algum tipo de progresso em comparação com outra, que não obteve resultados igualmente propícios. No realismo teórico, é testada a capacidade de uma teoria sobreviver aos testes e a razoabilidade do conteúdo explanatório.

Em contraste, Hacking está demonstrando que o seu realismo de entidades se compromete com as entidades que são manipuláveis, mas não necessariamente com a teoria em questão⁷⁷. Nesse caso, Hacking é um cético quanto às teorias e um realista no que concerne às entidades⁷⁸. Ele enfatiza que geralmente os cientistas e os estudantes no interior de seus laboratórios raramente são agnósticos em relação à existência das entidades e propriedades com as quais interagem (HACKING, 1982, p 73).

Em suma, Hacking pretende mostrar que não é preciso assumir, por exemplo, que o modelo atômico formulado por Bohr descreve verdadeiramente a estrutura das ínfimas partículas da matéria, e nem mesmo que esse modelo é o mais completo que poderia ser alcançado. O ponto relevante aqui é que não seria prudente manter uma atitude de suspeita diante da existência dos elétrons, uma vez que os utilizamos para intervir na realidade, construindo e causando fenômenos. Conforme veremos a seguir, Hacking considera que a manipulação de entidades serve como um critério de sua realidade.

Ele comenta:

Meu realismo de entidades implica que uma entidade teórica satisfatória deve ser uma entidade existente (e não apenas uma ferramenta intelectual eficiente). Trata-se de uma afirmação que diz respeito às entidades e à realidade e implica que nós realmente conhecemos entidades desse tipo por meio da ciência atual – ou que, ao menos, temos boas razões para acreditar que as conhecemos. E isso é uma afirmação a respeito da realidade (HACKING, 1983, p. 28)

Hacking insiste que é plenamente possível ser realista a respeito de teorias e, simultaneamente, antirrealista no que tange às entidades, como em alguns textos de Russell e Carnap parecem acenar nessa direção⁷⁹. O inverso também é válido, sendo possível concordar

⁷⁷ Resnik (1994, p. 396) diz: “Segundo Hacking, realistas de entidade não precisam acreditar que nossas teorias sobre essas entidades são verdadeiras ou mesmo aproximadamente verdadeiras”.

⁷⁸ No decorrer do texto, Hacking menciona Nancy Cartwright como um exemplo de filósofa que é concomitantemente uma antirrealista de teorias e realista de entidades (HACKING, 1983, p. 37).

⁷⁹ Em especial na distinção carnapiana entre sentenças teóricas e sentenças de observação (CARNAP, 1956).

com o antirrealismo no tocante às teorias e ser favorável ao realismo de entidades, cujo exemplo fornecido por Hacking remete aos padres da Igreja, que acreditavam na existência de Deus, mas negavam qualquer teoria inteligível acerca da divindade⁸⁰.

Dada uma variedade de teorias e modelos disponíveis sobre os átomos, desde Dalton até mais recentemente como o de Bohr, não seria necessário se comprometer com a descrição literal de nenhuma delas. É possível usá-las particularmente para satisfazer a propósitos diferentes. A lição mais importante a ser extraída disso é que, embora nenhuma teoria específica seja suficientemente verdadeira, em todas elas o objeto de estudo será o mesmo - os átomos. Ou seja, no realismo de entidades a prioridade semântica e epistemológica é substituída pelas propriedades da entidade examinada em questão, que permanece a mesma independentemente da amplitude das teorias formuladas a seu respeito. Acreditar ou deixar de acreditar na fidedignidade literal de uma teoria é um problema que pertence ao domínio da racionalidade, ao passo que se comprometer com uma entidade a ponto de produzir, predizer e controlar fenômenos e, assim, intervir na natureza repousa no âmbito da realidade. De fato, “alguém poderia rejeitar todas as teorias de elétrons como falsas e ainda aceitar a existência de elétrons. Diante disso, um realista de entidade não precisa ser um realista de teoria” (SANKEY, 2012, p. 35).

Para manter o foco desse trabalho, será enfatizado em consonância com Hacking, o argumento experimental do realismo de entidades. Ele apregoa que o fato realizarmos experimentos com uma determinada entidade pode servir também para termos boas razões para acreditar, pelo menos parcialmente, em sua existência. O realismo de teorias, por seu lado, permanece como um artigo de fé, enquanto o realismo de entidades endossado por Hacking, assume uma postura cética em relação às teorias científicas maduras. Não há nada de errado em diagnosticar que devido à complexidade da realidade é praticamente impossível formular uma teoria e equipará-la identicamente à realidade. Mas renegar a existência de certas entidades científicas parece ser uma loucura de alguns filósofos. Se no laboratório com um tubo de ensaio ou um recipiente é impulsionado o aumento ou decréscimo da carga do elétron, então dispomos de uma forte evidência para manifestarmos simpatia ao realismo de entidades.

O depoimento de Hacking é bastante instrutivo. Ele afirma que se converteu ao realismo científico a partir do momento em que travou contato com um experimento realizado para detectar a existência de cargas elétricas fracionárias, isto é, a unidade mínima de carga elétrica, que são denominadas de *quarks*, esse feito o convenceu acerca da existência dos elétrons. Após

⁸⁰ Essa postura é comumente chamada de “teologia negativa”.

narrar os detalhes desse processo, contando com a supervisão de um amigo, Hacking exhibe uma parte do diálogo com seu amigo:

Mas como uma carga de gota de nióbio é alterada? “Bem, nesse estágio”, respondeu meu amigo, “nós a bombardeamos com pósitrons, para aumentar a carga, ou com elétrons, para diminuí-la”. Naquele dia, tornei-me um realista científico, pois, *até onde eu sei, se você pode bombardeá-los, então eles são reais*⁸¹ (HACKING, 1983, p.23)

Ele conclui que se conseguimos dentro do laboratório gerar relatórios com resultados consistentes e efeitos observáveis mediante ao bombardeio de partículas subatômicas, como um *quark*, produzindo um novo fenômeno e efetuando novas descobertas, isso é um ótimo indício da existência da entidade investigada pela pesquisa.

A rigor, o argumento de Hacking conta com duas vantagens mais óbvias. Em primeiro lugar, parece que tem êxito em desviar dos impasses provenientes do realismo teórico, atenuando suas fragilidades mais evidentes, sobretudo no que diz respeito ao fato de que, em sentido preliminar, o realismo de entidades não precisa se comprometer com nenhuma teoria da verdade e nem mesmo que teorias abstratas sejam seguramente capazes de corresponder à realidade. Em segundo lugar, demonstra que o antirrealismo é incapaz de explicar as proezas que a ciência realiza, em função de negar obstinadamente entidades e propriedades cujos poderes causais podemos controlar, predizer e manipular.

Ora, se existem experimentos que permitem a interação com partículas e entidades inobserváveis, as manipulando a ponto de aplicá-las na construção de fenômenos observáveis, como a explosão de uma bomba atômica, então estamos diante de uma forte evidência que sinaliza a total independência de tais entidades em relação às teorias que delas dispomos e elaboramos. A descoberta de tais poderes causais exhibe uma característica peculiar da atividade científica, ela não se contenta simplesmente em representar o mundo, na medida em que o transforma⁸². Isso mostra claramente que dispomos de boas razões para acreditar nas entidades teóricas com as quais causamos prodigiosos processos e eventos tanto quanto acreditamos nas entidades observacionais.

3.2.1 Realismo de entidades: um realismo experimental

Muitos comentadores da posição de Hacking, bem como ele mesmo, costumam chamar a sua posição de realismo experimental, isso ocorreu porque ele coloca a concepção do seu

⁸¹ Itálicos do autor.

⁸² Esse aspecto do realismo de entidades apresenta um caminho semelhante ao de Marx, especialmente na célebre tese onze sobre Feuerbach: “Os filósofos se limitaram a interpretar o mundo, cabe transformá-lo”.

realismo como um apelo aos experimentos para justificar a eficiência causal de certas entidades. Mas essa é uma mera disputa de vocabulário e não altera em nada o significado que queremos usar. Para tanto, sempre que for mencionado o realismo de entidades ou o realismo experimental estaremos os usando como sinônimos.

Contudo, é importante ressaltar que o realismo de Hacking recebeu essa terminologia porque reforça a necessidade de se dirigir aos experimentos, algo que, em sua opinião, os filósofos da ciência não concederam a devida importância. Ele diz:

A física experimental fornece a evidência mais forte para o realismo científico. Entidades que, em princípio, não podem ser observadas, são regularmente manipuladas, produzem novos fenômenos e investigam outros aspectos da natureza. Elas são ferramentas, e não instrumentos de pensamento, mas de prática (...). Nenhuma área da filosofia da ciência é mais sistematicamente negligenciada da que o experimento. Nossos professores primários podem nos ter dito que o método científico é um método experimental, mas as histórias da ciência se tornaram histórias de teoria. Os experimentos, dizem os filósofos, têm valor apenas quando testam a teoria. O trabalho experimental, eles dizem, não têm vida própria (HACKING, 1982, p. 71)

Uma das objeções mais contundentes levantadas contra o realismo científico diz respeito às entidades teóricas e inobserváveis. Segundo o realismo de entidades, inobservável não é sinônimo de indetectável, pois ocorre uma ampla gama de interação e manipulação com entidades por meio de experimentos e microscópios. Assim, Hacking classifica as entidades teóricas em duas espécies: hipotéticas e experimentais.

Um aspecto amplamente enfatizado pelo realismo de entidades está ligado à manipulação regular, sistemática e ordenada de entidades que, à primeira vista, são inobserváveis, porém, cujos efeitos são plenamente observáveis e detectáveis. Hacking defende que os experimentos têm uma “vida própria” e o papel desempenhado pelas teorias é menor do que é geralmente suposto pelos teóricos da ciência. Ele declara que quando manejamos uma entidade científica com um propósito definido, temos acesso aos seus poderes causais. Assim, quando a prática científica realiza efeitos esplêndidos com a aplicação de entidades inobserváveis, incorporando teoria à realidade, temos à mão uma forte evidência em favor da existência da entidade que está causando tais efeitos, o que pesa em favor do realismo de entidades. A capacidade de manipulação transforma as entidades supostamente teóricas em entidades experimentais e, por conseguinte, reais. É bastante diferente entre cogitar e verificar a existência dos elétrons, e interagir a dispersão de um feixe de elétrons para reagir com outros domínios. Assim, “se você pode rotineiramente construir instrumentos que emitem fluxos de elétrons e pósitrons para produzir conhecimento sobre outras coisas, então elétrons e pósitrons

devem existir. Em suma, dada essa prática, devemos ser realistas sobre elétrons e pósitrons” (SANKEY, 2012, p. 39).

O realismo de entidades constitui uma alternativa moderada e mais modesta no âmbito do debate sobre o realismo científico, porque não exige o comprometimento com a veracidade ou a literalidade das teorias científicas. A melhor evidência que temos em prol do realismo científico, dirá Hacking, é o argumento experimental, no qual as entidades são diretamente responsáveis pela produção de novos fenômenos e, com efeito, suas respectivas propriedades causais interagem entre si. Assim, em vez de enfatizar a racionalidade e o conteúdo de verdade das teorias científicas, o realismo de entidades volta a sua atenção para a prática científica. Hacking reitera que o seu realismo de entidades deve ser encarado como o argumento mais forte, embora não seja conclusivo, em favor de uma concepção realista acerca da ciência.

Desde os primeiros filósofos um certo preconceito foi levantado contra os experimentadores⁸³. Platão, por exemplo, construiu a sua icônica Academia o mais distante possível do templo de Herculano, dedicado à deusa do fogo, considerada patrona dos metalúrgicos (HACKING, 1983, p. 150). Quando se lê a respeito das façanhas executadas pelos gregos durante a antiguidade é comum encontrar menções honrosas à Sócrates, Platão, Aristóteles, Hipócrates ou Euclides, mas Arquimedes raramente aparece como um dos grandes heróis desse período.

Mesmo no auge da ciência moderna houve uma nítida tendência em favorecer a figura dos teóricos. A fim de ilustrar a diferença entre a classe dos teóricos e a classe dos experimentadores, Hacking cita Robert Boyle (1627-1691) e Robert Hooke (1635-1703). O primeiro era um teórico que fazia experimentos, enquanto o segundo um exímio experimentador que também teorizava. Boyle é largamente mencionado nos principais manuais que tratam da história e da filosofia da ciência, gozando de vasto prestígio. Hooke é muitas vezes caracterizado como um experimentador excêntrico cujos resultados eram estéreis. Porém, isso não retrata a verdade. Sobre ele, Hacking faz um comentário valioso abordando uma série de proezas:

Foi ele quem construiu o artefato que permitiu que Boyle estudasse experimentalmente a expansão do ar (estudo que resultou na lei de Boyle). Além disso, descobriu as leis da elasticidade, as quais colocou em prática, por exemplo, na construção de molas em espiral para relógios de bolso (lei de Hooke). Seu modelo das molas colocadas entre os átomos foi utilizado por Newton. Também construiu um telescópio de reflexão radicalmente novo, por meio do qual pôde ver importantes novas estrelas, e descobriu que o planeta

⁸³ A divisão das ciências propugnada por Aristóteles, conforme vimos no primeiro capítulo, é um claro exemplo desse tipo de atitude de menosprezo perante às ciências práticas e experimentais.

Júpiter girava ao redor do seu próprio eixo, introduzindo, assim, uma ideia nova e surpreendente. Seu trabalho na área da microscopia também foi da maior importância, e é a ele que nós devemos a palavra célula. Seu estudo a respeito de fósseis microscópicos o fez propor precocemente a teoria evolucionista. Sugeriu a utilização de pêndulos para medir a força da gravidade. Participou da descoberta da difração da luz (o efeito que se verifica quando a luz se inclina ao passar por quinas muito agudas, de forma que as sombras fiquem sempre enevoadas, o que nos faz constatar a separação da luz em faixas de luminosidade diferente) e, com base na difração, construiu uma teoria ondulatória para a luz. Propôs uma lei do inverso do quadrado para a gravitação, defensável antes de Newton, porém, num formato um tanto imperfeito. E a lista continua. Trata-se de alguém que nos ensinou muito a respeito do mundo em que vivemos, mas aquela tendência a desprezarmos o experimento fez dele um desconhecido para a maioria, exceto para alguns especialistas (HACKING, 1983, p.151)

Mesmo nos anos mais recentes, filósofos da ciência editores de verbetes manifestaram uma clara preferência pelos teóricos em relação aos experimentadores. C. W. F. Everitt, um físico colega de Hacking, relatou que ao redigir um verbete biográfico sobre os irmãos London, dois físicos que concretizaram importantes colaborações para a compreensão da supercondutividade, Thomas Kuhn - o editor do dicionário - solicitou a Everitt que a biografia de Heinz, o irmão experimentador, fosse abreviada (HACKING, 1983, p. 151-152).

Se na crítica de Hacking aos modelos de representação, Dewey ocupa uma posição crucial, em seu realismo de entidades que se dirige à experimentação, seus ideais são o resultado de um movimento de retomada aos tópicos de Bacon⁸⁴. A censura de Bacon à verborragia dos escolásticos atua similarmente na crítica de Hacking sobre a escassez de ênfase dos filósofos sobre a prática experimental da ciência⁸⁵. No realismo de entidades, questões acerca da justificação, da racionalidade e das virtudes teóricas podem ser também circunstancialmente importantes, mas não o suficiente para auxiliar no debate do realismo científico.

De acordo com Hacking, os filósofos da ciência tradicionais se preocupavam excessivamente com o conteúdo epistêmico das teorias científicas e com questões que envolvem a linguagem, porém, essa conduta se mostrou inútil, e o impasse sobre o realismo

⁸⁴ Hacking (1983, p. 149-150) diz: “Hoje, a história das ciências naturais é quase sempre escrita sob a forma de uma história da teorização. A filosofia da ciência tornou-se a filosofia da teoria, e chegou-se ao ponto até de se colocar em dúvida a existência de observações ou experimentos que antecederem as teorias. Espero, com as páginas que se seguem, é iniciar um movimento de retorno a Bacon, de modo que possamos atentar mais seriamente para a ciência experimental”. Não é à toa que um dos capítulos finais de Representar e Intervir exiba o título de “Tópicos Baconianos”. Nele Hacking sugere que Bacon foi o primeiro filósofo da ciência experimental.

⁸⁵ O realismo teórico, segundo Hacking, é contaminado por duas teses filosóficas que acabam distorcendo a compreensão adequada da observação e da experimentação. Em primeiro lugar, a ascensão semântica de Quine, isto é, a tese segundo a qual não se fala sobre as coisas, mas sobre a respeito do modo que falamos sobre as coisas. Ou seja, o foco reside nas sentenças observacionais, em vez das próprias observações. A segunda tese nega que existem observações anteriores às teorias, ou seja, toda observação e experimentos estão acompanhados de um aparato teórico. Hacking afirma que a relevância da observação para a prática científica é menor do que geralmente é presumido e ambas as teses concedem primazia à linguagem.

científico estaria fadado a perdurar sem uma resolução razoável⁸⁶. No entanto, “quando voltamos da representação para a intervenção, quando bombardeamos gotas de nióbio com pósitrons, o antirrealismo esmorece” (HACKING, 1983, p. 31).

Segundo Hacking, a pergunta sobre o que aparece primeiro, teoria ou experimento, não possui uma resposta unívoca. Ao longo da história da ciência, teorias e experimentos foram executados paralelamente, como na invenção da máquina a vapor de James Watt. Hacking narra com profundidade como se deu a invenção da máquina a vapor, abordando os aspectos históricos e técnicos. Segundo ele, nem todos os experimentos foram efetuados com a finalidade de comparar, testar, falsificar e confirmar teorias prévias (HACKING, 2012, p. 251-254).

Em alguns casos, resultados frutíferos foram alcançados sem a presença maciça de uma teoria prévia que orientasse as expectativas do experimento efetuado. Quando o fenômeno ótico da difração começou a ser observado não havia nenhuma teoria preliminar, somente depois de um tempo veio à tona uma teoria explicativa. Em várias passagens, Hacking sugere que ao analisar a história da ciência há grandes chances de encontrar observações que contribuíram para estimular o desenvolvimento teórico, como a descoberta de Malus da polarização por reflexão; a fluorescência observada por John Herschel; o movimento browniano e o efeito fotoelétrico averiguado por Becquerel, entre outros.

Os trabalhos de Brewster são reveladores. Contando com o auxílio de instrumentos que foram aperfeiçoados por ele mesmo, esse inventor escocês esteve à frente de descobertas da intensidade da luz polarizada refletida. Pouco tempo depois, Fresnel incorporou os resultados de Brewster em sua teoria ondulatória. Aparentemente, Brewster em momento algum esteve ocupado comparando teorias, sua intenção se restringia em estudar o comportamento da luz (HACKING, 1983, p. 157-158).

Hacking esclarece seu ponto de vista com as seguintes palavras:

Assim, não afirmo que possa existir trabalho experimental independentemente de teoria. Acreditar nisso seria proceder o trabalho cego dos “meros empiristas” de que Bacon zombava. Permanece sendo verdade, no entanto, que muita pesquisa verdadeiramente fundamental precede qualquer teoria relevante (HACKING, 1983, p. 158)

A linha que separa teoria e experimento é muito mais tênue do que, à primeira vista, aparenta. Em alguns casos o papel desempenhado pelas fontes teóricas é indispensável, noutros a teoria é uma etapa de segunda ordem e de teor eminentemente explicativo.

⁸⁶ Hacking (1983, p. 150) diz: “Dizem as lendas (e talvez também a natureza) que os filósofos preferem uma poltrona a uma bancada de trabalho. Não é tão surpreendente assim que nós tenhamos nos deixado levar pelas teorias, esquecendo a experimentação”.

Após o século XX os trabalhos científicos concebidos que contavam com observações eram radicalmente distintos das observações puras, centradas nos dados dos sentidos. Dificilmente alguém ousaria alegar que a ciência praticada nos dias atuais se processa a partir de observações “a olho nu”. Numerosos aparelhos tecnológicos, tais como microscópios eletrônicos e telescópios altamente potentes são instrumentos que permitem aos pesquisadores “verem” e explorarem a realidade⁸⁷.

Em contrapartida aos modelos produzidos com o intuito de representar a realidade, componente tão característico do realismo de teorias, a guinada em direção à intervenção é um aspecto indispensável para o realismo experimental de Hacking. Em seu artigo que explora o tema, David Resnik esclarece:

Hacking busca reverter essa tendência, se concentrando em como intervimos no mundo. Pessoas comuns intervêm no mundo construindo pontes, derrubando árvores, dirigindo carros e assim por diante. Os cientistas intervêm no mundo experimentando. Na experimentação usamos a estrutura causal do mundo para produzir, controlar e observar fenômenos. Se usarmos uma parte do mundo para intervir no mundo, então temos o direito de acreditar que nossa ferramenta é real (RESNIK, 1994, p. 400)

As ciências naturais, na perspectiva de Hacking, não apenas desenvolvem teorias para compreender os fenômenos e o mundo à nossa volta. Elas são, em última instância, baseadas no método experimental e os seus praticantes não se configuraram como meros espectadores passivos da natureza. Em conexão com as ideias de Bacon, de acordo com Hacking, os cientistas correspondem ao homem ativo ou ao desbravador que conquista e age sobre a natureza.

Resnik (1994, p. 401) sintetiza o argumento experimental de Hacking. Assim, o direito de acreditar que uma entidade teórica é real é preenchido se, e somente se, for possível usar tal entidade para produzir, construir e causar no mundo. É admissível usar algumas entidades, como por exemplo, os elétrons, para fazer coisas no mundo, tais como, alterar as cargas do nióbio. Portanto, temos o direito de acreditar que algumas entidades teóricas convertidas em entidades experimentais, como os elétrons, são reais, na medida em que seus respectivos poderes causais permitem criar e controlar regularmente fenômenos no mundo.

⁸⁷ Dois artigos que discutem a validade da distinção entre teoria e observação são bastante influentes para Hacking, um de Grover Maxwell, e outro de Dudley Shapere. O primeiro considera que essa distinção tem pouco valor para a ciência natural. Ele sugere que se comprometer com a existência de uma entidade não requer que esta seja observável, isso implica que a observação não tem ligação com o estatuto ontológico da entidade. Shapere argumenta que quando os físicos falam em “ver” se refere, na verdade, com ver através dos órgãos dos sentidos. Esses dois artigos foram decisivos para Hacking negar a necessidade dessa distinção. Para maiores informações sobre os artigos, convém consultar os próprios artigos, de Maxwell *The Ontological Status of Theoretical Entities*, e de Shapere *The Concept of Observation in Science and Philosophy*. No entanto, Hacking minimiza a importância da observação para os trabalhos científicos. Para ele, a experiência é a verdadeira protagonista.

Ao recorrer à prática experimental para fornecer justificação ao seu realismo científico, Hacking parece conferir um certo grau de convencimento. Ao experimentar, manipular e afetar causalmente a realidade, sucede a confiança de que algo realmente existente foi aplicado na produção de fenômenos. Hacking sugere que quando uma entidade teórica é regularmente empregada para atingir determinados objetivos, deixa de ser um simples postulado hipotético para se tornar uma ferramenta experimental. Seu exemplo emblemático é o elétron. Ele diz:

Quando J.J. Thomson descobriu, em 1897, que o que ele chamava de “corpúsculos” era, na verdade, catodos quentes em ebulição, praticamente a primeira coisa que ele fez foi tentar medir a massa dessas partículas negativamente carregadas. Ele obteve uma estimativa bruta da carga e , e mediu a relação e/m . O valor que obteve para m também estava mais ou menos certo. Milikan seguiu algumas ideias já em discussão no Laboratório Cavendish de Thomson e, por volta de 1908, determinou a carga do elétron, ou seja, a provável unidade mínima de carga elétrica. Assim, desde o princípio, o que se fez foi muito mais interagir com os elétrons do que testar sua existência (HACKING, 1983, p. 262)

Hacking defende que as entidades e postulados das teorias científicas tenham os seus respectivos efeitos e propriedades examinados à luz da sua capacidade experimental. Um elétron, cuja massa foi medida por J.J. Thomson, e massa foi definida em 1908 por Milikan, interage com seus poderes causais e outras entidades, sendo usado como ferramenta de experimentação e, portanto, possui uma forte evidência em favor de sua existência⁸⁸. Já os *quarks*, que ainda não foram utilizados propositalmente na produção de fenômenos, permanecem assumidos como uma entidade meramente hipotética, a despeito dos testes processados no intuito de detectar a sua carga mínima (RESNIK, 1994, p. 402). É oportuno mencionar que o fato de uma entidade teórica ser manipulável não deve ser considerado como uma condição suficiente para que tal entidade teórica seja considerada uma entidade experimental e, portanto, real. O corolário do argumento de Hacking é muito mais modesto. O critério do sucesso manipulativo atua, no máximo, como uma condição necessária para a pressuposição da existência de uma entidade inobservável. Porque, em tese, é mais prudente acreditar na existência de uma entidade cujos poderes causais são acionados com a finalidade de intervir na natureza a acreditar numa entidade que ainda não demonstrou a sua capacidade de manipulação e intervenção.

Além disso, Hacking prefere enunciar o seu argumento experimental a partir dos termos de melhor evidência ou evidência mais forte. Ele afirma:

⁸⁸ Hacking (1983, p. 262) complementa: “Quando se torna possível utilizarmos o elétron para manipular outras partes da natureza de forma sistemática, o elétron deixou de ser algo hipotético, uma entidade inferida. É a partir desse momento que o elétron não é mais algo teórico, e sim experimental”.

O trabalho experimental fornece as evidências mais fortes para o realismo científico. Isso não é porque testamos hipóteses sobre entidades. Mas porque entidades que, em princípio, não podem ser ‘observadas’ são regularmente manipuladas para produzir novos fenômenos e investigar outros aspectos da natureza (HACKING, 1983, p. 262)

Na introdução à edição brasileira, ao ter capturado o impacto do texto, ele confessa que se arrependeu de ter usado a palavra “evidência” devido a uma série de aceções epistemológicas que ela carrega, o que culminou com o fato de que muitos dos comentadores foram levados a crer que Hacking estava falando sobre “inferir” a existência de uma entidade que usamos assiduamente. Contudo, Hacking faz questão de reforçar que o seu argumento experimental está longe de ser conclusivo, porém, é o argumento que melhor o convence (HACKING, 2012, p. 43-44).

Provavelmente, nenhum cientista que trabalha com um equipamento no qual frequentemente elétrons são polarizados e dispersados ousaria afirmar que tais entidades são nada mais que simples ficções teóricas ou artefatos postulados no intuito simplificar a explicação ou acomodá-las aos dados observacionais. Porém, não é preciso restringir nossos exemplos aos elétrons. Há uma ampla gama de casos notórios de entidades que, embora sejam inobserváveis a olho nu, seus respectivos efeitos são amplamente evidentes.

Os genes de Mendel⁸⁹ podem ter sido vistos com suspeita durante a sua época, no entanto, depois de adquirirmos a capacidade de alterar a estrutura do DNA por meio da engenharia genética, não restaram dúvidas a respeito da existência de genes e cromossomos (RESNIK, 1994, p. 401).

Hacking declara:

Existe um argumento tão convincente a respeito do realismo científico relativo às entidades teóricas de tamanho médio que os filósofos da ciência até ficam ruborizados quando o mencionam: os microscópios. Fazemos um palpite a respeito da existência deste ou daquele gene e depois fabricamos os instrumentos que nos possibilitarão a vê-lo (HACKING, 1983, p. 186)

O cerne do argumento incide no tópico da produção, ou mais precisamente, naquilo que conseguimos regularmente criar, construir e manipular para satisfazer a várias finalidades, seja para a produção de fenômenos ou para a descoberta de novos fatos que permitirão,

⁸⁹ Apesar dos experimentos efetuados ao cruzar ervilhas e descobrir a transmissão de certas características, no tempo de Mendel os genes poderiam ter sido considerados como entidades teóricas. Em 1996 com a clonagem da ovelha Dolly mediante uma pioneira célula somática, e no começo do século XXI com a empreitada bem-sucedida do sequenciamento do genoma humano, várias descobertas e proezas foram realizadas no campo da engenharia genética, a ponto de clonar um membro de uma espécie dentro de um laboratório, ou mesmo rastrear os laços genotípicos de uma doença hereditária e assim prevenir com eficiência a sua manifestação. Os genes se tornaram entidades experimentais.

posteriormente, a geração de novos fenômenos e efeitos. Não é coincidência que, de acordo com Hacking, é a engenharia – e não a física teórica – que parece oferecer as evidências de maior peso para a apologia do realismo científico. Ele diz:

Diz-se que a ciência tem dois objetivos: teoria e experimento. As teorias tentam dizer como o mundo é. Os experimentos e a tecnologia subsequente mudam o mundo. Nós representamos e nós intervimos. Nós representamos de modo a intervir e intervimos de modo a representar. A maior parte do debate a respeito do realismo na atualidade se dá em termos de teoria, representação e verdade. As discussões são esclarecedoras, mas não são decisivas. Isso se deve principalmente ao fato de estarem infectadas com metafísica intratável. Suspeito que não possa haver argumento final a favor ou contra o realismo no nível da representação. Mas quando nos voltamos da representação para a intervenção, quando bombardeamos gotas de nióbio com pósitrons, o antirrealismo esmorece. (HACKING, 1983, p. 31)

Hacking presume que a representação teórica e a intervenção baseada na ação, não constituem elementos opostos, mas sim complementares. O realismo de entidades endossado, nesse sentido, constitui uma atitude de compromisso metafísico no qual o processo de intervenção e representação coexistem harmonicamente, e não equivale a uma doutrina epistêmica estabelecida com base em ideias justificadas racionalmente. Nele é a experimentação que exerce papel decisivo na produção de novos fenômenos, além de instrumentos, como o microscópio, que permitem interferir causalmente no mundo externo sem requerer teorias preliminares. O repertório de reações produzidas no laboratório através do contato com certas entidades, como elétrons e genes, não pode ser assumido como fenômenos espúrios ou meros artefatos explicativos. Apesar do trabalho experimental não se constituir como condição suficiente para inferir de maneira conclusiva a existência de certas entidades e propriedades, ele certamente constitui uma forte evidência em favor da existência dessas entidades. O que está em jogo aqui é o papel engenhoso que a experimentação desempenha para a elaboração e controle de novos fenômenos.

Conforme vimos, uma das maiores objeções ao realismo de entidades se situa no fato de que conceitos como “elétrons” e “pósitrons”, a princípio, são nomes carentes de referência, ou seja, denotam um conjunto vazio. Na sequência, uma teoria da recente filosofia da linguagem, denominada de teoria causal da referência, será apresentada a fim de mostrar como poderia ser aplicada com a finalidade de explicar a mudança teórica na ciência e a presença de termos vazios.

3.2.2 A teoria causal da referência

Conforme destacam Sankey (2012) e Clarke (2001), o realismo de entidades se ajusta facilmente à teoria causal da referência, desenvolvida pelos filósofos estadunidenses, Hilary Putnam⁹⁰ (1926-2016) e Saul Kripke (1940). Eles formularam essa tese a fim de rechaçar a ideia de que seria necessário e suficiente, para se conhecer um termo, saber quais são as características verdadeiras que se associam a ele. Embora Hacking considere que as discussões semânticas sejam praticamente inúteis para a discussão do problema do realismo científico, acabou sendo forçado a lidar com elas e, para isso, manifesta simpatia à teoria causal da referência, em especial, às ideias de Putnam durante a fase na qual endossou o realismo.

Um dos maiores problemas do âmbito semântico da filosofia da ciência envolve a incomensurabilidade do significado⁹¹, que propiciou intensos embates. Kuhn narra o exemplo do conceito de “flogístico”, responsável por desempenhar papel fundamental nas discussões de química durante os séculos XVII e XVIII:

“Flogístico” seria, então, às vezes vertido como “substância liberada por corpos em combustão”, às vezes, como “princípio metalizante”, e, às vezes, por ainda outras locuções. Essa estratégia, contudo, também conduz ao desastre, não apenas com respeito a termos como “flogístico”, mas também com respeito a expressões com referência. O uso de uma palavra isolada, “flogístico”, juntamente com termos compostos dela derivados, como “ar flogisticado”, é uma das maneiras pelas quais o texto original comunicava as crenças de seu autor (KUHN, 2006, p. 57)

De modo geral, a doutrina da incomensurabilidade do significado nega a existência de uma teoria genuinamente eficaz em demonstrar que pessoas que defendem teorias adversárias e de vocabulários distintos ou que se sucedem, estão falando a respeito da mesma coisa, visto que toda tradução é suprimida por interpretações posteriores e às vezes um tanto quanto díspares entre si. Não será tarefa deste trabalho oferecer uma refutação da doutrina da incomensurabilidade do significado a partir da teoria causal da referência, que será particularmente útil para contribuir na resolução do problema do significado, em especial quando se trata de proposições teóricas da ciência. Hacking sequer se compromete explicitamente com qualquer realismo semântico e faz questão de manifestar uma posição depreciativa com relação às questões semânticas⁹².

⁹⁰ Também conhecida como externalismo semântico, essa tese foi bastante revolucionária, sobretudo por se contrapor ao modelo descritivista de Frege e Russell. Os detalhes técnicos dessa querela que envolve uma discussão abrangente sobre a intensão e extensão serão propositalmente omitidos.

⁹¹ A doutrina da incomensurabilidade ganhou imensa notoriedade a partir do pensamento de Kuhn e Feyerabend. Hacking, no entanto, a rejeita. Em sua opinião, a teoria causal da referência de Hilary Putnam e Saul Kripke constitui uma alternativa viável para lidar satisfatoriamente bem com o problema do significado.

⁹² Basta examinar sua aceitação à tese da ascensão semântica de Quine, contemplada nas seções precedentes.

Hacking se baseia no artigo de Hilary Putnam, denominado “*The meaning of meaning*”, originalmente publicado em 1975. Nele o autor rejeita que a extensão ou referência são itens ligados ao significado. Ele mostra como é possível um termo dispor do mesmo referente, mas diferir quanto ao conteúdo de seu significado. Este artigo trouxe à tona duas consequências óbvias: o abandono da ideia de que o estado ou as crenças psicológicas determinam a intensão ou o significado de um termo; e o abandono da tese de que a intensão de um termo determina a sua extensão (PUTNAM, 1975, p. 222).

O experimento mental da Terra Gêmea foi desenvolvido ao longo deste artigo de Putnam com o objetivo de demonstrar que o estado psicológico não constitui condição suficiente para determinar a extensão de um termo (KUHN, 2006, p. 102-105). Para ilustrar essa conclusão, Putnam imagina um cenário no qual há em algum lugar da galáxia um planeta chamado “Terra Gêmea”. Nele, as pessoas se comunicam em português⁹³, e as suas características e configurações são parcialmente idênticas às da Terra em que habitamos. Dentre as diferenças, uma de grande impacto diz respeito ao fato de que aquilo que é chamado de “água”, embora apresente características superficiais como ser um líquido transparente e inodoro, sua fórmula química não é a tão famigerada H₂O, mas sim XYZ. Com efeito, um forasteiro da Terra que visitasse a Terra Gêmea, seria levado a afirmar que na Terra água significa H₂O, enquanto na Terra Gêmea seu significado equivale a fórmula molecular XYZ.

Em uma comunidade composta por indivíduos tão heterogêneos ocorre aquilo que Putnam chama de “hipótese da divisão do trabalho linguístico” (PUTNAM, 1975, p. 228). Ele considera a palavra “ouro”, que pode assumir inúmeros significados contextuais, a depender do propósito, ouro é um metal de grande valor, seja ele monetário ou seja simbólico. Nessa comunidade, algumas pessoas ganham a vida vendendo ouro, já outras usam anéis de casamento de ouro. Muitos falantes, porém, não têm condições de reconhecer uma autêntica amostra de ouro e distingui-la de um ouro falsificado. É justamente por esse motivo que existem profissionais especializados e habilitados para verificar se algo é realmente ouro.

Antes da identificação dos elementos químicos e da descoberta da microestrutura molecular da água, tanto os habitantes da Terra quanto os habitantes da Terra Gêmea, estariam inclinados a julgar de modo equivocado, a partir de suas propriedades fenomenológicas, que o termo “água” em ambos os planetas se trata da mesma substância. Em suas vidas públicas, as pessoas não têm a necessidade de saber se um metal é, de fato, ouro e nem mesmo o seu número atômico para possuir o conceito “ouro” em seu vocabulário, assim como não é preciso atribuir

⁹³ No artigo original, a comunicação se dá em inglês, mas como será usado “água” em vez de “water”, é preferível supor que a comunicação ocorre em português, o que não altera em nada a conclusão original de Putnam.

H₂O à palavra água para conseguir usá-la de maneira inteligível em suas conversações. Caso contrário, somente um seleto grupo de especialistas estaria apto para empregar adequadamente termos como “ouro” e “água”.

No tempo que precedeu ao isolamento das moléculas da água, por volta de 1750, as pessoas comuns conseguiam se comunicar e falar a respeito da água sem dispor de informações técnicas e mais aprofundadas. Porém, no estágio atual do desenvolvimento científico emergiram descobertas relevantes a respeito da microestrutura física da água. Putnam diz:

Suponha agora que eu descubra a microestrutura da água - que água é H₂O. Nesse momento, estarei apto a dizer que as coisas em Terra Gêmea que anteriormente *confundi* com água não são realmente água. Do mesmo modo, se você descreve não outro planeta no universo atual, mas no universo possível onde existam coisas com a fórmula química XYZ que passam pelo ‘teste operacional’ de água, teremos de dizer que essas coisas não são água, mas meramente XYZ. Você não terá descrito um mundo possível onde “água é XYZ”, mas tão somente um mundo possível onde há lagos de XYZ, as pessoas bebem XYZ (e não água), ou o que seja. De fato, uma vez que descobrimos a natureza da água, nada conta como um mundo possível se água não tiver essa natureza (PUTNAM, 1975, p. 233)

Com efeito, o líquido chamado “água” é H₂O em todas as circunstâncias, enquanto o elemento XYZ na Terra Gêmea não se trata realmente de água, apesar de possuir o mesmo conceito e exibir similaridade quanto aos seus aspectos visíveis. Portanto, a definição ostensiva de um certo termo deve estar em concordância com a entidade referida no estado atual e em todos os mundos possíveis.

A linguagem consiste em uma habilidade cooperativa resultante de prática social, cujos falantes são expostos a todo momento às circunstâncias convenientes de emprego de uma palavra e uma expressão. Os nomes próprios carregam uma história causal a respeito de suas origens, que repousa geralmente na ostensão, como no caso em que é definido de maneira ostensiva que “este rio se chama Amazonas”; ou na descrição, como “o planeta que perturbou a trajetória da órbita de Urano” fixou a referência de “Netuno”. De acordo com Kripke (1981, p. 96-97), após o estabelecimento da referência de um termo mediante um “batismo inicial”, irrompe uma cadeia semântica que o transmite de elo em elo ao longo da comunidade linguística a ponto de marcar a sua identidade.

A teoria causal da referência é excepcionalmente promissora, na medida em que permite falar sobre a mesma coisa de maneiras diferentes. Segundo os proponentes da teoria causal da referência, uma teoria da referência que seja elaborada corretamente não precisa requerer ao modo pelo qual são selecionados os referentes dos termos individuais, bem como suas características superficiais. Para Putnam e Kripke, as espécies naturais (*natural kinds*) e os

nomes próprios⁹⁴ são nomeados mediante um ato coletivo de batizar e rotular amostras da espécie em análise, tais como “ouro”, “tigre”, “eletricidade”, “gene”, “força”, etc. Os falantes nativos daquela cultura herdaram os aspectos sociolinguísticos e obtêm, por longa cadeia causal, o mesmo modelo de referência de seus antepassados mais remotos. As características mais nítidas são invariavelmente utilizadas para a fixação do termo.

Putnam diz que os termos carregam um estereótipo, isto é, um conjunto de critérios e propriedades padronizadas que contribuem para selecionar um objeto como membro de uma espécie natural, como o fato de o ouro estar incluso no conjunto dos metais. Isso implica que saber o que uma palavra significa é saber como usá-la para fins de comunicação com outros membros da comunidade linguística a qual o locutor pertence.

De acordo com Putnam, embora o estereótipo associado a um termo seja suscetível de alterações posteriores, o referente constitui o elemento responsável por preservar a identidade de um termo. Mesmo se os tigres deixassem de ter listras, ainda assim seria possível para os falantes se referirem a mesma coisa sem cometer qualquer contradição.

Hacking conclui que o problema da incomensurabilidade do significado se impõe sobretudo em uma abordagem à luz do sentido fregeano, ele presume, entretanto, que a teoria da referência de Putnam não estaria sujeita ao mesmo problema porque o princípio da identidade de um termo não seria, necessariamente, dependente do seu estereótipo⁹⁵ (HACKING, 1983, p. 81).

3.3 O realismo de entidades é, de fato, promissor?

O realismo de entidades, como toda teoria em filosofia, se tornou alvo de muitas críticas, conforme será mostrado de maneira breve nesta seção. Para auxiliar nessa tarefa, o artigo redigido pelo professor Tiago Oliveira (2019) que se dedica a estudar a temática será acompanhado de perto. Nortado por um artigo de Suárez (2008), o autor enumera uma pequena lista de três categorias de críticas dirigidas ao realismo de entidades, a saber, inadequação; incoerência e implausibilidade.

⁹⁴ Kripke (1981) considera que nomes próprios são, em última instância, designadores rígidos.

⁹⁵ Hacking se pronuncia: “Precisamos aceitar os melhores aspectos do relato de Putnam, a fim de agradecê-lo por fornecer uma nova maneira de falar sobre o significado. Discussões sérias sobre entidades inferidas não precisam nos fechar em pseudoproblemas de incomensurabilidade e mudança teórica. Vinte cinco anos atrás, o experimentador que acreditava que os elétrons existem sem dar muita credibilidade a qualquer conjunto de leis sobre os elétrons, teria sido descartado como filosoficamente incoerente. Agora percebemos que era a filosofia que estava errada, e não o experimentador. A minha relação com o relato sobre o significado de Putnam é como a relação do experimentador com uma teoria. Eu não acredito literalmente em Putnam, mas estou feliz em empregar o seu relato como uma alternativa para as considerações intragáveis na moda há algum tempo” (1982, p. 74-75)

A primeira crítica afirma que o realista de entidades não compreende apropriadamente a prática e a atitude científica. Alguns críticos, como Gross, insinuam que em segmentos que extrapolam ao âmbito da física experimental, o realismo de entidades perderia a força. Na biologia neodarwiniana, por exemplo, os experimentos efetuados para inferir a interferência dos processos evolutivos na configuração das espécies não produzem efeitos semelhantes aos que acontecem durante uma colisão de elétrons. Os argumentos são, em sua maioria, provenientes de analogia e, portanto, o realismo de entidades não parece ser o suficiente para cobrir esse campo da biologia. Assim, parece depor contra o realismo de entidades, pois a condição necessária da manipulação não é, supostamente, preenchida. Gross comenta:

Uma ontologia do processo (evolutivo) não é redutível a uma das entidades quando tais entidades não podem, elas mesmas, ser explicadas sem referência àquele processo: mesmo o DNA envolvido. Mas se a evolução não pode ser reduzida às suas supostas entidades constituintes, ela não pode ser um instrumento, não pode ser incorporada num mecanismo potencial do modo como os elétrons são no PEGGY II ou o éter no interferômetro de Michelson. Se o critério de Hacking for aplicado, os processos evolutivos permanentemente serão sem realidade (GROSS, 1990, p. 427)

Em alguns intérpretes do assunto, como Suárez (2008, p. 146-147), fazem questão de indicar que, particularmente no caso de Hacking, o realismo experimental talvez seria mais bem explorado se tivesse como ponto de partida a divisão entre realismo experimental metafísico e realismo experimental epistêmico. Gross, ao que parece, cometeu uma confusão ao interpretar a manipulação como um critério normativo, como se fosse um critério de demarcação, quando na verdade a manipulação, conforme ressalta Suárez (2008, p. 142) é uma “boa indicadora de realidade; um bom guia – mas não um guia infalível”.

Uma leitura um tanto desatenta pode levar a uma interpretação incompleta das ideias de Hacking, como se ele estivesse insinuando que bastaria a X ser manipulável, para que seja real. Mas não foi exatamente assim que Hacking disse. Na verdade, ele apenas sugere que a manipulação atua como a evidência mais forte para acreditar na existência de uma entidade inobservável e, portanto, o seu explícito apelo aos experimentos indica que a sua posição se estende também ao nível epistemológico, pois se uma entidade inobservável demonstra credibilidade por intermédio de reações causadas, então dispomos de boas razões para acreditar em sua existência. Porém, o compromisso com as teorias e suas respectivas justificações que eventualmente se ensejam a seu respeito é atenuado, uma vez que as teorias científicas sofrem recorrentes alterações à luz de evidências empíricas disponíveis.

Uma forma de reverter a crítica de inadequação quanto às teorias evolucionistas consiste em mostrar que a evolução neodarwiniana se trata, na verdade, de uma teoria sem apelo direto

a entidades experimentais. Nesse ponto, é importante reiterar que o realismo de entidades pode ser considerado uma posição de realismo científico de caráter deflacionário, e que suspende o juízo sobre a verdade a respeito de explicações e arranjos teóricos. Oliveira diz:

A verdade das teorias atuais não diz respeito, portanto, às preocupações dos realistas de entidades, pois o sucesso explicativo não confere mais do que garantia teórica, passível de redundância etc. Os realistas experimentais estão mais interessados no que existe ou não existe (OLIVEIRA, 2019)

O que talvez poderia vir a colocar em xeque as reivindicações de Hacking seria se, de alguma forma, entidades experimentais como elétrons e genes dependessem mutuamente de teorias prévias para a sua existência⁹⁶. Hacking, contudo, reforça que a manipulação não deve ser considerada condição suficiente para constituir certeza quanto a existência de uma entidade. Ela é, quando muito, uma condição necessária, pois é mais razoável aceitar uma entidade cujos poderes causais são evidentes a acreditar em uma entidade que não pode ser, até então, manipulada pelos instrumentos. O próprio Tiago Oliveira (2019) esquiva da acusação de que o realismo de Hacking apenas teria aplicação no campo da física, ao salientar que Hacking estende o escopo da sua ideia ao empregar o argumento da microscopia, que até mesmo de um ponto de vista epistemológico, ofereceria razões para nutrir crenças acerca de organelas celulares e outras propriedades biológicas.

A segunda crítica versa sobre a incoerência. Os promotores dessa tese endossam que é incompatível, de maneira simultânea, acreditar na existência de uma entidade sem acreditar, pelo menos parcialmente, nas teorias subjacentes à própria entidade. É por esse motivo que o realismo de entidades é acusado de incoerência. É de suma importância notar que a separação entre realismo de teorias e realismo de entidades integra uma parte indispensável da formulação de autonomia do realismo de entidades. Estudiosos fazem questão de acentuar que sem essa separação, o realismo de entidades perderia o seu sentido. Neste trecho Clarke a explica:

Tradicionalmente, os realistas científicos têm muita suspeita em relação às fontes de garantia que não sejam teoria e observação, talvez porque alguns dos oponentes do realismo científico têm permitido fontes de garantia que parecem estar fora da ciência contemporânea, como intuição e revelação divina. No entanto, os realistas científicos ignoram uma fonte muito plausível

⁹⁶ Um caso bastante interessante foi relatado por Paul Boghossian, em seu livro *Fear of Knowledge*. Em um dos capítulos é narrado sobre a descoberta do bacilo de Koch em 1882, patógeno responsável por causar tuberculose, dentre as suas vítimas mais famosas esteve o faraó Ramsés II, falecido em 1213 a.C. Na tentativa de criticar o construtivismo de Latour, que afirmava que antes de Koch, o bacilo não tinha existência real, Boghossian alega que propriedades, entidades e espécies naturais não dependem das crenças humanas para que sejam reais. Boghossian (2006, p. 28) diz: “Por exemplo, fatos sobre montanhas, dinossauros ou elétrons parecem não ser dependentes da mente. Por que deveríamos pensar de outro modo? Que engano revelou o fato-construtivismo em nosso realismo corriqueiro e ingênuo sobre o mundo?”

de garantia para a crença em entidades, às quais os realistas de entidades apelam e que parecem estar embutidas na prática experimental da ciência (CLARKE, 2001, p. 710)

A crítica a proposta da divisão do realismo científico foi formulada tendo em vista a tese cotejada por filósofos da ciência de que todo experimento possui um grau de dependência teórica. O notório “argumento dos duendes⁹⁷” expresso por Musgrave (1996) e comentado por Sankey (2012) exhibe bem essa crítica.

Musgrave anuncia:

Devemos acreditar em entidades científicas [...] sem considerar verdadeira qualquer teoria sobre essas entidades. Devemos ser ‘realistas de entidade’ sem ser ‘realistas de teoria’ [...] Isso é incoerente. Acreditar em uma entidade, enquanto não acreditar em nada além sobre aquela entidade, é acreditar em nada. Eu digo que acredito em duendes. Então, você replica, você pensa que há pessoinhas que rastejam para dentro das casas à noite e fazem o trabalho doméstico. Oh, não, digo eu, não acredito que os duendes fazem isso. Na verdade, não tenho crenças sobre o que duendes fazem ou como eles são. Eu apenas acredito neles (MUSGRAVE, 1996, p. 20)

Com isso, Musgrave pretende mostrar o impasse que, aparentemente, envolve o realismo de Hacking por ter endossado a credibilidade da crença na existência de elétrons sem adotar qualquer teoria atualmente disponível que concerne aos elétrons. Além do mais, Musgrave considera inútil a separação que envolve realismo de teoria e realismo de entidades.

De acordo com a objeção de Musgrave, é incoerente acreditar na existência de uma entidade, tais como os duendes, sem admitir que existam crenças verdadeiras e falsas a seu respeito, por exemplo, como os duendes se comportam e qual seria a sua fisionomia. Se porventura alguém acredita na existência de duendes que limpam as suas casas durante a noite, então seria necessário acreditar que deve haver teorias verdadeiras que explicam os efeitos provocados pela ação dessas criaturas. No entanto, o realismo de entidades de Hacking não supõe isso, ele apenas ressalta que é possível coexistir múltiplas crenças e teorias sobre os duendes ou outra entidade qualquer, como os elétrons, de tal maneira que essas crenças, teorias ou arranjos explicativos não afetem a sua existência⁹⁸.

Clarke replica Musgrave:

Assim, os realistas de entidade, em princípio, não terão objeção à afirmação de que os duendes são pequenos, nem afirmação de que duendes são assustadores ou que estão dispostos a fazer o trabalho doméstico. O que eles

⁹⁷ No original *hobgoblin*.

⁹⁸ Tiago Oliveira (2019) diz: “Em síntese, o problema da incoerência pode ser colocado da seguinte maneira: como saber se nos referimos ao mesmo tipo de entidade em nossas interações (manipulações) causais sem lançar mão das teorias que agrupam os diferentes aspectos fenomenológicos-causais daquela mesma entidade?”

vão objetar é a aceitação da veracidade de qualquer teoria fundamental abrangente da psicologia, da sociologia ou da biologia do duende, que pretenda explicar por que ele realiza essas várias atividades. Os realistas de entidade certamente incorrem no ônus de explicar como garantir generalizações fenomenológicas de baixo nível, na ausência do suporte que generalizações fundamentais podem fornecer [...] O realismo de entidade se distingue menos do realismo científico do que sugere a caricatura de Musgrave. No entanto, ainda é uma posição que é distinta do realismo científico. E a diferença mais importante do realismo científico é que, enquanto os realistas científicos aceitam a verdade ou a verdade aproximada de teorias explicativas, os realistas de entidade se recusam a endossar teorias pela simples virtude de seus poderes explanatórios (CLARKE, 2001, p. 704-705)

Como uma maneira de salvaguardar a sua posição, o realista de entidades poderia recorrer à teoria causal da referência, ao sustentar que não é necessário dispor de um conjunto de descrições associadas a um termo para se referir, de maneira satisfatória, a um determinado objeto ou propriedade, e procurar que isso seja estendido a termos teóricos que se referem a entidades inobserváveis. Conforme foi explicado, na teoria causal é assumido que a referência é fixada pela introdução de um termo a partir de suas relações causais com os objetos em seu ambiente, sendo transmitida como uma corrente através da cultura. O estereótipo de elétron foi frequentemente modificado, sendo algumas vezes concebido de maneiras reciprocamente incompatíveis, como nuvem, onda ou partícula. No entanto, nos trabalhos experimentais desenvolvidos por intermédio dos elétrons, os pesquisadores estavam investigando e interagindo com a mesma entidade (HACKING, 1982, p. 74).

Sankey diz:

A visão de Hacking é que a crença em elétrons envolve uma certa quantidade de conhecimento detalhado sobre como os elétrons se comportam. Mas essa crença não precisa envolver a crença na verdade de nenhuma teoria em particular sobre a natureza dos elétrons. Em outras palavras, se pode acreditar em elétrons e acreditar em várias coisas sobre os elétrons, sem acreditar em nenhuma teoria particular de elétrons (SANKEY, 2012, p. 35)

E complementa posteriormente:

A teoria causal permite que a referência possa ser determinada de uma maneira não descritiva. Portanto, não exige que uma teoria forneça uma descrição verdadeira das entidades teóricas para garantir referência a elas. Diante disso, a teoria causal passa a ser adequada para o realismo de entidades (SANKEY, 2012, p. 37)

Apesar de considerar a teoria causal pertinente ao realismo de entidades, Sankey identifica dois erros nessa conjunção. O primeiro está ligado à referência dos termos teóricos. Hacking parece inferir que a referência dos termos teóricos pode ser fixada sem um aparato

descritivo. Mas isso soa incabível, pois é necessário algum tipo de conteúdo descritivo, o que afasta a tese de um realismo de entidades inteiramente livre de teorias. O segundo corresponde à própria amplitude do argumento experimental. Hacking insiste que o seu argumento experimental não equivale a um exemplo de argumento da melhor explicação para o sucesso da ciência. Porém, de acordo com Sankey, o argumento do sucesso é aplicado para oferecer uma explicação aceitável do sucesso das ciências experimentais, em oposição às ciências teóricas (SANKEY, 2012, p. 41-42).

Em que pese o argumento, Hacking não afirma que os experimentos são totalmente desprovidos de teorias. Ao se deparar com o décimo primeiro capítulo de *Representing and intervening* – intitulado de “Tópicos baconianos” – se constata uma analogia interessante empregando os hábitos de uma abelha. Hacking declara que a atividade científica deve se processar mediante a combinação de teorias especulativas e da prática experimental⁹⁹.

Finalmente, a terceira crítica acusa o realismo de entidades de implausibilidade. Os partidários dessa crítica sustentam que o realismo de entidades não seria forte o suficiente para persuadir o antirrealista. Além do mais, essa objeção enuncia que a condição de manipulação não é um critério capaz de oferecer melhores justificativas do que as já advogadas pelos realistas de teorias.

Muitos dos oponentes das ideias de Hacking consideram que a sua versão do realismo de entidades peca por ser uma posição demasiadamente rigorosa por somente admitir a existência de entidades manipuláveis, enquanto exclui entidades teóricas relevantes, como neutrinos e lentes gravitacionais. No entanto, Axel Gelfert recorre a exemplos a fim de indicar que o realismo de entidades é, na verdade, uma posição fortemente permissiva a ponto de pressupor a existência de entidades fictícias.

A principal fonte de contraexemplos aqui foi extraída da física de partículas. No primeiro exemplo é descrito um experimento onde foram injetados elétrons em semicondutores. Os pesquisadores constataram que, incrivelmente, essa ampliação do número de elétrons, levou a uma medição de uma corrente de carga positiva, em função de “buracos” de carga positivamente carregada de íons positivos no sistema, propagados por meio de um cristal. Gelfert contesta a eficiência do realismo de entidades visto que o sistema leva a resultados da carga cobiçada. Além do mais, os críticos indicam que seria necessário apelar para teorias de

⁹⁹ O trecho em que essa analogia aparece é digno de ser citado: “A ciência, conforme nos escreveu Bacon, precisa ser como a abelha, que, possuidora dos talentos tanto da formiga quanto da aranha, é capaz de fazer mais do que elas separadamente, pois digere e interpreta tanto os experimentos quanto especulação” (HACKING, 1983, p. 261).

alto nível com a finalidade de explicar o evento sem que tais buracos sejam estimados como uma nova entidade. E esse recurso não estaria acessível ao realista de entidades enquanto mantivesse uma atitude de censura diante de teorias estabelecidas com base em generalizações de alto nível (GELFERT, 2003, p. 254-255).

Um segundo contraexemplo é relatado por Gelfert visando combater a condição de suficiência do critério da manipulabilidade experimental das entidades inobserváveis. Se o ataque de Gelfert estiver correto, então a validade da distinção efetuada por Hacking entre realismo teórico e realismo de entidades estaria ameaçada. Em um sistema composto por muitas partículas e de temperatura próxima ao zero absoluto, os elétrons que exibem um comportamento coletivo são designados de quase-partículas. Por mais incrível que pareça, as quase-partículas exprimem relações causais e estão sujeitas a operarem como ferramentas de manipulação até mesmo em domínios macroscópicos, como no caso em que uma corrente é gerada em domínios magnéticos em um metal ou semicondutor a partir da polarização do spin, o que fazem delas um sério dilema para ser enfrentado pelo realista de entidades. Gelfert enuncia esse problema da seguinte maneira:

Os sólidos não contêm dois tipos de partículas móveis portadoras de carga, buraco e elétrons; eles *somente* contêm elétrons. Que elétrons numa amostra podem produzir um efeito combinado que faz parecer como se houvesse um tipo separado de entidade portadora de carga não deveria, pelos padrões do realista de entidades, afetar esse grau de verdade caseira. Se alguém quiser garantir às quase-partículas o mesmo grau de realidade dos elétrons, violaria a mesma intuição que se encontra no coração do realismo de entidades, ou seja, que existe um conjunto de entidades substantivas básicas possuidoras de prioridade sobre fenômenos compostos ou derivados. Uma proliferação de entidades evoluiria para o que se poderia chamar de realismo inflacionário – afinal, existem várias outras quase-partículas que teriam de ser incluídas junto com os buracos (GELFERT, 2003, p. 257)

Outro ponto presente ao longo dessa crítica está relacionado ao problema da ontologia inflacionária. Segundo essa tese, o realismo de entidades promove uma multiplicação desnecessária de entidades ao acolher as propriedades causais descobertas mediante a interação com os experimentos. Nesse sentido, essa crítica insinua que, além da entidade que produz os efeitos, existe uma correlação com seus fenômenos públicos e detectáveis, e tais fenômenos, nesse ínterim, seriam tratados como outras entidades, subproduto das primeiras. Em função disso, o realismo de entidades estaria diante de dois caminhos mais óbvios: ou descartaria o critério da manipulabilidade experimental, o que o forçaria a retroceder ao realismo de teorias; ou seria obrigado a considerar entidades artificiais, como as quase-partículas, como reais.

Gelfert oferece esses contraexemplos com o propósito de recusar o lema do realismo de entidades de Hacking – “se você pode bombardeá-los, então eles são reais” – acusando dois pontos cruciais: a primazia do experimento em consonância com o sucesso manipulativo e o apreço de Hacking (1983, p. 265) por “verdades caseiras”¹⁰⁰ (*home truth*) que remontam ao uso exclusivo de generalizações de baixo nível. Assim, Gelfert defende que o critério do sucesso manipulativo de Hacking não atende às condições necessárias e suficientes para garantir a existência das entidades inobserváveis, porque há registros de ocasiões nas quais partículas artificiais interferiram em partes da natureza (GELFERT, 2003, p. 259-.260).

Como se tratava de uma conversa informal com um amigo, é muito provável que Hacking não tenha prestado atenção no fato de que, nestes termos, a formulação do critério de manipulabilidade parece se enquadrar como condição suficiente. Entretanto, essa falha foi corrigida, conforme se pode consultar no prefácio à edição brasileira, na qual ele insinua que a manipulabilidade poderia dizer respeito à uma condição necessária bastante modesta, visto que, de acordo com Hacking, seria impossível obter êxito na manipulação de entidades inexistentes. Ciente da iminente ameaça de contraexemplos que irrompem a partir das entidades fictícias que foram, supostamente, utilizadas como instrumento de manipulação, como é o caso do flogisto, Hacking põe em dúvida se ele foi alguma vez, de fato, acionado e experimentado. Testes poderiam ter sido executados com o propósito de confirmar ou refutar o flogisto. Mas como consequência de seu argumento, muito provavelmente Priestley não estabeleceu interação causal com o flogisto. É importante recordar que Hacking opta por falar em melhor evidência para evitar compromissos lógicos com condições necessárias e suficientes. Provavelmente Gelfert interpretou de maneira incorreta o sucesso manipulativo como condição suficiente para atribuir realidade à uma entidade e restringiu o seu ataque evocando a sentença lema de Hacking.

A implausibilidade de Gelfert, portanto, rejeita a condição de manipulação de X – se X é manipulável, então X existe – como apenas uma afirmação trivial. Hacking, entretanto, presume que é justamente nessa trivialidade onde reside a maior força da reivindicação em prol da realidade das entidades inobserváveis que são devidamente manipuladas e examinadas através dos trabalhos experimentais, visto que teria sido impossível interagir diretamente com entidades artificiais. Os efeitos desencadeados pelas quase-partículas somente reverberam de

¹⁰⁰ Sobre a noção de “verdade caseira” Gelfert (2003, p. 252) esclarece: “A noção de verdade caseira, não deve ser considerada como exigindo explicações teóricas detalhadas sobre como o comportamento das substâncias pode ser explicado em termos de sua microestrutura específica; em vez disso, uma ‘verdade caseira’ deve ser de um tipo que tenha passado no teste de manipulação ou, alternativamente, seja tão básica que questões relativas à sua validade simplesmente não surjam”.

forma conjunta com os elétrons, ao passo que os elétrons verificados isoladamente não apresentam o mesmo comportamento.

Na tentativa de superar o problema apontado pelo contraexemplo de Gelfert, a analogia empregada por Oliveira (2019) obtida do ramo da biologia é de bastante serventia. Ele relata que, como resultado do processo de adaptação evolutiva, algumas espécies de animais se comportam de maneira coletiva a fim de evitar o ataque de predadores. No entanto, o mesmo tipo de atitude não se verifica, isoladamente, nos membros da mesma espécie de peixes. É inegável que cardumes existem, no sentido de se referirem a um conjunto de peixes. De modo similar, não seria um absurdo dizer que cardumes e quase-partículas existem. Entretanto uma coleção, como a de cardumes ou de quase-partículas, não deveria possuir um estatuto ontológico que a equipara a uma entidade em sentido isolado, tais como peixes ou elétrons.

É preciso ter em mente que as verdades caseiras não eliminam, afinal, aquilo que é possível saber sobre uma entidade. Poderia haver entidades incapazes de serem manipuladas pelos aparatos tecnológicos disponíveis atualmente, como as lentes gravitacionais e os buracos negros, e ainda assim não haver motivos para rejeitarem a sua existência. Hacking (1983, p. 275) está ciente dessa dificuldade. Em sua opinião, o critério de manipulação não deve ser encarado como uma condição necessária de realidade, mas sem dúvidas, serve como um indício magistral de realidade. É oportuno perceber a ênfase concedida a uma posição de caráter falibilista.

Apesar dos limites, Gelfert (2003, p. 246) reconhece que o realismo de entidades permanece uma posição defensável. Por sua vez, Suárez (2008) recomenda que o realismo de entidades deveria ser suplementado a partir de um recuo a fim aderir a uma versão epistêmica, no lugar de uma versão eminentemente metafísica. Ele mostra que o realismo de entidades também contém um elemento de reivindicação epistemológica, e procura avançar nessa premissa com objetivo de reabilitar o realismo de entidades.

CONCLUSÃO

Embora Popper e os filósofos que o antecederam estivessem de posse de boas razões para sustentar que nem mesmo as melhores teorias científicas descrevem ou retratam a realidade, isso não tem de servir como argumento convincente para negar que os avanços científicos permitem intervir na realidade. Assim como a filosofia, a ciência não é imune ao erro, mas com o auxílio de ferramentas tecnológicas temos acesso à minúscula estrutura do mundo quântico e ao vasto mundo cósmico das galáxias afastadas a dezenas de bilhões de anos-luz de distância.

Provavelmente o modelo atômico proposto por Bohr não é absolutamente completo e consistente, apesar de ser mais adequado de um ponto de vista empírico que o modelo de Rutherford e Thomson, e por questões pragmáticas, é possível optar por utilizar o de Bohr para explicar a constituição de um átomo. No entanto, toda essa verbosidade deveria ser irrelevante para qualquer filósofo da ciência que fosse responsável ou que, pelo menos, tenha levado em consideração o realismo de Hacking.

É por esse motivo que ele parece estar correto ao estabelecer uma separação envolvendo duas espécies de realismo, a saber, o teórico e o de entidades. Se ocorreram descobertas significativas a respeito do genoma humano e foi empreendida fissão nuclear a ponto de devastar populações, esse fato constitui um inegável indício de que os objetos com os quais os cientistas estão lidando em seus laboratórios destoam radicalmente de artefatos fictícios. Nesse sentido, a física nuclear e a bioengenharia podem ter muito mais o que ensinar do que as reconstruções racionais e a própria história da ciência, quando examinadas em retrospectiva.

O método científico é plural, da mesma forma que é possível construir casas ou cultivar uma horta de diversas maneiras, é igualmente possível participar da ciência e realizar proezas de modos diferentes, e ainda assim obter resultados exitosos. O teste e a comparação de teorias rivais não são unânimes na ciência. Há ocasiões nas quais o cientista só está interessado em observar como funciona um determinado fenômeno quando se depara com situações complexas. Esse é o caso de Brewster, que realizou experimentos acerca do comportamento da luz sem cotejar qualquer teoria prévia (HACKING, 1983, p. 157-158).

O experimento é amplamente dinâmico e possui vida própria. Nesse processo o cientista constrói, enriquece, modifica e diversifica a estrutura da realidade. Os aparatos tecnológicos, como o microscópio, sem dúvida reduzem a distância da ignorância, na medida em que permite ultrapassar os limites impostos pelos órgãos dos sentidos. Embora Galileu tivesse sido influenciado pela leitura de proeminentes precursores, como Aristarco e Copérnico, somente

passou a sentir confiança no modelo heliocêntrico após ensejar observações regulares das luas de Júpiter.

Alguns críticos apressados do realismo de entidades de Hacking poderiam sustentar que as suas ideias desprezam totalmente os resultados ocasionados pela teorização. Entretanto, essa opinião não poderia estar mais longe da verdade. Hacking considera que grande parte dos trabalhos experimentais são orientados por teorias prévias. Mas não implica que seja em todos. Recentemente, um típico exemplo dessa prática veio à tona. Por volta de 1930, Karl Jansky detectou um chiado oriundo do centro da via láctea, em que foi descoberta a presença de fontes de energia de rádio no espaço cósmico. Em 1965, Penzias e Wilson foi além, eles encontraram radiação cósmica de fundo uniforme, o que deu suporte à teoria do Big Bang e ainda rendeu a eles o Prêmio Nobel. Exemplos como esses demonstram que é irrelevante determinar se a teoria precede ou não ao experimento. Esse problema não consiste no núcleo das ideias de Hacking. Segundo ele quando ocorre uma conjunção harmônica entre os experimentos e aquilo que a teoria explicativa predizia, estamos diante de um “encontro feliz”.

O problema do realismo científico, apesar de não ter sido completamente resolvido pelo realismo experimental de Hacking, foi certamente fortalecido em aspectos que limitaram a concepção do realismo de teoria. Ao ter deslocado o intento de avaliar a amplitude e a metodologia das teorias científicas para situar o problema do realismo científico, com enfoque na manipulação e interação regulares de entidades inobserváveis, o realismo científico deixa de ser tão somente “um artigo de fé”, para usar uma expressão oriunda de Popper, para se transformar em uma posição razoável tendo em vista as extraordinárias façanhas que os pesquisadores conseguem operar a partir do uso intencional de tais entidades. Pesquisas têm sido feitas atualmente por intermédio do uso de feixes de elétrons, de modo a apresentar resultados altamente promissores para investigar sobre outros fenômenos da natureza microscópica, tais como correntes neutras fracas e bósons neutros. Nesse sentido, é plenamente possível acreditar que tais entidades são reais e sua existência não depende de qualquer crença enunciada a seu respeito. Se Hacking não apresenta um argumento persuasivo a ponto de encerrar uma discussão que ele mesmo considera infundável, ao menos o seu realismo de entidades consegue fornecer uma boa evidência para estar epistemologicamente justificado e metafisicamente comprometido com a realidade de entidades experimentais.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARISTÓTELES. **Física**. Campinas: UNICAMP, 2009.

_____. **Metafísica**. São Paulo: Loyola, 2002.

AYER, Alfred (ed.). **Logical Positivism**. New York: Free Press, 1959.

BACON, Francis. **Novo Organun**. São Paulo: Nova Cultural, 1999.

BALASHOV, Yuri; ROSENBERG, Alexander (Eds). **Philosophy of Science: contemporary readings**. London: Routledge, 2002.

BERKELEY, George. De motu. In: **The Works of George Berkeley**. London: Thomas Nelson and sons Ltd, 1951.

BOGHOSIAN, Paul. **Fear of Knowledge: Against Relativism and Constructivism**. Oxford University Press, 2006.

BURTT, Edwin Arthur. **The Metaphysical foundations of modern science**. New York: Dover Publications, 2003.

CARMAN, Christian. “Realismo científico” se dice de muchas maneras, al menos de 1111: una elucidación del término “realismo científico”. In: **Scientiae Studia**, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 43-64, 2005.

CARNAP, Rudolf. The Elimination of Metaphysics through Logical Analysis of Language. In: AYER, Alfred (ed.). **Logical Positivism**. New York: Free Press, 1959.

_____. The Methodological Character of Theoretical Concepts. In: **Minnesota Studies in Philosophy of Science**, vol. I, University Minnesota Press, 1956.

CARTWRIGHT, N., HARTMANN, S., HOEFER, C., BOVENS, L. (eds.). “Nancy Cartwright’s Philosophy of Science”. Routledge, 2008.

CHAKRAVARTTY, Anjan. **A Metaphysics for Scientific Realism**. Cambridge University Press, 2007

CHALMERS, Alan. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

CLARKE, Steve. “Defensible Territory for Entity Realism”. In: **The British Journal for the Philosophy of Science**, V. 52, N. 4, 2001, p. 701-722.

COHEN, R.S, HILPINEN, R., RENZONG, Q. (eds.) “**Realism and Anti-Realism in the Philosophy of Science: Beijing International Conference 1992**”. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.

COPÉRNICO, Nicolau. On the revolutions of the heavenly spheres. In: **Encyclopædia Britannica**. Chicago, 1952.

DESCARTES, Rene. **Discurso do Método**. São Paulo: Nova Cultural, 1999.

_____. **Meditações sobre Filosofia Primeira**. São Paulo: Nova Cultural, 1999.

DUHEM, Pierre. **To save the phenomena**. The University of Chicago, 1969.

FEYERABEND, Paul. **Contra o Método**. São Paulo: UNESP, 2011.

GALILEI, Galileu. **Ciência e fé**. São Paulo: UNESP, 2009.

_____. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. São Paulo: Discurso Editorial, 2001.

_____. **O Ensaíador**. São Paulo: Abril Cultural, 1983.

_____. **Sidereus Nuncius: O mensageiro das Estrelas**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

GELFERT, Axel. “Manipulative success and the unreal”. In: **International Studies in the Philosophy of Science**, Vol. 17, N. 3, p. 245-263, 2003.

GROSS, Alan. “Reinventing Certainty: The Significance of Ian Hacking’s Realism”. In **Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association**, p. 421-431, 1990.

HACKING, Ian. Experimentation and Scientific Realism. In: *Philosophical Topics*, v.13, n.1, p. 71-87, 1982.

_____. **Representar e intervir: tópicos introdutórios de filosofia da ciência natural**. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2012.

_____. **Representing and intervening**. Cambridge University Press, 1983.

HEMPEL, Carl. **Filosofia da Ciência Natural**. Rio de Janeiro: Zahar, 1974.

HUME, David. **An enquiry concerning human understanding and other writings**. Cambridge University Press, 2007.

KANT, Immanuel. **Crítica da Razão Pura**. São Paulo: Nova Cultural, 1999.

KOYRÉ, Alexandre. **Do universo fechado ao universo infinito**. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2006.

_____. **Estudos de História do Pensamento Científico**. Brasília: Forense Universitária, 1982.

KRIPKE, Saul. **Naming and Necessity**. Cambridge. Harvard University Press, 1981.

KUHN, Thomas. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Perspectiva, 2013.

- _____. **A Tensão Essencial**. São Paulo: UNESP, 2011.
- _____. Comensurabilidade, comparabilidade e comunicabilidade. In: **O caminho desde a Estrutura**. São Paulo: UNESP, 2006, p. 47-76.
- _____. **O caminho desde a Estrutura**. São Paulo: UNESP, 2006.
- _____. Mundos possíveis na história da ciência. In: **O caminho desde a Estrutura**. São Paulo: UNESP, 2006, p. 77-114.
- _____. **The Copernican Revolution**. Harvard University Press, 1957.
- _____. **The Structure of Scientific Revolutions**. Chicago: Chicago University Press, 1970.
- LOVEJOY, Arthur. **The Great Chain of Being**. Harvard University Press, 2001.
- MAGEE, Bryan. **Philosophy and the Real World: An introduction to Karl Popper**. La Salle: Open Court, 1982.
- MAXWELL, Grover. The Ontological Status of Theoretical Entities. In: **Scientific Explanation, Space and Time: Minnesota Studies in the Philosophy of Science**. University Minnesota Press, p. 181-192, 1962.
- MILLER, David. **Critical Rationalism: A restatement and defense**. Chicago: Open Court, 1994.
- _____. Popper's Qualitative theory of verissimilitude. In: **British Journal for the Philosophy of Science**, n. 25, 1974, p. 166-177.
- MUSGRAVE, Alan. "Realism, Truth and Objectivity". In: COHEN, R. S., HILPINEN, R., RENZONG, Q. (eds.), p. 19-44, 1996.
- NEWTON, Isaac. **Princípios Matemáticos de Filosofia Natural**. São Paulo: EDUSP, 2002.
- NEWTON-SMITH, William. **The Rationality of Science**. Londres: Routledge & Kegan Paul, 1981.
- ODDIE, Graham. **Likeness to Truth**. Dordrecht and Boston: Reidel, 1986.
- O'HEAR, Anthony. **Karl Popper**. London: Routledge, 1992.
- _____. (Org.). **Karl Popper: Philosophy and Problems**. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- OLIVEIRA, Tiago Luís Teixeira. UMA PROPOSTA EM DOIS PASSOS PARA REABILITAR O REALISMO EXPERIMENTAL. **Kriterion: Revista de Filosofia** [online]. 2019, v. 60, n. 144 [Acessado 22 novembro 2021], pp. 727-748. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-512X2019n14412tlt0>>. Epub 10 Jan 2020. ISSN 1981-5336. <https://doi.org/10.1590/0100-512X2019n14412tlt0>.

OSIANDER, Andreas. Prefácio ao “De Revolutionibus Orbium Coelestium”. In: **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 18, n. 1, 2008, p. 253-257.

PLATÃO. **Teeteto**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

_____. **Timeu**. Lisboa: Instituto Piaget, 2004.

POINCARÉ, Henri. **O Valor da Ciência**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1995

POPPER, Karl. **A Lógica da Pesquisa Científica**. São Paulo: Cultrix, 2013.

_____. **Autobiografia intelectual**. São Paulo: Cultrix, 1986.

_____. **Conjectures and Refutations**. London: Basic Books, 1963.

_____. **Objective Knowledge**. Oxford: Oxford University Press, 1972.

_____. **Realism and the aim of science**. London: Routledge, 1996.

_____. **The Logic of Scientific Discovery**. London: Routledge, 2005.

PSILLOS, Stathis. “The Present state of the scientific realism debate”. In: **British Journal for the Philosophy of Science**, 2000, v. 51, p. 705-728.

PSILLOS, Stathis; CURD, Martin. **The Routledge Companion to Philosophy of Science**. Routledge, 2008.

REY PUENTE, Fernando. **A Técnica em Aristóteles**. In: Revista Hypnos, n. 4, 1998.

RORTY, Richard. **Philosophy and the Mirror of Nature**. Princeton University Press, 1979.

PUTNAM, Hilary. The meaning of ‘meaning’. In: **Mind, Language and Reality**. Cambridge University Press, 1975.

QUINE, Willard von Orman. **Word and Object**. USA: Harvard University, 1960.

RESNIK, David. Hacking’s Experimental Realism. In: **Canadian Journal of Philosophy**, v. 24, n. 3, 1994, p. 395-411.

RUSSELL, Bertrand. **The Problems of Philosophy**. Oxford: Oxford University Press, 1959.

ROSSI, Paolo. **A ciência e a filosofia dos modernos: Aspectos da Revolução Científica**. São Paulo: UNESP, 1992.

_____. **O Nascimento da ciência moderna na Europa**. Bauru, SP: EDUSC, 2001.

SANKEY, Howard. Reference, Success and Entity Realism. In: **Kairós, Revista de Filosofia & Ciência**, v. 5, 2012, p. 31-42.

SCHLICK, Moritz. Meaning and Verification. In: **The Philosophical Review**, v. 45, n. 4, 1936, p. 339-369.

_____. The Future of Philosophy. In: BALASHOV, Yuri; ROSENBERG, Alexander (Eds). **Philosophy of Science: contemporary readings**. London: Routledge, 2002, p. 8-21.

SHAPER, Dudley. The Concept of observation in science and philosophy. In: **Philosophy of Science**, v. 49, n. 4, p. 485-525, 1982.

SUÁREZ, Mauricio. Experimental realism defended: how inference to the most likely cause might be sound. In: CARTWRIGHT, N., HARTMANN, S., HOEFER, C., BOVENS, L. (eds.), 2008, pp. 137-163.

TARSKI, Alfred. The Semantics Conception of truth: and foundations of semantics. In: **Philosophy and Phenomenological Research**, v. 4, n. 3, 1944, 341-376.

TICHÝ, Pavel. 1974, 'On Popper's Definitions of Verisimilitude', **The British Journal for the Philosophy of Science**, 25: 155–160.